

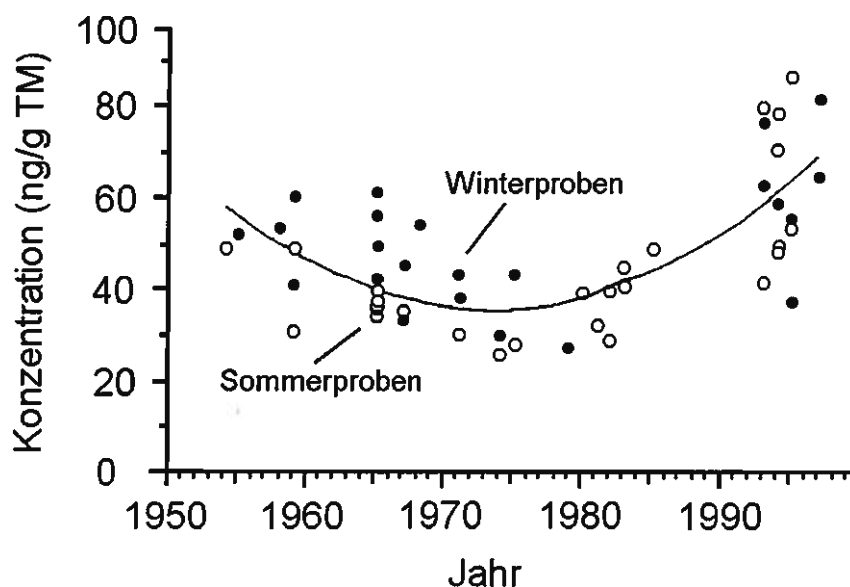
¹Eidg. Forschungsanstalt für
Milchwirtschaft, Liebefeld
CH-3003 Bern

²Bundesamt für Gesundheit
CH-3003 Bern

Dezember 1999 / 382 PW

Se-Status der SchweizerInnen und Beitrag der Landwirtschaft

R. Sieber¹, M. Haldimann², B. Zimmerli²



Veränderung der Selenkonzentration in Vollmilchpulver aus der Romandie zwischen
1954 und 1997

Se-Status der SchweizerInnen und Beitrag der Landwirtschaft

Robert SIEBER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld (FAM), CH-3003 Bern
Max HALDIMANN und Bernhard ZIMMERLI, Bundesamt für Gesundheit (BAG), Abteilung Lebensmittelwissenschaft, CH-3003 Bern

Auskünfte: Bernhard Zimmerli, e-mail: bernhard.zimmerli@bag.admin.ch, Fax +41 (0)31 322 95 74, Tel. +41 (0)31 322 95 77

Für eine ausreichende Versorgung von Mensch und Tier mit dem essentiellen Spurenelement Selen (Se) sind die natürlichen Umweltbedingungen in der Schweiz ungünstig. Eingehende Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die Bevölkerung trotzdem ausreichend mit Selen versorgt ist. In den letzten 15 Jahren hat sich der Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung nicht wesentlich verändert, da der tiefere Beitrag aus pflanzlichen Lebensmitteln zufälligerweise durch den höheren Beitrag aus tierischen Lebensmitteln kompensiert wurde.

Selen gleicht in seinem chemischen Verhalten dem Schwefel und ist ein für Mensch und Tier essentielles Spurenelement. Die heute am besten dokumentierte biologische Wirkung im Organismus ist jene als Antioxidans, wobei die Wirkungen von Se und Vitamin E eng miteinander verknüpft sind. Als Selenocystein ist es im Säugetier in rund 30 Proteinen enthalten. Viele Funktionen von Se im Körper sind noch nicht genügend aufgeklärt (Arthur und Beckett 1994; Holben und Smith 1999).

Bedarf und Toxizität

Basierend auf einer Supplementierungsstudie mit Selenomethionin (natürlicherweise in Pflanzen vorkommend) wurde in den USA eine **empfohlene tägliche Se-Zufuhr** von 0,87 µg/kg Körpermasse (KM) vorgeschlagen, entsprechend 55 und 70 µg/Tag für weibliche und männliche Erwachsene (National Research Council 1989). Diese Zufuhrmenge entspricht für Erwachsene einer mittleren Se-Konzentration im Plasma/Serum von schätzungsweise 85 bei Frauen und 100 ng/ml bei Männern. Von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (1991) werden als Schätzwert für eine angemessene Zufuhr für Jugendliche und Erwachsene 20 bis 100 µg/Tag angegeben.

In Gegenden Chinas, wo die Keshankrankheit (bei Jugendlichen auftretende multifaktorielle Herzerkrankung) auftrat, enthielt das Blutserum weniger als 10 ng/ml, dies entspricht etwa einer täglichen Se-Zufuhr von 5 bis 10 µg/Person (Froslee 1993). Eine **knappe Se-Versorgung** wird derzeit auch mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen (Suadicani *et al.* 1992) und

dem häufigeren Auftreten von Tumoren (Virtamo *et al.* 1987; Willett *et al.* 1991) in Zusammenhang gebracht. Nach den Resultaten der neusten ersten Doppelblindstudie, bei der über neun Jahre die Se-Zufuhr um zusätzlich 200 µg/Tag und Person erhöht war, nahm die Häufigkeit von Lungen-, Prostata-, Dickdarm- und

Enddarmkrebs ab (Clark *et al.* 1996). Zur Prävention chronisch-degenerativer Erkrankungen wurden deshalb tägliche Zufuhrmengen von 200 bis 400 µg Se pro Person empfohlen.

