

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Gesundheit
<b>Band:</b>	89 (1998)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung. Teil 2, Vorkommen in Lebensmitteln und im Blutserum = Selenium status of the Swiss population. Part 2, Occurrence in food and blood serum
<b>Autor:</b>	Zimmerli, Bernhard / Haldimann, Max / Sieber, Robert
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-983138">https://doi.org/10.5169/seals-983138</a>

### 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:** 28.01.2026

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

## Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung

### 2. Vorkommen in Lebensmitteln und im Blutserum

Selenium Status of the Swiss Population  
2. Occurrence in Food and Blood Serum

*Key words:* Selenium, Food, Dietary intake, Human serum, Switzerland, Review

Bernhard Zimmerli<sup>1</sup> und Max Haldimann  
Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Lebensmittelwissenschaft, Bern

Robert Sieber  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld, Bern

### Einleitung

In einem ersten Teil dieser Studie wurden im Hinblick auf die Herausgabe des Vierten Schweizerischen Ernährungsberichtes die biologischen Wirkungen von Selen, dessen täglicher Bedarf und Toxizität im Sinne einer Einführung in die Thematik zusammenfassend dargestellt (1). Im vorliegenden zweiten Teil werden die zur Beurteilung des Selenstatus der Bevölkerung relevanten Gegebenheiten zusammengefasst und ausgewertet, wobei auch unveröffentlichte Ergebnisse mitberücksichtigt sind. Danach ist trotz den für eine ausgewogene Selen- (und Iod-)Versorgung der Bevölkerung ungünstigen natürlichen Umweltbedingungen der Schweiz deren Selenstatus ausreichend und etwas höher als jener der angrenzenden Länder<sup>2</sup>.

Die schweizerische *landwirtschaftliche* und *veterinärmedizinische* Forschung hat sich seit Anfang der 80er Jahre, nachdem Selenmangel bei Kälbern und Lämmern im Münstertal (z. B. Weissmuskelkrankheit) sowie in sogenannten Ammen-

<sup>1</sup> Korrespondenzautor

<sup>2</sup> In einem dritten Teil werden die wichtigsten Faktoren, welche die Selenversorgung sowie jene anderer Mikronährstoffe, wie z. B. Iod, beeinflussen können, diskutiert (2).

kuhbetrieben im Mittelland festgestellt wurde (3–5), mit der Selenproblematik auseinandergesetzt: Auswirkungen des Selenmangels auf die Fruchtbarkeit (6, 7) und verschiedene Krankheiten (8), mögliche Vorbeugemassnahmen bei Selenmangel (9–11), Versorgung der Kälber (12) sowie der Milchkühe mit Selen während der Winterfütterung (13), Auswirkungen von Selenzusätzen in Düngern auf die Milchwirtschaft (14), Verwertbarkeit von in Pflanzen vorkommendem organischem Selen im Vergleich zu zugesetztem Natriumselenit durch Wiederkäuer (15), Einsatz des Selens bei der Fütterung von Schafen (16), Vorkommen von Selen in Pflanzen (5, 17–21) und in wildwachsenden Pilzen (22, 23), Versuche über den Zusatz von Selen zu Düngern (24, 25) sowie analytische Probleme (26).

Ebenfalls seit Anfang der 80er Jahre wurden in bezug auf die menschliche *Ernährung* und den *präventiven Gesundheitsschutz* zum Thema Selen entsprechende schweizerische Messungen zur Zufuhrmenge für Kleinkinder und Erwachsene veröffentlicht (27–30). Untersuchungen über die Selenkonzentration im Serum bzw. im Plasma der schweizerischen Bevölkerung stammen aus den Jahren 1986 (31), 1991 (32) und 1996 (33). Im weiteren sind eingehendere neuere Daten über das Vorkommen von Selen in Zuchtpilzen (34) und Cerealien (35) verfügbar. Weitere Daten zum Vorkommen in Lebensmitteln tierischer Herkunft werden gegenwärtig erarbeitet (36–39). Auch wurde die Selenversorgung im Zweiten und Dritten Schweizerischen Ernährungsbericht behandelt (40, 41), und das Bundesamt für Gesundheit hat sich verschiedentlich zur Selenversorgung der Bevölkerung geäussert (42, 43).

## Vorkommen in Lebensmitteln

### *Übersicht*

#### *Empfohlene Zufuhr*

Die von amerikanischen Ernährungsfachleuten *empfohlene tägliche Selenzufuhr* (RDA) beträgt für ein Kollektiv erwachsener Männer und Frauen  $0,87 \mu\text{g}/\text{kg}$  Körpermasse (KM), entsprechend gerundet 70 bzw.  $55 \mu\text{g}$  (1, 44). Wird für schweizerische Verhältnisse von einer mittleren Körpermasse von 75 kg für Männer und 60 kg für Frauen ausgegangen (45, 46), ergibt sich eine empfohlene Selenzufuhr von 65 bzw.  $52 \mu\text{g}/\text{Tag}$ . Umgerechnet auf die schweizerischen Gegebenheiten bezüglich der Altersstruktur der Bevölkerung wird eine gewichtete Pro-Kopf-Zufuhr von rund  $55 \mu\text{g}$  Selen erhalten (1). Entsprechende Empfehlungen anderer Länder wie Grossbritannien, Deutschland und Schweden bewegen sich für Erwachsene im Bereich von  $20\text{--}100 \mu\text{g}/\text{Tag}$  bzw.  $0,3\text{--}2 \mu\text{g}/\text{kg KM}/\text{Tag}$  (1). Die Erfahrungen aus Neuseeland zeigten bei mittleren täglichen Zufuhrmengen von  $30 \mu\text{g}$ , entsprechend etwa  $0,5 \mu\text{g}/\text{kg KM}/\text{Tag}$ , kein vermehrtes Auftreten von möglicherweise selenabhängigen Erkrankungen (1).

## Mittlere tägliche Zufuhr

Schweizerische Zahlen zum Vorkommen von Selen in einzelnen Lebensmitteln sind zurzeit erst beschränkt verfügbar (20, 27, 34–38, 47). Tabelle 1 gibt eine vorläufige Übersicht über entsprechende Messungen mit noch unveröffentlichten Resultaten aus den Jahren 1995/97. Pflanzen aus verschiedenen Gebieten der Schweiz weisen eine teilweise stark unterschiedliche Selenkonzentration auf (5, 6, 18–20, 35), was darauf zurückzuführen ist, dass diese von der Selenkonzentration der Böden abhängt und die geologischen Gegebenheiten der Schweiz sehr vielfältig sind (1). Auch hat sich gezeigt, dass die Selenkonzentration der Lebensmittel saisonalen Schwankungen unterliegt und sich von Jahr zu Jahr ändern kann. Da zudem die Selenkonzentration der Lebensmittel tierischer Herkunft von der Art und Herkunft der Futtermittel sowie der Futterzusätze abhängt, können für entsprechende Zufuhrs schätzungen für den Menschen keine ausländischen Daten (z. B. Nährwerttabellen von Souci-Fachmann-Kraut) verwendet werden. Mangels schweizerischer Untersuchungen ergab beispielsweise eine auf solchen Daten beruhende Berechnung im Zweiten Schweizerischen Ernährungsbericht eine tägliche Pro-Kopf-Selenzufuhr von 150 µg (40). Wie nachstehend dargelegt, ist diese Schätzung für Erwachsene um etwa den Faktor 2 zu hoch.