Chronische Vergiftungen bei Menschen sind in den 80er Jahren aus China bekannt geworden. Derzeit wird aus Sicht des präventiven Gesundheitsschutzes von einer duldbaren täglichen Zufuhr von 5 µg/kg KM ausgegangen, möglicherweise sind bei einer im übrigen ausgewogenen Ernährung auch 10 µg/kg KM/Tag noch vertretbar. Über den Mechanismus der Se-Toxizität ist andererseits noch wenig bekannt (Zimmerli *et al.* 1997).

Tab. 1. Se-Konzentration in Lebensmitteln des Schweizer Marktes pflanzlicher (Haldimann *et al.* 1996a,b) und tierischer Herkunft (Haldimann *et al.* 1999)

Lebensmittel		n	Se-Konzentration (ng/g Trockenmasse)			
			$\bar{x} \pm s$	Bereich		
tierischer Herkunft						
Schweinefleisch ¹		22	399 ± 97	170	–	647
Rindfleisch	konventionell	24	256 ± 89	100	–	457
	biologisch	20	151 ± 71	52	–	289
Kalbfleisch ¹		21	258 ± 113	75	–	528
Kalbsleber		17	1120 ± 360	468	–	1728
Kalbsnieren		17	4330 ± 433	3786	–	5048
Schaf ¹		8	219 ± 117	78	–	372
Ziege		3	341 ± 226	126	–	577
Pferd		9	337 ± 115	169	–	556
Huhn	total	23	579 ± 196	277	–	1184
	davon konventionell	16	566 ± 219	277	–	1184
	biologisch	7	608 ± 142	327	–	768
Truthahn		7	526 ± 116	371	–	708
Eier	total	26	957 ± 167	723	–	1476
	davon Freiland	7	943 ± 134	746	–	1200
	biologisch	10	1048 ± 189	807	–	1476
	Bodenhaltung, Käfig	9	865 ± 116	723	–	1025
Milch ²		61	81 ± 23	45	–	151
Joghurt «nature»		10	91 ± 20	69	–	119
pflanzlicher Herkunft						
Weizenkörner (Hauptweizenanbaugelände)		108	29 ± 29	2	–	146
Brot (Mehl)		23	77 ± 23	18	–	139
Back- und Dauerbackwaren		41	57 ± 19	8	–	113
Teigwaren	CH-Produktion ³	30	790 ± 230	370	–	1290
	Import	10	166 ± 135	70	–	500
Reis	(USA, Indien)	4	196 ± 25	164	–	225
	(übrige)	5	40 ± 17	21	–	68
	Zuchthampignon	29	2550 ± 980	1300	–	5740
übrige Zuchtpilze		12	670 ± 240	350	–	1050
Wildpilze ⁴		653	2430 ± 6000 ⁴	35	–	43000

n = Anzahl untersuchter Proben; $\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert; ¹ inbegriffen Produkte mit Bezeichnungen wie z.B. «Bio» oder «Natura»; ² Vollmilch sowie Drink: pasteurisiert und UHT, Magermilch: UHT; ³ vorwiegend aus nordamerikanischem Weizen; ⁴ nach Quinche 1983: Standardabweichung aus Bereich geschätzt

Um den Se-Status einer Bevölkerung zu erfassen und zu beurteilen, kann die tägliche Se-Zufuhr anhand von Analysendaten einzelner Lebensmittel und den Verzehrsgewohnheiten berechnet oder die Se-Konzentration im Blut eines repräsentativen Kollektivs ermittelt werden.

Se in Lebensmitteln

Lebensmittel pflanzlicher Herkunft:

Der Se-Gehalt der Pflanzen wird durch jenen der Böden, den pH-Wert sowie die biologische Verfügbarkeit von Se bestimmt. Bei auf schweizerischen Böden gewachsenen Pflanzen beträgt die Se-Konzentration 0,002 bis 0,3 µg/g Trockenmasse (TM), typischerweise 0,01 bis 0,05 µg/g TM. Rund 85 % der in der Schweiz gewonnenen Futtermittel weisen eine Se-Konzentration von unterhalb 0,05 µg/g TM auf (Dvorak *et al.* 1981; Haldimann *et al.* 1996b; Kessler 1992; Quinche 1990; Stünzi 1989b, 1998). Eine deutlich höhere Konzentration mit im Mittel rund 2,4 µg/g TM enthalten Wildpilze (Quinche 1979, 1983). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über entsprechende Messungen an pflanzlichen Lebensmitteln des schweizerischen Marktes.

In den Jahren 1988 und 1990 wurden aus den Hauptanbaugebieten der Schweiz (Sammelstellenmuster) 108 und aus den weniger bedeutenden Anbaugebieten 31 Einzelproben von **Weizenkörnern** gezogen. Die mittlere Konzentration ergab 29 ng/g TM (Median) und der mit der Produktionsmenge gewichtete arithmetische Mittelwert lag bei 33 ng/g TM (Haldimann *et al.* 1996b). In guter Übereinstimmung zeigten Weizenproben aus der Westschweiz (n=244) und dem Tessin (n=34) eine mittlere Konzentration von 22 bzw. 39 ng/g TM (Quinche 1994). Die höhere Se-Konzentration in **Weizenprodukten** von rund 60 bis 80 ng/g TM in Brotmehl, Back- und Dauerbackwaren und bis zu maximal rund 1300 ng/g TM in Teigwaren (Tab. 1) beruht auf der Verwendung von Weizen aus den Se-reichen Gebieten Nordamerikas (Zimmerli und Wytttenbach 1989; Zimmerli *et al.* 1990). Für die Se-Konzentration im Mehl spielt der Ausmahlungsgrad des Getreides im Gegensatz zu jener von Zink und Eisen eine untergeordnete Rolle (Zimmerli *et al.* 1998a).