Im Hinblick auf eine fundierte Abschätzung der täglichen *Selenzufuhr Erwachsener* wurden 1983 (Januar/Februar) 40 verzehrfertige *Tagesrationen* eingekauft (29, 30, 50). Diese umfassten Frühstück, Mittag- und Nachessen (ohne Zwischenverpflegungen und Getränke, die nicht im Preis inbegriffen waren) und stammten aus vier Verpflegungsbetrieben von Bern (Personalrestaurant, allgemeine Abteilung eines Spitals, vegetarisches Restaurant, Rekrutenschule). Die Tagesrationen wurden an je zehn aufeinanderfolgenden Tagen eingekauft.

Die in den 40 Tagesrationen gemessene Selenkonzentration lag im Bereich von 59–297 ng/g Trockenmasse (TM), entsprechend rund 30–135 µg/Tagesration. Im Mittel der vier Betriebe ergab sich eine durchschnittliche Tageszufuhr für Männer von 71 µg (7,5 µg/MJ) bzw. von 55 µg für Frauen, falls für Männer ein mittlerer täglicher Verzehr an TM von 460 g (ca. 9,5 MJ) und für Frauen von 360 g (ca. 7,4 MJ) angenommen wird (30). Die volle Gewichtung der Daten aus dem vegetarischen Restaurant bedeutet, dass die so berechnete mittlere Zufuhrmenge einer Ernährungsweise entspricht, die jeden vierten Tag eine ovolaktovegetarische Kost beinhaltet. Ohne Berücksichtigung der Resultate aus dem vegetarischen Restaurant ergibt sich eine mittlere tägliche Zufuhrmenge<sup>3</sup> für Männer von rund 77 µg und für Frauen von 60 µg (28–30, 50, 49).

Werden die in dieser Studie ermittelten täglichen Selenzufuhren den jeweiligen Mengen an Protein, Nahrungsenergie, Kohlenhydraten und Fetten (53) gegenübergestellt, ergeben sich vor allem für Protein ( $r = 0,53, p < 0,001$ ) und weniger deutlich für Energie ( $r = 0,38; 0,01 < p < 0,05$ ) entsprechende Korrelationen. Aus den Parametern der Regressionsgeraden lässt sich für die 40 Tagesrationen eine mittlere

<sup>3</sup> Erwähnenswert ist, dass der mittlere Fleischanteil (inkl. Fische) der «nicht-vegetarischen» Tagesrationen von ca. 110 g Frischmasse nur rund 60% des damaligen (1982/83) Pro-Kopf-«Fleisch»verzehrs (inkl. Fische) entsprach (50–52).

Tabelle 1. Selenkonzentration in Lebensmitteln des Schweizer Marktes (1995–97), bezogen auf die Trockenmasse

Lebensmittel	n	Selenkonzentration (ng/g TM)		Literatur
		$\bar{x}$	Bereich	
<i>tierischer Herkunft</i>				
Schweinefleisch <sup>1</sup>	7	382	279– 502	(39)
Rindfleisch <sup>1</sup>	11	266	153– 359	"
Geflügel (Hühner) <sup>1</sup>	9	675	376– 1184	"
Kalbfleisch <sup>1</sup>	7	229	120– 528	"
Kalbsleber <sup>1</sup>	17	1112	466– 1721	"
Kalbsnieren	17	4365	3814– 5086	"
Eier (CH) <sup>2</sup>	10	942	723– 1105	"
Milch <sup>3</sup>	13	98	60– 133	"
Milch, «Bio» <sup>3</sup>	4	93	87– 106	"
Käse (CH)	6	119	44– 164	"
Käse (F)	3	69	37– 115	"
Süßwasserfische (CH)	7	1050	533– 1624	"
Meerfische	9	1636	731– 3812	"
<i>pflanzlicher Herkunft</i>				
Brot (Mehl)	25	79 <sup>4</sup>	18– 139	(35)
Brot (Mehl), «Bio» <sup>5</sup>	8	182 <sup>4</sup>	15– 499	"
Back- und Dauerbackwaren	41	57 <sup>4</sup>	8– 113	"
Teigwaren (CH) (1988/95) (Import <sup>7</sup> ) (1988/95)	30	793 <sup>6</sup>	370– 1290	"
Reis (USA, Indien) (I, Australien, Thailand)	4	196 <sup>8</sup>	164– 225	"
Zuchtcampignons (CH)	6	37 <sup>8</sup>	21– 68	"
Wildpilze (CH)	29	2550	1300– 5740	(34)
Spargel spitzen (Import)	653	2430	35–43000	(23)
Äpfel (Basel-Land)	4	161	34– 365	(38)
Fleischersatzprodukte <sup>9</sup>	10	1,5	0,3– 6,1	(49)
	25	352	67– 2006	(39)

n = Anzahl untersuchter Proben

$\bar{x}$  = arithmetischer Mittelwert

<sup>1</sup> ohne Produkte mit Bezeichnungen wie zum Beispiel «Bio» oder «Natura» (vgl. Text).

<sup>2</sup> inbegriffen Produkte mit Bezeichnungen wie zum Beispiel «Bio» oder «Natura» (vgl. Text).

<sup>3</sup> Rohmilch, pasteurisierte Vollmilch, uperisierte Vollmilch, Magermilch (Probenahme: Januar/Februar 1997, Platz Bern).

<sup>4</sup> Für Gesamtbrod ergibt sich ein mit der jeweiligen Probenzahl gewichteter Mittelwert von 80 ng/g (n = 72) bzw. ohne «Bio» ein solcher von 67 ng/g (n = 64).

<sup>5</sup> teilweise aus nordamerikanischem Weizen (gemäss Deklaration).

<sup>6</sup> Für Gesamtteigwaren kann für das Jahr 1996 ein mit den Importanteilen von 24,6% am Inlandkonsum und der Eigenproduktion (48) gewichteter Mittelwert von 650 ng/g TM berechnet werden. Für 1983/84 würde der entsprechende Wert 702 ng/g TM bei einem Importanteil von 15,6% betragen, falls angenommen wird, dass die Selenkonzentration der schweizerischen wie auch importierten Teigwaren in diesem Zeitraum konstant geblieben ist.

<sup>7</sup> aus folgenden Ländern: China 500, Deutschland 150, Frankreich 70 und 300, Italien 80 und 160 ng/g.

<sup>8</sup> mit Probenzahl gewichteter Mittelwert = 100 ng/g.

<sup>9</sup> auf Cerealien- (6), Quorn- (3), Soja- (14) und Seitanbasis (2) (in Klammern Anzahl Proben).

tägliche Selenzufuhr von  $0,85 \pm 0,22 \mu\text{g/g}$  Protein und  $8,2 \pm 3,2 \mu\text{g/MJ}$  abschätzen (49). Dass das Selen in den Lebensmitteln vor allem mit der Proteinfrikation verknüpft ist, wurde auch in anderen Untersuchungen und für verschiedene Lebensmittel gezeigt (54–57) (siehe auch Abschnitt Weizenkörner).

Bereits die erste Auswertung der Resultate der Analysen der Tagesrationen zeigte, dass *Teigwaren schweizerischer Produktion* aus nordamerikanischem (USA, Kanada) Hartweizen einen wichtigen Beitrag zur Selenversorgung liefern (29). Später erwies sich zudem, dass die Beimischung von nordamerikanischem Weichweizen zum schweizerischen Brotgetreide (damals ca. 25%) mit täglich 25–30  $\mu\text{g}/\text{Person}$  ebenfalls massgeblich zur mittleren täglichen Selenversorgung beitrug (30, 35).

### *Spezielle Verzehrsgewohnheiten*

Werden als selenreich bekannte Lebensmittel wie Cerealien nordamerikanischer Herkunft, Paranüsse, Ölsamen sowie Wild- und Zuchtpilze ausgeklammert, gilt unter Berücksichtigung der entsprechenden Verzehrmengen, dass der Beitrag von Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft zur Gesamtselenzufuhr durchschnittlich sehr viel geringer ist als jener durch Lebensmittel tierischer Herkunft wie Fleisch, Süßwasser- und Meeresfische, Meeresfrüchte, Eier sowie teilweise Milchprodukte.

Diese Feststellung stimmt auch mit den Resultaten der Studie von 1983 für *ovolaktovegetarische Tagesrationen* überein, die mit im Mittel 53  $\mu\text{g}$  Selen/Tag ( $n = 10$ ) (ohne Teigwaren 45  $\mu\text{g}$ ) bzw. 58  $\mu\text{g}/\text{Tag}$  (wenn auf 460 g TM bezogen) einen deutlich tieferen Mittelwert als die gemischte Kost mit 77  $\mu\text{g}$  Selen/Tag aufwiesen (29, 30). Mindestens etwa 20  $\mu\text{g}$  des im Mittel in der ovolaktovegetarischen Kost enthaltenen Selens kann dem Brotanteil dieser Tagesrationen zugeschrieben werden (30, 49, 50). Deshalb stellen Vegetarier, deren Anteil in der Gesamtbevölkerung derzeit 1–3% beträgt (58), bezüglich der Selenversorgung eine spezielle Bevölkerungsgruppe dar. «Strenge Vegetarier» (Veganer), die keinerlei Lebensmittel tierischer Herkunft sowie keine Selensupplemente und selenreiche Cerealien nordamerikanischer Herkunft konsumieren, müssen einen deutlich tieferen Selenstatus aufweisen als die Durchschnittsbevölkerung. Für solche Personen ergäben sich schätzungsweise mittlere tägliche Gesamtselenzufuhren im Bereich von 15  $\mu\text{g}$  und für Ovolaktovegetarier solche von 20–30  $\mu\text{g}$ , falls ausreichend Eier und Milchprodukte, Ölsamen, Pilze und Nüsse konsumiert werden. Mittelwerte in diesem Bereich von rund 13  $\mu\text{g}/\text{Tag}$  (Veganer) bis 34  $\mu\text{g}/\text{Tag}$  (Makrobiotiker) im Vergleich zu 56  $\mu\text{g}/\text{Tag}$  (Omnivore) wurden in Belgien bestimmt (59).

Demgegenüber zeigen auf vorwiegend pflanzlicher Basis hergestellte *Fleischersatzprodukte* mit einer Selenkonzentration von im Mittel rund 350 ng/g TM eine dem Rind- und Schweinefleisch vergleichbare Konzentration, allerdings ist der Bereich zwischen der kleinsten und höchsten Konzentration deutlich grösser als bei Lebensmitteln tierischer Herkunft (Tabelle 1). Gemäss den heutigen Kenntnissen muss vermutet werden, dass die im Mittel relativ hohe Selenkonzentration dieser Produkte auf der Verwendung von selenreichem nordamerikanischem Weizen (und/oder Soja) beruht.

## *Lebensmittel tierischer Herkunft*

In den verschiedenen Muskelfleischarten ergibt sich für die mittlere Selenkonzentration folgende absteigende Reihenfolge: Geflügel > Schwein > Kalb und Rind (Tabelle 1), bezüglich der Organe für Kälber gilt Niere > Leber > Muskel, was auch für andere Tiere zutreffen dürfte. Die Selenkonzentration in Geflügelfleisch (Hühner) und Eiern ist bezogen auf die TM etwa vergleichbar und etwa zehnmal grösser als jene in Milch und Milchprodukten.

Die im Fleisch gemessene Selenkonzentration (Tabelle 1) lässt sich anhand der Konzentration der in der Schweiz geernteten Futtermittel nicht erklären. Wird von einer mittleren natürlichen Selenkonzentration in einheimischem Pflanzenfutter von rund 30–50 ng/g TM ausgegangen (1, 5), sollten sich beispielsweise im Rindfleisch solche von maximal 100 ng/g TM ergeben (60).

Bei einer Selenkonzentration im Fleisch von mehr als 50–100 ng/g TM muss das Selen entweder aus Futterzusätzen, Injektionen oder Boli bzw. aus ausländischen (nordamerikanischen?) selenreichen Futtermitteln stammen. Ende der 80er Jahre zeigten beispielsweise Kraftfutterproben aus 33 schweizerischen Bauernbetrieben eine Selenkonzentration von 0,017–1,93 µg/g TM, im Mittel 0,32 µg/g TM (Median 0,24 µg/g TM) (5). Selen, das im Futter pflanzlicher Herkunft natürlicherweise, vorwiegend als Selenomethionin, vorkommt, erhöht bei Warmblüter die Konzentration im Muskel und in der Leber stärker als dem Futter zugefügtes Selenit. Davon ausgenommen ist die Konzentration in der Niere, die stärker von Selenit beeinflusst wird (60). Die Messwerte bei Kälbern (Tabelle 1), deren mittlere Selenkonzentration in den Nieren rund viermal grösser ist als in der Leber, scheint darauf hinzudeuten, dass die Selenzufuhr der Kälber weitgehend auf Gaben von Selenit beruht. Diese Vermutung wurde uns auf Anfrage bei der zuständigen landwirtschaftlichen Forschungsanstalt bestätigt (61).

Aus diesen Überlegungen müsste mit «Bio» oder «Natura» bezeichnetes Fleisch eine tiefere Selenkonzentration (< 100 ng/g TM) aufweisen als konventionell erzeugtes, wenn davon ausgegangen wird, dass diesen Tieren bei der Aufzucht keinerlei sogenannte «künstliche Stoffe», wie z. B. Natriumselenit, verabreicht werden. Tatsächlich wurden in zwei entsprechend bezeichneten Rindfleischproben mit 52 bzw. 87 ng/g TM Werte in diesem Bereich gemessen, ebenso in einer entsprechenden Kalbfleischprobe mit 75 ng/g TM. Obwohl bis jetzt 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 sowie in Kuhmilch Hinweise auf eine tiefere Selenkonzentration als in Produkten konventioneller Herkunft, nicht jedoch bei Schweinefleisch, Eiern und Hühnerfleisch (38, 39, 49).