Teigwaren schweizerischer Produktion (ca. 75 % des Gesamtverbrauchs) aus den Jahren 1988 bis 1995/96, die aus nordamerikanischem Weizen hergestellt wurden,

zeigen eine Se-Konzentration von 810 ± 245 ng/g TM (n=42) (Erard *et al.* 1989; Haldimann *et al.* 1996b; Quinche 1994). In aus der EU importierten Teigwaren liegt die Se-Konzentration mit Werten zwischen 80 und 300 ng/g TM deutlich tiefer (Haldimann *et al.* 1996b). Falls keinerlei Weizenimporte aus Nordamerika erfolgen würden, müsste theoretisch mit einem Beitrag der Cerealien aus rein schweizerischem Anbau zur täglichen Zufuhr im Bereich von 5 anstelle von derzeit rund 35 µg/Person gerechnet werden (Haldimann *et al.* 1996b; Zimmerli *et al.* 1995, 1998b).

Anhand der verfügbaren Messwerte sowie Konzentrationsannahmen wurde der tägliche Pro-Kopf-Beitrag der Lebensmittel **pflanzlicher Herkunft** und Getränke, basierend auf Verbrauchszahlen, für 1982/83 auf rund 65 µg und für 1995/96 auf rund 45 µg geschätzt (Zimmerli *et al.* 1998b).

Lebensmittel tierischer Herkunft: In den verschiedenen Muskelfleischarten ergibt sich für die mittlere Se-Konzentration folgende absteigende Reihenfolge: Geflügel > Schwein > Ziege $\equiv$ Pferd > Kalb $\equiv$ Rind (konventionell) > Schaf > Rind («biologisch») und bezüglich der Organe: Niere > Leber > Muskel (Tab. 1). Die gemessene Se-Konzentration lässt sich anhand jener der Futtermittel, die in der Schweiz geerntet werden, nicht erklären: Wird von einer mittleren natürlichen Se-Konzentration im Futter von rund 30 bis 50 ng/g TM ausgegangen (Stünzi 1989b), sollte sich in Rindfleisch eine solche von maximal etwa 100 ng/g TM ergeben (Frosli 1993; Haldimann *et al.* 1999), was bei den «biologisch» bezeichneten Rindfleischproben zutrifft. Konventionell gemästete Rinder zeigen einen praktisch doppelt so hohen Mittelwert (Tab. 1). Bei Schweine-, Schaf- und Hühnerfleisch sowie Eiern ergeben sich hingegen keine Unterschiede in der Se-Konzentration zwischen biologisch und konventioneller Haltung. Das Se stammt entweder aus Futterzusätzen, Injektionen, Boli, in denen es als Selenit vorkommt, oder aus ausländischem (nordamerikanischem) Se-reichem Kraftfutter, in welchem Se vorwiegend als Selenomethionin vorliegt. Dieses im Futter natürlich vorkommende Se erhöht die Se-Konzentration im Fleisch von Nutztieren (inkl. Milch, Eier) zweibis dreimal stärker als Selenit bei auf Se bezogen gleicher Konzentration (Haldimann *et al.* 1999).

Die tägliche Pro-Kopf-Zufuhr durch Lebensmittel **tierischer Herkunft** wurde anhand von Verbrauchszahlen für 1982/

83 auf rund 23 µg und für 1995/96 auf rund 43 µg geschätzt, wobei etwa die Hälfte aus Schweine- und Geflügelfleisch sowie Eiern stammt (Haldimann *et al.* 1999; Zimmerli *et al.* 1998b). Eine neuere Schätzung für 1996 anhand eines besseren Datenmaterials ergab demgegenüber 31 bis 38 µg, je nach verwendeter Statistik (Haldimann *et al.* 1999).

Tägliche Zufuhr: Die entsprechend berechnete tägliche **Pro-Kopf-Zufuhr** an Se betrug für die Jahre 1982/83 und 1995/96 total je rund 90 µg mit einer Gesamtenergie (ohne Alkohol) von rund 13,1 MJ. Demgegenüber ergab eine anfangs der 80er Jahre auf ausländischen Se-Daten beruhende Berechnung mit minimal 150 µg/Person einen deutlich zu hohen Wert (Kieffer 1984). Bezogen auf den täglichen mittleren Energiebedarf von Frauen (8,0 MJ) beziehungsweise Männern (10,5 MJ) belaufen sich die berechneten mittleren täglichen Se-Zufuhrmengen auf 55 bzw. 65 µg (Zimmerli *et al.* 1998b).

In 30 **omnivoren zubereiteten Tagesrationen**, die im Jahre 1983 (Jan./Febr.) in drei bernischen Verpflegungsbetrieben erhoben worden waren, wurden bei einem mittleren Energieinhalt von 9,74 MJ Se-Mengen von 30 bis 135 µg (im Mittel 76,5 µg) gemessen (Zimmerli und Knutti 1985; Zimmerli und Wytttenbach 1989; Zimmerli *et al.* 1995). Im Mittel der drei Betriebe ergibt sich, bezogen auf die oben erwähnte empfohlene Energiezufuhr, eine durchschnittliche Tageszufuhr für Frauen von rund 65 beziehungsweise für Männer von rund 85 µg.