## *Weizenkörner*

In den Jahren 1988 und 1990 wurden aus den Weizenhauptanbaugebieten (regionale Sammelstellen) der Schweiz 108 (Mischproben von Körnern) und aus den

weniger bedeutenden Anbaugebieten 31 Weizenkörnerproben (Einzelproben ab Produzent) erhoben und auf Selen untersucht (35). Die Konzentrationswerte aller Proben entsprachen einer logarithmisch-normalen Verteilung. Die Mittelwerte der Proben aus den Kantonen Waadt, Freiburg und Tessin lagen bei 40 ( $n = 14$ , Bereich 6–146 ng/g), 23 ( $n = 16$ , Bereich 4–54 ng/g) und 38 ng/g TM ( $n = 12$ , Bereich 16–105 ng/g). Einzelne Proben mit erhöhter Konzentration stammten z. B. aus der Gegend von Thusis über Buchs im St. Galler Rheintal bis zum Bodensee, wo sich Werte von 70–500 ng/g fanden. Im Vergleich dazu zeigten nach *Quinche* (20) Weizenproben aus der Westschweiz ( $n = 244$ , Bereich 1–287 ng/g) und aus dem Tessin ( $n = 34$ , Bereich 5–182 ng/g) in guter Übereinstimmung eine mittlere Konzentration von 22 bzw. 39 ng Selen/g TM. Die häufig gehörte Vermutung, dass infolge der geologischen Gegebenheiten die Selenkonzentration der Pflanzen im Tessin geringer sein soll als im Mittelland (18), scheint demnach, mindestens für Weizenkörner, nicht zuzutreffen.

Für schweizerische Weizenkörner ergibt sich ein mit den Produktionsmengen der Regionen gewichtetes arithmetisches Mittel von 33 ng Selen/g TM (35). Die demgegenüber höhere mittlere Selenkonzentration in Weizenprodukten von rund 60 ng/g TM in Back- und Dauerbackwaren und bis zu einer maximalen Einzelkonzentration von rund 1300 ng/g TM in Teigwaren (Tabelle 1) ist auf die Verwendung von ausländischem Weizen, vor allem solchem aus den selenreichen, niederschlagsarmen Gebieten Nordamerikas (great plains) zurückzuführen (29, 30, 35). Dies widerspiegelt sich auch in der z.T. hohen Konzentration von bis zu rund 500 ng/g, die in gemäss Deklaration aus nordamerikanischem Weizen hergestellten sog. «Bio»-Broten bzw. -Mehlen sowie in gewissen Fleischersatzprodukten gemessen wurde (Tabelle 1). Traditionellerweise wird dem schweizerischen Brotgetreide zur Verbesserung der Mehlqualität bzw. dessen Backeigenschaften diesbezüglich hochwertiger, in der Regel vorwiegend aus Nordamerika importierter Weichweizen in Mengen von 10–30% zugemischt.

Aus den Importanteilen von Weichweizen aus Nordamerika in der Zeitperiode 1983 bis 1995, der jeweils gemessenen mittleren Selenkonzentration für Mehle und Brote (der Jahre 1983, 1988, 1993 und 1995) sowie jener von schweizerischem Getreide von rund 30 ng/g kann eine mittlere Selenkonzentration für den nordamerikanischen Weichweizen von  $870 \pm 185$  ng/g TM berechnet werden (49). Für total acht nordamerikanische Weich- und Hartweizenkörnerproben ergaben direkte Messungen in guter Übereinstimmung dazu einen Mittelwert von rund 910 ng/g (Bereich 400–2740 ng/g) (35).

### *Mehle und Brote*

#### *Übersicht*

Die Selenkonzentration für verschiedene *Mehle* und *Brote* ist in Tabelle 2 aus zwei unabhängigen Untersuchungen zusammengestellt (20, 35). Diese Daten stimmen einerseits gut überein, zeigen jedoch eine Zeitabhängigkeit der Selenkonzentration von Mehl und Brot. Die mittlere Selenkonzentration, abgesehen von sog.

Tabelle 2. Selenkonzentration in schweizerischen Mehlen und Broten (1983–96), bezogen auf die Trockenmasse<sup>1</sup>

Proben aus verschiedenen Jahren Weizenmehl oder Brot	n	Selenkonzentration (ng/g TM)		
		$\bar{x} \pm s$	$\tilde{x}$	Bereich
<i>Mehl ab Mühle 1983/84</i>				
– weiss	M <sup>2</sup>	209	—	—
– halbweiss	M <sup>2</sup>	179	—	—
– ruch	M <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	—	—
– ruch	5	122±26 <sup>3</sup>	107	90–172
<i>Brot 1993</i>				
– weiss	2	114 <sup>3</sup>	114	92–135
– halbweiss	5	89±31 <sup>3</sup>	99	44–125
– ruch	12	129±54 <sup>3</sup>	116	55–247
<i>Kommerzielles Mehl 1995</i>				
– weiss	3	23±4 <sup>4</sup>	25	18– 25
– halbweiss	1	86 <sup>4</sup>	—	—
– ruch	3	73±12 <sup>4</sup>	72	61– 86
«Biomehl» <sup>5</sup>	3	263±241	274	15–499
<i>Brot 1995/96</i>				
– weiss	2	64 <sup>4</sup>	64	63– 65
– halbweiss	7	94±21 <sup>4</sup>	91	68–118
– ruch	9	91±22 <sup>4</sup>	84	67–139
«Biobrot» <sup>5</sup>	5	134±87	169	22–222
zum Vergleich Werte von Quinche (20) Brot 1992–1993	36	105±31	—	28–184

n = Anzahl untersuchter Proben

— = keine Angaben

$\bar{x}$  = arithmetischer Mittelwert; s = Standardabweichung;  $\tilde{x}$  = Median

<sup>1</sup> nach Literatur 35 und 20.

<sup>2</sup> Die Mischproben wurden aus jeweils 20 Mehlproben von Brotgetreidemühlen gewonnen.

<sup>3</sup> Für «Gesamtbrot» (ohne «Bio») ergibt sich aus diesen Daten für 1993, in guter Übereinstimmung mit den Messungen von Quinche (20), ein mit den Probenzahlen gewichteter Mittelwert von 117 ng/g ( $n = 25$ ).

<sup>4</sup> Für «Gesamtbrot» (ohne «Bio») ergibt sich aus diesen Daten für 1995/96 ein mit den Probenzahlen gewichteter Mittelwert von 79 ng/g ( $n = 25$ ).

<sup>5</sup> Der Ausgangsweizen stammt aus biologisch kontrolliertem Anbau, gemäss Deklaration zum Teil auch aus Nordamerika.

Bioprodukten, hat von 1983/84 bis 1995/96 von 209 auf 79 ng/g TM fast stetig abgenommen. Die Gründe dafür sind die in diesem Zeitraum angestiegene Eigen-

produktion von Brotgetreide und die teilweise Berücksichtigung anderer Exportländer als die USA und Kanada. Anhand der Zollstatistik konnte gezeigt werden, dass der Anteil von nordamerikanischem Weichweizen am Gesamtgetreideverbrauch von rund 25% im Jahre 1983 auf rund 6% im Jahre 1995 zurückging (35). Wird von einem mittleren täglichen Brotverzehr von rund 140 g (ca. 100 g TM) pro Erwachsener ausgegangen, hat sich in diesem Zeitraum der Beitrag von Brot zur mittleren täglichen Selenzufuhr theoretisch von rund 20 auf etwa 10 µg vermindert.

Brot- und Mehltypen unterschiedlicher *Ausmahlungsgrade* zeigen eine nahezu identische mittlere Selenkonzentration (Tabelle 2). Auch in Deutschland wurde diesbezüglich keine unterschiedliche Selenkonzentration festgestellt; für Weizengänge wurden im Mittel 26 ng/g TM und für Roggenbrote 20 ng/g TM angegeben (62, 63). Daraus lässt sich schliessen, dass die Selenkonzentration der Mehle nur wenig durch den Ausmahlungsgrad beeinflusst wird und dass Vollkornmehl also etwa eine mit Weissmehl vergleichbare Konzentration aufweist.