Auf analoge Weise wurden 1983 auch zehn **ovo-laktovegetarische Tagesrationen** mit einem mittleren Energieinhalt von 8,6 MJ (Zimmerli und Knutti 1985) erhoben, wobei Se-Mengen von 32 bis 125 µg, im Mittel rund 40 µg (Median), bestimmt wurden (Zimmerli *et al.* 1995). Umgerechnet auf den obenerwähnten Energiebedarf ergibt sich für Frauen rund 40 und für Männer rund 50 µg pro Tag. Diese Werte liegen deutlich tiefer als für die gemischte Kost. Seit diesen Messungen ist die Se-Konzentration von Brot gesunken, jene von Milch, Käse und Eiern angestiegen. Bei Berücksichtigung der abnehmenden Se-Konzentration von Brot im Vergleich zu damals von 210 auf 80 ng/g TM resultiert bei einem mittleren Brotanteil von 82 g TM (Zimmerli und Knutti 1985) eine geschätzte Abnahme des Mittelwertes von rund 11 µg/Tag. Hingegen kann infolge der angestiegenen Se-Konzentration von Milch, Käse und Eier die Zunahme des Mittelwertes auf

höchstens 5 µg geschätzt werden, so dass heute theoretisch für gleich zusammengesetzte ovo-laktovegetarische Tagesrationen noch eine tägliche Zufuhr von rund 30 für Frauen und von rund 40 µg für Männer resultieren würde. Für strenge Vegetarier (Veganer) muss heute mit mittleren täglichen Zufuhrmengen von weniger als 30 µg gerechnet werden.

Zeitliche Veränderungen

Die Se-Konzentration von in der Schweiz gewonnenen pflanzlichen Lebensmitteln scheint im Verlauf der letzten Jahrzehnte infolge der «modernen» Landwirtschaft eher zugenommen zu haben. Darauf deutet ein Vergleich von archivierten Weizenkörnerproben aus Calderio (TI) aus den Jahren 1920 bis 1950 $\bar{x}=13\pm3$ ng/g, $n=6$) mit solchen aus dem Jahr 1989 $\bar{x}=23\pm6$ ng/g, $n=3$), deren Mittelwerte verschieden sind ($0,001 < p < 0,01$) (Haldimann *et al.* 1996b). Als Gründe hierfür kommen in Frage: Nutzung fossiler Brennstoffe und Phosphordünger (Zimmerli *et al.* 1998b). In Mehl und Brot hat dagegen die mittlere Se-Konzentration von 1983 bis 1995/96 stetig abgenommen (Tab. 2). Die Abnahme im Brot ist auf die angestiegene Eigenproduktion von Brotgetreide und der im Vergleich zu 1983 verminderten Importe aus Nordamerika zurückzuführen. In den letzten zehn Jahren ist zwar die Importquote von 15 % etwa konstant geblieben, doch wurde Getreide zum Teil aus anderen Ländern als Nordamerika importiert (Haldimann *et al.* 1996b).

Die Se-Konzentration von Kalbslebern, Eiern und Milch ist im Verlauf der letzten 15 Jahren angestiegen (Tab. 2). Obwohl keine Messungen von Anfang der 80er Jahre vorliegen, darf angenommen werden, dass auch die Se-Konzentration im Kalb-, Rind-, Schweine- und Hühnerfleisch heute höher ist als früher. Tatsächlich wurden in den letzten 15 Jahren vermehrt Se-Zusätze in Futtermitteln eingesetzt (J. Kessler, persönliche Mitteilung 1996).

In der Zeitspanne zwischen 1982/83 und 1995/96 hat sich der Verbrauch verschiedener Lebensmittel verändert (Konsumgewohnheiten). Das Resultat einer entsprechenden Berechnung unter Berücksichtigung der Daten in Tabelle 2 sowie weiteren Annahmen zur Se-Konzentration um 1982/83 deutet darauf hin, dass sich insgesamt die Se-Zufuhr in den letzten 15 Jahren trotzdem nicht wesentlich verändert hat. In Übereinstimmung dazu stehen Se-Messun-

gen im Serum oder Plasma (Zimmerli *et al.* 1998b). Offenbar ist die Abnahme infolge verminderter Weizenimporte aus Nordamerika (Brotgetreide) durch den Anstieg der Se-Konzentration in Lebensmitteln tierischer Herkunft und den veränderten Verzehrsgewohnheiten zufällig kompensiert worden (Zimmerli *et al.* 1998b). In Deutschland und Grossbritannien hingegen sind die geschätzten Zufuhrmengen infolge Verzicht auf nordamerikanischen Weizen deutlich zurückgegangen, was sich auch in den Serumselenwerten widerspiegelt (Zimmerli *et al.* 1998b) und Anlass zur Beunruhigung gab (Rayman 1997).

Se-Konzentration im Serum oder Plasma

Die Daten zum Se-Status der schweizerischen Bevölkerung stammen von Anfang (Gey 1986) und Ende (Forrer *et al.* 1991) der 80er sowie Anfang der 90er Jahre (Haldimann *et al.* 1996c) und weisen auf eine ausreichende Se-Versorgung hin

(Tab. 3). Zum Vergleich sind in Tabelle 3 auch Angaben aus Deutschland (Oster *et al.* 1995) und Österreich (Tirann *et al.* 1992) integriert, die auf eine für mitteleuropäische Verhältnisse zutreffende geringere Se-Versorgung um etwa 15 bis 20 µg/Tag als in der Schweiz hinweisen. Diese Menge entspricht etwa jener, die dem Pro-Kopf-Konsum von Teigwaren schweizerischer Produktion von rund 20 µg/Tag entspricht (Zimmerli *et al.* 1998b).