### Mahlversuch

Die Ergebnisse eines eigenen Mahlversuchs (49) mit zwei Weizenproben aus Kanada und der Schweiz zeigen, dass sich Selen im Vergleich zu anderen Spurenelementen anders verhält (Abb. 1). Für Abbildung 1 wurden die in den Mahlfraktionen der beiden Weizenproben gemessenen relativen Konzentrationen (ganzes Korn = 100 %) von Kupfer, Zink und Cadmium gemittelt ( $n = 6, \pm s / \sqrt{n}$ ) und als Funktion des mittleren Mineralstoffgehaltes (Asche) aufgetragen (Tabelle im Anhang). Die Punkte mit steigendem Mineralstoffgehalt entsprechen den Fraktionen Mehl (Typ 550), Nachmehl, Griesskleie/Keimlinge und Kleie. Sowohl die relative Kupfer-, Zink- und Cadmiumkonzentration als auch jene von Selen ist mit den Mineralstoffgehalten korreliert ( $r = 0,9989$  bzw.  $0,977, p < 0,001$ ). Die entsprechenden

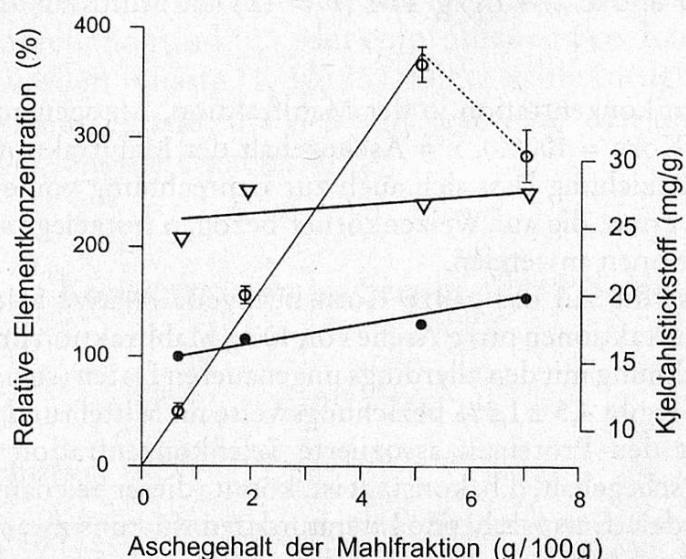


Abb. 1. Zusammenhang zwischen den auf das Korn bezogenen Konzentrationen einiger Schwermetalle und Selen (Korn = 100%) sowie des Kjeldahlstickstoffs in verschiedenen Mahlfraktionen und ihren Aschegehalten (g/100 g).

- Kupfer, Zink, Cadmium,  $\pm s / \sqrt{n}$ , ● Selen, ▽ Kjeldahlstickstoff

den Regressionsgeraden ergeben für die erwähnten Schwermetalle den funktionellen Zusammenhang  $y = (73,3 \pm 2,3) \cdot x$  (Berechnung durch den Ursprung)<sup>4</sup> und für Selen (nur kanadischer Weizen)<sup>5</sup>  $y = (96,9 \pm 5,3) + (7,7 \pm 1,2) \cdot x$ . Die Irrtumswahrscheinlichkeit bezüglich der Verschiedenheit der beiden Regressionskoeffizienten von Null betragen für die Schwermetalle  $p << 0,001$  und für Selen  $0,01 < p < 0,05$ . Die relative Selenkonzentration verhält sich gemäss Abbildung 1 ähnlich wie der Proteingehalt der Mahlfraktionen, wenn die nach Kjeldahl bestimmten Stickstoffkonzentrationen als Mass für die Proteinmenge angesehen werden<sup>6</sup>.

Unsere Ergebnisse bezüglich der Selenverteilung in den verschiedenen Mahlfraktionen stimmen qualitativ mit der Literatur (54, 65, 66) überein und zeigen, dass Selen in den Müllereiprodukten mit der Proteinfraktion und praktisch kaum mit jener der Mineralstoffe assoziiert ist. Literaturangaben (67), die für Mehlproben aus dem Handel mit unterschiedlichen Ausmahlungsgraden trotzdem eine deutlich verschiedene Selenkonzentration aufführen, müssen demnach aus unterschiedlichen Kornmischungen stammen. Insgesamt bestätigt sich, dass für die Selenkonzentration im Mehl der Ausmahlungsgrad des Getreides nur eine untergeordnete Rolle spielt, im Gegensatz zu Zink und Kupfer, die im Vollkorn- oder Ruchbrot in deutlich höheren Konzentrationen vorliegen als im Weissbrot (68, 69).

### Teigwaren

Traditionsgemäss werden Teigwaren in der Schweiz aus Hartweizen produziert, der aber aus klimatischen Gründen nicht im eigenen Land angebaut, sondern importiert wird. Die aus *nordamerikanischem* Hartweizen hergestellten Teigwaren (vorwiegend Eierteigwaren) von 1988 wiesen im Mittel eine Selenkonzentration ( $\pm$  Standardabweichung) von  $790 \pm 240$  ng/g TM ( $n = 27$ ) auf (49, 70), solche aus den Jahren 1992/93  $850 \pm 274$  ng/g TM ( $n = 12$ ) (20) und aus den Jahren 1995/96

<sup>4</sup>  $y$  = relative Elementkonzentration in der Mahlfraktion, bezogen auf jene für das ganze Korn in Prozent (Korn = 100%),  $x$  = Aschegehalt der Mahlfraktion in g/100 g,  $\pm$  Standardfehler. Diese Beziehung lässt sich auch zur Umrechnung von entsprechenden Toleranz- und Grenzwerten, die auf Weizenkörner bezogen festgelegt sind, auf die entsprechenden Mehlfractionen anwenden.

<sup>5</sup> Dies bedeutet, dass die auf das ganze Korn bezogene relative Selenkonzentration der verschiedenen Mahlfraktionen pro g Asche von 100 g Mahlfraktion um  $7,7 \pm 1,2\%$  ansteigt. Eine analoge Berechnung mit den allerdings ungenauereren Daten (siehe Tabelle im Anhang) des Inlandweizens ergibt  $4,5 \pm 1,3\%$  beziehungsweise im Mittel rund 6%. Wird angenommen, dass die mit den Proteinen assoziierte Selenkonzentration der Mahlfraktionen unabhängig vom Aschegehalt, d.h. konstant ist, könnte dieser Selenanteil als anorganisches Selen gedeutet werden. Entsprechende Literaturdaten sind uns zwar nicht bekannt, doch ergaben Untersuchungen mit markiertem Selen an Weizenkörnern, dass maximal 7% des Gesamtseleins als Selenat oder Selenocysteinsäure vorliegen (64).

<sup>6</sup> Die Steigung der in Abbildung 1 eingezeichneten Gerade für die Stickstoffkonzentration als Funktion des Aschegehaltes ist nicht signifikant von Null (Regressionskoeffizient) verschieden.

$820 \pm 150$  ng/g TM ( $n = 3$ ) (35). Aus diesen Daten kann ein Gesamtmittelwert von 810 ng/g TM mit einem Fehler des Mittelwertes von  $\pm 40$  ng/g TM berechnet werden.