Die Mittelwerte neuerer Messungen an Proben von Blutspendern verschiedener Gebiete liegen 1992/93 für beide Geschlechter zwischen 90 und 100 ng/ml (Tab. 3). Jene aus dem Tessin gehören zu den höchsten gemessenen. Den tiefsten Medianwert von 67 ng/ml zeigen Frauen der Stadt Genf (Haldimann *et al.* 1996c), der sich allerdings bei einer erneuten Probenahme (1997/98) nicht bestätigen liess: Frauen 80 ± 22 ($n=21$) und Männer 75 ± 26 ng/ml ($n=20$) (NN 1999). Der Se-Status der Bewohnerinnen und Bewohner grenznaher Gebiete kann infolge «Einkaufstourismus»

Tab. 2. Zeitliche Veränderung der mittleren Se-Konzentration einiger «schweizerischer» Lebensmittel zwischen 1982/84 und 1995/97 (Zimmerli *et al.* 1998b)

Lebensmittel	mittlere Se-Konzentration (ng/g Trockenmasse)				Veränderung ¹
	1982/84 n	$\bar{x}$	1995/97 n	$\bar{x}$	
Mehl (Brot)	60	209	23	77	- 63
Kalbsleber	7	200	17	1112	+ 456
Eier	16	577	26	957	+ 66
Milch	5	35	61	81	+ 131

n = Anzahl untersuchte Proben; $\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert; ¹1982/84 als 100 %

Tab. 3. Se-Konzentration im Serum gesunder Personen aus verschiedenen Regionen der Schweiz im Vergleich zu Deutschland und Österreich

Region	Jahr	Alter	Probanden	Material	n	Se-Konz. (ng/ml)		Literatur
						$\bar{x}$	s	
Thun	1982	40-49	m	Plasma	220	103	13	Haldimann 1996c
Bern	1985	19-46	w	Serum	10	93	8	"
Zürich	1986	20-60	m	"	50	84	15	Forrer 1991
		20-60	"	"	50	96	20	"
		60-100	m	"	38	87	25	"
		60-100	w	"	65	88	27	"
Tessin	1988	23-95	w	Plasma	104	75	15	Haldimann 1996c
	1988	20-92	m	Plasma	179	78	15	"
Schweiz	1992/93	20-40	m	"	387	96	13	"
		"	w	"	243	88	14	"
Tessin	"	"	m	"	72	101	13	"
	"	"	w	"	44	92	15	"
Romandie	"	"	m	"	88	93	12	"
	"	"	w	"	81	90	14	"
Deutschschweiz	"	"	m	"	137	97	14	"
	"	"	w	"	75	88	12	"
Deutschland		Omnivore			104	74	19	Oster 1995
		Ovolaktovegetarier			42	66	16	"
		Veganer			10	40	18	"
Österreich	1992	20-69	m	Serum	164	67	24	Tirann 1992
		20-69	w	Serum	327	70	24	"
		70-89	m	Serum	24	51	25	"
		70-89	w	Serum	50	61	24	"

n = Anzahl untersuchter Personen; m = männlich; w = weiblich; $\bar{x}$ = Mittelwert; s = Standardabweichung

geringer sein als jener im Landesinnern, da in der EU kein nordamerikanisches Getreide verarbeitet wird und teilweise eher geringere Selenzusätze im Nutztierfutter üblich sind (Haldimann *et al.* 1999; Zimmerli *et al.* 1998a). Die im Plasma oder Serum nachgewiesene Se-Konzentration der schweizerischen Bevölkerung der letzten 15 Jahre deutet auf keine eindeutige zeitliche Veränderung hin.

Se und die Landwirtschaft

Auf wissenschaftlicher Ebene wurde Se im Vergleich zu anderen Spurenelementen erst relativ spät, Ende der 50er Jahre, als ein für verschiedene Nutztiere essentielles Spurenelement erkannt. Vorher stand vor allem seine **Toxizität** im Vordergrund. Subtile toxische Effekte können bei Nutztieren schon ab einer Se-Konzentration im Gesamtfutter von 1 µg/g TM auftreten. Daher ist in Anhang 2 der schweizerischen Futtermittelbuchverordnung der zugelassene Se-Gehalt für Alleinfuttermittel, in Analogie zur EU, auf 0,5 µg/g limitiert (NN 1995).

Liegt die Se-Konzentration im Tierfutter unterhalb 0,05 µg/g TM, treten **Mangelerscheinungen** auf, die bei einer Konzentration um 0,1 µg/g TM und einer ausreichenden Vitamin-E-Versorgung praktisch unbekannt sind. Betroffen ist dabei primär das Herz (Combs und Combs 1986).

Die schweizerische Landwirtschaft hat sich ebenfalls mit der Se-Problematik auseinandergesetzt: Fruchtbarkeit von Kühen (Dvorak *et al.* 1981; Fleischer 1987), Weissmuskelkrankheit (Mathis 1982; Mathis *et al.* 1983), andere Krankheiten (Braun *et al.* 1991; Gutzwiller 1998), Versorgung der Milchkühe während der Winterfütterung (Kessler *et al.* 1991) und mit einer organischen Spurenelement-Mischung (Kessler und de Faria 1998), mögliche Vorbeugemassnahmen gegen Se-Mangel (Kessler 1992; Kessler und Lanz 1995; Kessler *et al.* 1991), Verwertbarkeit von in Pflanzen vorkommendem «organischem» Se im Vergleich zum Kraftfutter zugesetzten anorganischen Natrium-Selenit (Boltshauser und Kessler 1990) sowie Versuche über den Zusatz von Se zu Düngern (Stünzi 1988, 1989a).

Im Allgemeinen wird von Seiten der Ernährungswissenschaft Zusätzen von Mikronährstoffen zu Nutztierfutter nur dann Beachtung geschenkt, wenn dadurch via Lebensmittel potenzielle Gesundheitsrisiken für den Menschen verknüpft sein

könnten: zum Beispiel Vitamin-A-Gehalt von Lebern für Schwangere und Kupfer in Kalbslebern (Kessler und Morel 1998a,b). Andererseits vermögen 150 g Kalbsleber im Mittel den halben Tagesbedarf für Se und jenen für Kupfer für eine Woche abzudecken. Der potenzielle Nutzen solcher Zusätze im Hinblick auf die Volksgesundheit sollte daher vermehrt in entsprechende Überlegungen miteinbezogen werden als Alternative zu direkten Zusätzen zu den Lebensmitteln. In diesem Sinne wird beispielsweise in Finnland die Iodversorgung vorwiegend durch entsprechende Zusätze zum Milchvieh- und Legehennenfutter und die Se-Versorgung durch Zusätze zu Düngern sichergestellt.

In der Schweiz hat sich der Iodzusatz zum Kochsalz solange bewährt, bis der Salzverbrauch auf Empfehlung der Ernährungswissenschaft zurückging und zudem im Rahmen der sogen. «Globalisierung» vermehrt nicht-iodangereicherte Lebensmittel oder Zwischenprodukte importiert wurden. Andererseits konnte anhand der Tagesrationen (1983) gezeigt werden, dass bereits damals rund 40 % der mittleren täglichen Iodzufuhr Erwachsener nicht aus dem Kochsalz stammte, sondern vermutlich aus Lebensmitteln tierischer Herkunft (Zimmerli *et al.* 1995), was wiederum auf die enge Verknüpfung zwischen einheimischer landwirtschaftlicher Produktion und der Versorgung mit lebenswichtigen Mikronährstoffen hinweist. Würde beispielsweise in den derzeitigen Futterzusätzen das Selenit durch Selenomethionin («Selenhefe», nordamerikanisches oder finnisches Getreide) ersetzt, würde sich die Se-Konzentration der Lebensmittel tierischer Herkunft praktisch verdoppeln (Haldimann *et al.* 1999).

Folgerung

Die Se-Versorgung der Schweizer Bevölkerung kann anhand von Messungen des Se in Lebensmitteln und Blutserum als durchaus dem empfohlenen Bedarf angemessen eingestuft werden. In ihrer Abhängigkeit von nordamerikanischem Weizen, der allein via Teigwaren etwa 15 µg zur mittleren täglichen Se-Zufuhr beiträgt, ist sie aber als extrem labil zu bezeichnen und hat sich eher zufälligerweise in den letzten 15 Jahren nicht verändert. Die Se-Versorgung kann als Beispiel für die im Rahmen der «Globalisierung» sich abspielenden komplexen Wechselwirkungen zwischen einheimischer Landwirtschaft, deren Produktionsbedingungen, den Konsumentenwün-

schen und -gewohnheiten sowie Lebensmittel- und Futtermittelimporten gelten.

Die ausreichende Versorgung mit Se, Iod und anderen Mikronährstoffen ist für die Gesundheitsvorsorge aber viel zu wichtig, als dass sie dem Zufall überlassen werden dürfte. Während nach der alten Lebensmittelgesetzgebung die kantonalen Behörden (Sanitätsdirektionen) für das Beimischen von in prophylaktischer Hinsicht wertvoller Stoffe zu Lebensmitteln entschieden, ist dies neuerdings eine Angelegenheit des Bundes. Dadurch ist der Bund gefordert, die Versorgung der Bevölkerung mit Mikronährstoffen sorgfältig zu verfolgen, wie dies bereits im Vierten Schweizerischen Ernährungsbericht vorgeschlagen wurde (Bürgi 1998; Zimmerli *et al.* 1998c).

LITERATUR

Die Literatur erscheint im Sonderdruck, der bei den Autoren verlangt werden kann.

RÉSUMÉ

Status en sélénium de la population Suisse et contribution de l'agriculture

Les conditions environnementales naturelles de la Suisse ne sont favorables à une approvisionnement adéquat de l'homme et l'animal en sélénium, un élément en trace essentiel. Des analyses approfondies ont démontré que la population suisse reçoit pourtant suffisamment de sélénium. Ceci s'explique par le fait que des blés nord-américains riches en sélénium sont utilisés par l'industrie agroalimentaire suisse et que du sélénium est ajouté aux fourrages pour la santé des animaux. Ces 15 dernières années, le niveau de l'apport en sélénium de la population suisse n'a donc pas substantiellement changé puisque la diminution de l'apport dû aux denrées alimentaires d'origine végétale est par hasard compensée par l'accroissement de l'apport dû à celles d'origine animale.

SUMMARY

Selenium status of the Swiss population and the agriculture

The natural environmental conditions in Switzerland are not in favor of an adequate selenium supply to humans and animals. However, the results of different studies (food, blood serum) demonstrate a sufficient selenium status of the population. The reasons are selenium-rich wheat imported from North-America as well as the supplementation of feeds for domestic animals. It appears that over the last 15 years the selenium status of the Swiss population remained unchanged although the import of selenium-rich wheat had decreased in this period. This decrease was incidentally compensated by the increased selenium contributions in food of animal origin due to supplemented feed.