Aus der *Europäischen Union* oder anderen Ländern importierter Hart- und Weichweizen zeigt eine deutlich geringere Selenkonzentration als solcher aus Nordamerika. Beispielsweise wurde für deutsche Weizenkörner ein Mittelwert von 20 ng/g ( $n = 149$ , Bereich 2–91 ng/g), für griechische 22 ng/g ( $n = 8$ , Bereich 14–36 ng/g), für französische 65 ng/g ( $n = 5$ , Bereich 38–80 ng/g) und für argentinische je nach Standort rund 29 ng/g ( $n = 53$ , Bereich 4–78 ng/g) und 42 ng/g ( $n = 19$ , Bereich 23–76 ng/g) gemessen (71). Weizen aus Saudiarabien, von dem insbesondere 1994 in die Schweiz als Brotgetreide importiert wurde (35), zeigt im Mittel eine Selenkonzentration von 78 ng/g ( $n = 52$ , Bereich 8–293 ng/g) (72).

Da Eier, auch weltweit, eine relativ hohe Selenkonzentration aufweisen (Tabelle 1), kann die Frage gestellt werden, mit welcher Konzentration in *Eierteigwaren* aus selenarmen Weizen im Vergleich zu «Wasserware» zu rechnen ist. Wird davon ausgegangen, dass pro 100 kg Weizenrohstoff (mittlere Selenkonzentration 30 ng/g) 400 Eier (à 45 g Frischmasse), entsprechend rund 4,7 kg TM, verwendet werden, ergibt sich für daraus hergestellte Eierteigwaren theoretisch eine Selenkonzentration von rund 70 ng/g TM (zum Vergleich Wasserware 20–30 ng/g TM), sofern beim Herstellungsprozess keine Selenverluste auftreten. In importierten Teigwaren aus Italien, Frankreich und Deutschland wurde eine entsprechende Selenkonzentration im Bereich von 70 und 300 ng/g TM gemessen (siehe auch Tabelle 1). Die Literatur gibt für solche aus Grossbritannien, Italien, Deutschland und Frankreich in guter Übereinstimmung hiezu 40–170 ng/g TM, im Mittel schätzungsweise 100 ng/g TM (35, 67).

Anhand der vorliegenden Daten ergibt sich, dass ohne Importe von nordamerikanischem Hart- und Weichweizen theoretisch mit einem Selenbeitrag von Cerealien aus rein schweizerischem Anbau zur täglichen Zufuhr von im Mittel etwa 5 µg/Person, entsprechend rund 10% der empfohlenen Pro-Kopf-Zufuhr von rund 55 µg, gerechnet werden müsste (1, 30, 35). Diese Schlussfolgerung deckt sich mit Berechnungen in Deutschland, die 7–8 µg/Person für den täglichen Selenbeitrag aus einheimischem Getreide ergaben (63).

## Konzentration im Serum oder Plasma

### Erwachsene

#### Optimale Konzentration

Da die Selenzufuhr via Nahrung mit der Selenkonzentration im Blut und der Aktivität der verschiedenen Glutathionperoxidases (GSH-Px) stark korreliert, lässt sich der *Selenstatus eines Kollektivs* auch über die Messung der Aktivität der GSH-Px (im Serum, den Erythrozyten oder Blutplättchen) oder die Bestimmung der Selenkonzentration in Vollblut (den Erythrozyten und/oder Blutplättchen),

Serum oder Plasma (im allgemeinen identische Zahlenwerte) sowie in den Haaren und Zehennägeln einfacher und zuverlässiger ermitteln als über eine solche der Selenkonzentration in einzelnen Lebensmitteln. In solchen Daten widerspiegeln sich zudem nicht nur die Selenkonzentration der Lebensmittel, sondern auch die unterschiedlichen Verzehrsgewohnheiten eines Kollektivs. Plasma- oder Serummessungen werden im allgemeinen als Kurzzeitindikatoren, solche in den Erythrozyten, Nägeln und Haaren als Langzeitindikatoren angesehen (73–75). Infolge der langen biologischen Halbwertszeit von aus natürlichen Quellen via Nahrung aufgenommenem Selen im Körper bzw. Blutserum scheint die Serum- oder Plasmaseleinkonzentration entgegen den Literaturangaben auch als Langzeitindikator des Selenstatus geeignet zu sein (33). Als Faustregel gilt, dass in einem stationären Zustand eine Änderung der mittleren täglichen Zufuhrmenge von 1 µg «natürlichen» Selen die mittlere Selenkonzentration im Serum oder Plasma eines Kollektivs um 1,5 ng/ml verändert (33).

Vor allem die Untersuchung des Plasmas oder Serums hat sich zur Beurteilung des Selenstatus etabliert. Eine mittlere Blutplasma- oder Serumseleinkonzentration von 85 ng/ml bei Frauen und 100 ng/ml bei Männern wird im allgemeinen als für ein Kollektiv optimal eingestuft, denn sie entspricht etwa der in den USA empfohlenen täglichen Zufuhrmenge (RDA) von 55 bzw. 70 µg. Die im Abschnitt «empfohlene Zufuhr» für Schweizer berechneten empfohlenen täglichen Zufuhrmengen entsprechen einer mittleren Serumseleinkonzentration von schätzungsweise 95 ng/ml für Männer und 80 ng/ml für Frauen. Allerdings lag anfangs der 80er Jahre die mittlere Serumseleinkonzentration der neuseeländischen Bevölkerung bei 45–65 ng/ml, ohne dass deswegen ein vermehrtes Auftreten möglicherweise selenabhängiger Erkrankungen festzustellen war (1).

## Übersicht

Für die schweizerische Bevölkerung liegen über den Selenstatus nur wenige Daten von Anfang und Ende der 80er (31, 32) sowie Anfang der 90er Jahre (33) vor. Diese weisen auf eine ausreichende Selenversorgung hin (Tabelle 3). Dagegen war 1988 nach Vermes (zitiert nach 33) die Selenkonzentration im Plasma von Tessiner Männern und Frauen deutlich niedriger. Dabei handelte es sich um eher ältere Personen. So ist bekannt, dass die Serumseleinkonzentration mit steigendem Alter wohl infolge veränderter Ernährungsgewohnheiten abnimmt (33, 93). Eine Übersicht über neueste, durch das Bundesamt für Gesundheit 1991 initiierte (42) schweizerische Messungen (33) gibt Tabelle 3. Die Serumproben stammten von Blutspendern im Alter von 20 bis 40 Jahren aus verschiedenen Regionen und Städten. Die Medianwerte der Serumseleinkonzentration liegen für beide Geschlechter in den verschiedenen untersuchten Gebieten meistens zwischen 90 und 100 ng/ml. Die gesamtschweizerischen Mittelwerte und Bereiche der Serumseleinkonzentration betragen für Frauen 88 ng/ml ( $n = 243$ , Bereich 44–128 ng/ml) und für Männer 96 ng/ml ( $n = 387$ , Bereich 53–139 ng/ml). Obwohl aus verschiedenen Regionen nur eine sehr beschränkte Probenzahl vorlag, scheinen die Konzentrationswerte jeweils normal verteilt zu sein, was auch für das gesamte Kollektiv zutrifft.