KEY WORDS: selenium, food, agriculture, Switzerland

LITERATUR

- Arthur J.R., Beckett G.J., 1994. New metabolic roles for selenium. *Proc. Nutr. Soc.* **53**, 615-624.
- Boltshauser M., Kessler J., 1990. Verwertung von Selen unterschiedlicher Herkunft durch den Wiederkäuer. *Landwirtschaft Schweiz* **3**, 59-63.
- Braun U., Forrer R., Fürer W., Lutz H., 1991. Selenium and vitamin E in blood sera of cows from farms with increased incidence of disease. *Vet. Rec.* **128**, 543-547.
- Bürgi H., 1998. Jodversorgung der schweizerischen Bevölkerung. In Keller U., Lüthy J., Amadò R., Battaglia-Richi E., Battaglia R., Casabianca A., Eichholzer M., Rickenbach M., Sieber R. Vierter Schweizerischer Ernährungsbericht. Bundesamt für Gesundheit, Bern, 64-73.
- Clark L.C., Combs G.F., Turnbull B.W., Slate E.H., Chalker D.K., Chow J., Davis L.S., Glover R.A., Graham G.F., Gross E.G., Krongrad A., Leshner J.L., Park H.K., Sanders B.B., Smith C.L., Taylor J.R., 1996. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin: A randomized controlled trial. *J. Am. Med. Ass.* **276**, 1957-1963.
- Combs G.F., Combs S.C., 1986. The role of selenium in nutrition. Academic Press, Orlando.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 1991. Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. 5. Überarbeitung, 1. korrigierter Nachdruck 1992. Umschau Verlag, Frankfurt/Main.
- Dvorak V., Scehovic J., Bovet F.H., 1981. Troubles de la fertilité chez les bovins et teneurs en sélénium des fourrages. *Revue suisse Agric.* **13**, 103-109.
- Erard M., Haldimann M., Zimmerli B., 1989. Selenbestimmung in Getreide und Getreideprodukten mittels Graphitrohrfen-Technik und Zeeman-Effekt-Untergrundkorrektur. In Welz B (Hrsg.): 5. Colloquium Atomspektrometrische Spurenanalytik. Überlingen, Bodenseewerk Perkin-Elmer, 789-798.
- Fleischer D.C., 1987. Selen- und Vitamin-E-Gehalt im Blutserum von Kühen mit unterschiedlicher Fruchtbarkeit. Diss. Universität Zürich, 1-93.
- Forrer R., Gautschi K., Lutz H., 1991. 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.* **5**, 101-113.
- Frosli A., 1993. Problems on selenium in animal nutrition. *Norweg. J. Agric. Sci. Suppl.* No. 11.
- Gey K.F., 1986. On the antioxidant hypothesis with regard to arteriosclerosis. *Bibl. Nutr. Diet.* **37**, 53-91 und persönliche Mitteilungen, zitiert nach Haldimann *et al.* (1996c).
- Gutzwiller A., 1998. Erythrocyte resistance to oxidative damage and leucocyte capacity to reduce nitroblue tetrazolium in selenium-deficient cattle. *J. Vet. Med. Ser. A - Physiol. Pathol. Clin. Med.* **45**, 271-278.
- Haldimann M., Bajo C., Haller T., Venner T., Zimmerli B., 1996a. Vorkommen von Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber und Selen in Zuchtpilzen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **86**, 463-484.
- Haldimann M., Dufossé K., Zimmerli B., 1996b. Vorkommen von Selen in schweizerischen Cerealien. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **87**, 267-295.
- Haldimann M., Venner T.Y., Zimmerli B., 1996c. Determination of selenium in the serum of healthy Swiss adults and correlation to dietary intake. *J. Trace Elem. Med. Biol.* **10**, 31-45.
- Haldimann M., Dufossé K., Mompert A., Zimmerli B., 1999. Vorkommen von Selen in Lebensmitteln tierischer Herkunft des Schweizer Marktes. *Mitt. Lebensm. Hyg.* **90**, 241-281.
- Holben D.H., Smith A.M., 1999. The diverse role of selenium within selenoproteins: A review. *J. Amer. Diet. Assoc.* **99**, 836-847.
- Kessler J., 1992. Selenmangel beim Wiederkäuer: Eine Übersicht über mögliche Vorbeugemassnahmen. *Landwirtschaft Schweiz* **5**, 555-560.
- Kessler J., de Faria A., 1998. Organische Spurenelement-Mischung in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* **5**, 273-276.
- Kessler J., Friesecke H., Kunz P., 1991. Selen-Vitamin E: Versorgung der Milchkuh während der Winterfütterung. *Landwirtschaft Schweiz* **4**, 607-611.

- Kessler J., Lanz C., 1995. Selenreiche Hefen in der Wiederkäuerfütterung. *Agrarforschung* **2**, 95-98.
- Kessler J., Morel I., 1998a. Vitamin-A-Konzentration in Kalbslebern: Eine Praxiserhebung. *Agrarforschung* **5**, 225-227.
- Kessler J., Morel I., 1998b. Kupfergehalt in Kalbslebern: Versuchs- und Praxisergebnisse. *Agrarforschung* **5**, 499-502.
- Kieffer F., 1984. Verbrauch an Mineralstoffen und Spurenelementen. In Aebi H., Blumenthal A., Bohren-Hoerni M., Brubacher G., Frey U., Müller H.-R., Ritzel G., Stransky M. (Hrsg.): Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht. H. Huber, Bern, 81-88.
- Mathis A., 1982. Zur Selenversorgung des Rindviehs in der Schweiz: Untersuchungen auf Ammen- und Mutterkuhbetrieben. Diss. Universität Zürich 1-69.
- Mathis A., Horber H., Jucker H., 1983. Zur Selenversorgung des Rindviehs in der Schweiz: Untersuchungen in Ammen- und Mutterkuhbetrieben. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* **125**, 317-328.
- National Research Council, 1989. Recommended Dietary Allowances, 10th edition. Washington, DC, National Academy of Science, 217-224, 285.
- NN, 1995. Produktion und das Inverkehrbringen von Futtermitteln, Zusatzstoffen für die Tierernährung und Silierungszusätzen (Futtermittelbuch-Verordnung, FMBV) vom 1. März 1995, SR 916.307.1
- NN, 1999. Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1998. Tätigkeitsbericht der Sektion Lebensmittelchemie und -analytik. *Mitt. Lebensm. Hyg.* **90**, 377-378.
- Oster O., Schlinke B., Marks M., 1995. Der Selenstatus von Vegetariern und Nichtvegetariern in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Ernährungswiss.* **34**, 62.
- Quinche J.-P., 1979. L'Agaricus bitorquis, un champignon accumulateur de mercure, de sélénium et de cuivre. *Revue suisse Agric.* **11**, 189-192.
- Quinche J.-P., 1983. Les teneurs en sélénium de 95 espèces de champignons supérieurs et de quelques terres. *Schweiz. Landw. Forsch.* **22**, 137-144.
- Quinche J.-P., 1990. Teneurs en quelques macro- et oligo-éléments des grains des variétés de blé d'automne Arina et Zénith. *Schweiz. Landw. Forsch.* **29**, 169-176.
- Quinche J.-P., 1994. Le sélénium des blés cultivés en Suisse romande et au Tessin. *Revue suisse Agric.* **26**, 109-113.
- Rayman M.P., 1997. Dietary selenium: time to act - low bioavailability in Britain and Europe could be contributing to cancers, cardiovascular disease, and subfertility. *Brit. Med. J.* **314**, 387-388.
- Stünzi H., 1988. Applikation von Selen auf Dauerwiesen. 1. Wirkung von Selenit und Selenat auf verschiedene Pflanzenarten im Langzeitversuch. *Schweiz. Landw. Forsch.* **28**, 191-201.
- Suadicani P., Hein H.O., Gyntelberg F., 1992. Serum selenium concentration and risk of ischaemic heart disease in a prospective cohort study of 3000 males. *Atherosclerosis* **96**, 33-42.
- Stünzi H., 1989a. Applikation von Selen auf Dauerwiesen. 2. Die Selengehalte, nach einer Frühjahrsgabe von 20 g Selen pro Hektar als Selenat. *Schweiz. Landw. Forsch.* **28**, 149-160.
- Stünzi H., 1989b. Selenmangel? Untersuchungen zum Selenstatus des Wiesenfutters. *Landwirtschaft Schweiz* **2**, 437-441.
- Stünzi H., 1998. Spurenelemente in Wiesenpflanzen. *Agrarforschung* **5**, 69-72.
- Suadicani P., Hein H.O., Gyntelberg F., 1992. Serum selenium concentration and risk of ischaemic heart disease in a prospective cohort study of 3000 males. *Atherosclerosis* **96**, 33-42.
- Tirann B., Tirann A., Petek W., Rossipal E., Wawschinek O., 1992. Selenium status of healthy adults in Styria (Austria). *Trace Elem. Med.* **9**, 75-79.
- Virtamo J., Valkeila E., Alfthan G., Punsar S., Huttunen J.K., Karvonen M.J., 1987. Serum selenium and risk of cancer. A prospective follow-up of nine years. *Cancer* **60**, 145-148.

- Willett W.C., Stampfer M.J., Hunter D., Colditz G.A., 1991. The epidemiology of selenium and human cancer. In: Aito A, Aro A, Jävisalo J, Vainio H (eds): Trace elements in health and disease, Royal Society of Chemistry, Cambridge 141-155.
- Zimmerli B., Knutti R., 1985. Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. I. Allgemeine Aspekte von Zufuhrabschätzungen und Beschreibung der Studie. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **76**, 168-196.
- Zimmerli B., Wytttenbach A., 1989. 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, 11-14.
- Zimmerli B., Erard M., Haldimann M., 1990. Zur Selenversorgung der Schweizer Bevölkerung. *Lebensmittelchem.* **44**, 105-106.
- Zimmerli B., Tobler L., Bajo S., Wytttenbach A., Haldimann M., Sieber R., 1995. Untersuchungen von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. VII. Essentielle Spurenelemente: Iod und Selen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **86**, 226-265.
- Zimmerli B., Haldimann M., Sieber R., 1997. Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung. 1. Biologische Wirkungen, Bedarf und Toxizität von Selen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **88**, 732-754.
- Zimmerli B., Haldimann M., Sieber R., 1998a. Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung. 2. Vorkommen in Lebensmitteln, Blutserum und Veränderungen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **89**, 147-176.
- Zimmerli B., Haldimann M., Sieber R., 1998b. Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung. 3. Diskussion der Veränderungen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **89**, 257-293.
- Zimmerli B., Haldimann M., Sieber R., 1998c. Selenversorgung der schweizerischen Bevölkerung. In Keller U., Lüthy J., Amadò R., Battaglia-Richi E., Battaglia R., Casabianca A., Eichholzer M., Rickenbach M., Sieber R.. Vierter Schweizerischer Ernährungsbericht. Bundesamt für Gesundheit, Bern, 74-86.