Tabelle 3. Selenkonzentration im Serum gesunder Erwachsener aus verschiedenen Regionen der Schweiz<sup>1</sup>

Region	Jahr	Probanden		M <sup>2</sup>	n	Se-Konz. (ng/ml)		Lit.
		Alter	Geschl.			$\bar{x}$	s	
<i>ältere Untersuchungen</i>								
Thun	1982	40–49	m	P	220	103	13	(31)
Bern	1985	19–46	w	S	10	93	8	(33) <sup>3</sup>
Zürich (Stadt und Umgebung)	1986	20–60	m	"	50	84	15	(32)
"	"	"	w	"	50	96	20	"
"	"	60–100	m <sup>4</sup>	"	38	87	25	"
"	"	"	w <sup>4</sup>	"	65	88	27	"
Tessin	1988	23–95	w	P	104	75	15	(33) <sup>3</sup>
"	1988	20–92	m	"	179	78	15	"
<i>neuere Untersuchungen</i>								
Romandie	1992/	20–40	m	S	88	93	12	(33)
(ohne Kt. GE)	93	"	w	"	81	90	14	"
Genf	"	"	m	"	32	87	15	"
"	"	"	w	"	15	64	14	"
Deutschschweiz <sup>5</sup>	"	"	m	"	137	97	14	"
"	"	"	w	"	75	88	12	"
Zürich (Stadt) <sup>6</sup>	"	20–30	m	"	10	102	8	"
"	"	"	w	"	5	98	11	"
Bern (Stadt)	"	20–40	m	"	25	94	10	"
"	"	"	w	"	9	84	8	"
Tessin	"	"	m	"	72	101	13	"
"	"	"	w	"	44	92	15	"
Romanisch-Bünden	"	"	m	"	58	96	12	"
"	"	"	w	"	28	88	13	"
<i>Schweiz gesamt</i>	"	"	m	"	387	96	13	"
"	"	"	w	"	243	88	14	"

n = Anzahl untersuchter Personen

m = männlich; w = weiblich

$\bar{x}$  = Mittelwert s = Standardabweichung

<sup>1</sup> Diese Tabelle enthält nicht alle Einzeldaten, die im Text diskutiert werden. Für Details siehe Literatur 33.

<sup>2</sup> M = Material, P = Plasma, S = Serum.

<sup>3</sup> zitiert nach Literatur 33.

<sup>4</sup> in Altersheimen lebende Personen mit ausgewogener Ernährung (7,5–8,4 MJ/Tag).

<sup>5</sup> Städte Bern, Zürich und Chur, Bern-Umgebung, Kanton Thurgau, Toggenburg, Sensebezirk, Safien, Avers.

<sup>6</sup> Studenten der ETHZ und Universität Zürich.

Die Probe mit der höchsten Selenkonzentration enthielt 157 ng/ml und wurde nicht in die Statistik aufgenommen, da die betreffende Person zuvor eine Selen-supplementierung erhalten hatte. Dieser Wert ist auch in der statistischen Prüfung auf das Vorliegen einer Normalverteilung als «Ausreisser» identifiziert worden (33). Nicht alle der nachstehend aufgeführten und diskutierten Werte der mittleren Serumseleinkonzentration sind in Tabelle 3 explizit aufgeführt, sind aber in der Originalliteratur enthalten (33).

Die erhaltenen Standardabweichungen sind vergleichbar mit jenen aus anderen Studien (33) (vergleiche auch Tabelle 4). Die Abstände zwischen der tiefsten und der höchsten gemessenen Selenkonzentration scheinen relativ gross zu sein und entsprechen nahezu einem Faktor 3. Der weite Bereich dürfte einerseits die individuellen Verzehrsgewohnheiten (dieses Kollektiv umfasst mit Sicherheit auch Vegetarier) sowie andererseits die unterschiedliche Selenkonzentration der Lebensmittel widerspiegeln.

Auffallend ist der statistisch signifikante Unterschied der Mittelwerte der gesamtschweizerischen Daten zwischen *Männern* und *Frauen* von rund 8 ng/ml, entsprechend einer um etwa 5 µg höheren mittleren täglichen Selenzufuhr der Männer (33). Diese Selenmenge ist schätzungsweise einer mittleren täglichen Mindestzufuhr durch Frauen von  $6 \pm 2$  g Protein oder  $600 \pm 240$  kJ Energie äquivalent (49, 53). Demgegenüber ergab sich in der Studie aus Zürich (1986) für Frauen ein höherer Serumseleinkonzentration als für Männer (32), was möglicherweise einer inhomogenen Altersverteilung des untersuchten Kollektivs zugeschrieben werden kann.

Werden die Messwerte für Männer aus Thun der Jahre 1982 beispielsweise mit jenen der Jahre 1992/93 aus Bern verglichen, ergibt sich eine Abnahme von im Mittel rund 9%. Der Vergleich der Daten aus Zürich von 1986 mit den gesamtschweizerischen von 1992/93 (20–40 Jahre) zeigt für diesen Zeitraum für Frauen eine Abnahme von rund 8% und für Männer dagegen eine Zunahme von rund 14% (Tabelle 3). Unter Berücksichtigung, dass es sich bei diesen Vergleichen jeweils um verschiedene Altersgruppen handelt, deuten die Daten darauf hin, dass sich in den letzten 10–15 Jahren der Selenstatus der Bevölkerung im Mittel nicht wesentlich verändert hat. Andererseits ergaben die Messwerte von Mehl und Broten eine Minderversorgung mit Selen für den Zeitraum von 1983 bis 1996 von im Mittel etwa 10 µg pro Erwachsener. Diese Menge entspricht schätzungsweise einer um etwa 15 ng/ml geringeren mittleren Serumseleinkonzentration. Verglichen mit den gesamtschweizerischen Messwerten an Männern sollte daher für diese um 1992/93 noch eine mittlere Serumkonzentration von rund 80 ng/ml resultieren. Auf dieses Phänomen soll im dritten Teil dieser Studie detaillierter eingegangen werden (2).

### Regionale Unterschiede

Die mittlere Serumseleinkonzentration unterschied sich zwischen den verschiedenen schweizerischen Sprachgruppen zum Teil signifikant. Dies dürfte durch die regional unterschiedlichen Verzehrs-, aber auch Einkaufsgewohnheiten bedingt sein (33, 76).

Tabelle 4. Selenkonzentration im Serum gesunder Erwachsener aus Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien sowie Finnland

Region	Jahr	Probanden		M <sup>1</sup>	n	Se-Konz. (ng/ml)		Lit.
		Alter	Geschl.			$\bar{x}$	s	
Deutschland								
Düsseldorf	1977	20–40	m/w	S	19	102	—	(82)
Giessen	1984	37–70	m/w	"	19	69	—	(83)
Heidelberg	1984	"	m/w	"	23	76	—	—
—	1995	—	Omn. <sup>2</sup>	"	104	74	19	(84)
—	"	—	Olv. <sup>2</sup>	"	42	66	16	"
—	"	—	Veg. <sup>2</sup>	"	10	40	18	"
Stuttgart	1997	22–75	m/w <sup>3</sup>	P	68	63	14	(85)
Österreich								
Steiermark	1992	20–69	m	S	164	67	24	(86)
"	"	"	w	"	327	70	24	"
"	"	70–89	m	"	24	51	25	"
"	"	"	w	"	50	61	24	"
Frankreich								
Paris	1984	37–70	m/w	"	38	82	—	(83)
Grenoble	1984	"	m/w	"	27	79	—	"
Ost	1990	20–59	m/w <sup>4</sup>	"	125	72	11	(87)
Nantes	1997	59–71	m	P	565	86	17	(88)
"	"	"	w	"	787	87	15	"
Italien (Nord)								
Brianza: Desio	1992	25–64	m	P	160	121	27	(79)
"	"	"	w	"	133	116	27	"
Venetien	1993	—	m/w	"	82	65	13	(80)
Venetien: Nove (bei Vicenza)	1994	20–39	m/w	S	26	93	15	(81)
"	40–59	m/w	"	"	26	96	17	"
"	60–75	m/w	"	"	28	86	12	"
"	76–88	m/w	"	"	25	71	15	"
Finnland <sup>5</sup>	1993	—	m/w	S	—	105	—	(60, 89)

n = Anzahl untersuchter Personen

m = männlich; w = weiblich

$\bar{x}$  = Mittelwert; s = Standardabweichung

— = keine Angaben

<sup>1</sup> M = Material, P = Plasma, S = Serum.

<sup>2</sup> Omn. = Omnivore, Olv. = Ovolaktovegetarier, Veg. = Veganer.

<sup>3</sup> Das Kollektiv umfasste 45 Männer und 23 Frauen.

<sup>4</sup> Das Kollektiv umfasste 75 Männer und 50 Frauen.

<sup>5</sup> Nach Einführung der Selenzusätze zu Düngern.

Die für verschiedene Gebiete des Tessins bestimmten Mittelwerte (für beide Geschlechter zusammen) gehörten mit über 95 ng/ml zu den höchsten gemessenen (Ausnahme: Stadt Bellinzona mit 90 ng/ml). Allerdings sollte die Selenkonzentration der Tessiner Bevölkerung noch deutlich höher liegen als jene der übrigen

Schweizer, denn der Pro-Kopf-Konsum von Teigwaren, die, wie erwähnt, wesentlich zur Selenversorgung beitragen können, ist im Tessin mit im Mittel etwa 50 g/Tag nahezu doppelt so hoch wie in der übrigen Schweiz (77, 78). Allein deswegen müsste die mittlere Serumseleinkonzentration der Tessiner Bevölkerung im Mittel um etwa 25 ng/ml über jener der Deutschschweizer Bevölkerung liegen, falls von einer mittleren Selenkonzentration der Teigwaren von 650 ng/g (Tabelle 1, Anmerkung 6) ausgegangen wird. Der Unterschied zwischen diesen beiden Bevölkerungsgruppen beträgt im Mittel aber nur rund 4 ng/ml, weshalb zwischen beiden Kollektiven weitere selenrelevante Ernährungs- und/oder Einkaufsunterschiede bestehen müssen (vergleiche Teil 3 dieser Studie (2)). Demgegenüber liegt die mittlere Selenkonzentration einer norditalienischen Bevölkerung (Brianza) mit 119 ng/ml (79) tatsächlich um etwa diesen Betrag oberhalb jener der deutschschweizerischen (Tabelle 4), wogegen im von der Grenze weiter entfernten Venetien Mittelwerte für beide Geschlechter im Bereich von 67–95 ng/ml gemessen wurden (80, 81).

Ausnahmen mit Mittelwerten für beide Geschlechter zusammen von unterhalb 90 ng/ml bilden die Bewohner der Städte *Genf*, *Martigny* und *Chur* mit 80, 85 und 82 ng/ml sowie jene des *Münstertales* und des *Unterwallis* mit 88 und 86 ng/ml. Frauen der Stadt Genf liegen mit einem Mittelwert von 64 ng/ml deutlich unter allen übrigen Werten<sup>7</sup>. Die niedrigeren Werte der Bewohner der erwähnten Städte könnten dadurch erklärt werden, dass die Bevölkerung einen grossen Teil ihrer Lebensmittel im benachbarten Ausland (Frankreich, Deutschland, Österreich) einkauft oder dort konsumiert. Diese Vermutung wird zwar durch die Daten im nächsten Kapitel teilweise relativiert, aber durch den Vergleich mit der mittleren Serumseleinkonzentration in Frankreich, Deutschland, Österreich und zum Teil in Italien wiederum gestützt. Die Selenkonzentration vergleichbarer Altersgruppen aus Norditalien, die Mittelwerte von 65–93 ng/ml aufweisen, liegt beispielsweise deutlich tiefer als der entsprechende Wert in der Schweiz, ist aber vergleichbar mit solchen aus anderen an die Schweiz angrenzenden Ländern (Tabelle 4).

### *Spezielle Verzehrsgewohnheiten*

Wie im Abschnitt «Übersicht und tägliche Zufuhr» erwähnt, haben Vegetarier in der Regel eine geringere tägliche Selenzufuhr als Omnivore. Dementsprechend zeigen in Deutschland strenge Vegetarier im Vergleich mit jenen von Omnivoren mit im Mittel rund 40 ng/ml nur rund 55% der mittleren Selenkonzentration im Serum (Tabelle 4). Nur in drei Fällen der schweizerischen Serumuntersuchungen waren genauere Informationen über die Ernährungsgewohnheiten verfügbar, die es erlaubten, die betreffenden Personen als «Vegetarierinnen» einzustufen. Diese Frauen zeigten 1992/93 eine Selenkonzentration von 45, 56 und 70 ng/ml, die damit zum Teil höher ist als der minimale Wert aller Frauen (Tabelle 3) und die mit den Daten aus Deutschland gut übereinstimmen (33). Die in der Schweiz und in anderen

<sup>7</sup> Allerdings gehörten zu dieser, an sich schon kleinen Gruppe auch zwei Frauen, die sich «vegetarisch» ernährten. Deren Serumseleinkonzentration (45 und 70 ng/ml) war jedoch mit jener der ganzen Gruppe durchaus vergleichbar.

europeischen Ländern in neuester Zeit infolge veränderter Getreideimporte (keine aus Nordamerika) eingetretene Verschiebung des Selenbeitrages von den Getreideprodukten zum Fleisch wird die Selenversorgung strenger Vegetarier wesentlich stärker beeinträchtigen als jene von Omnivoren. Das gleiche Phänomen wurde auch in anderen Ländern beobachtet (90) und hat vermutlich auch zur Verminderung der mittleren Serumseleinkonzentration von Omnivoren (um etwa 40%) in den letzten 20 Jahren, z. B. in Deutschland, wesentlich beigetragen (Tabelle 4).

### *Neugeborene und Mütter*

Tabelle 5 gibt eine Übersicht der Serumseleinkonzentration von Neugeborenen, Säuglingen, Kindern und Jugendlichen aus Bern und Umgebung (36, 37, 49). Aus den Daten der ersten Zeile geht hervor, dass gesunde *Neugeborene* eine mittlere Serumseleinkonzentration von  $42 \pm 9$  ng/ml aufweisen. Werden die Einzelwerte der Serumseleinkonzentration der Mütter zur Zeit der Geburt (venöses Blut) mit denjenigen der Neugeborenen (Nabelschnurblut) als abhängige Variable korreliert, ergibt sich mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,51$  ( $0,01 < p < 0,05$ ,  $n = 14$ ) ein eher schwacher Zusammenhang.

Die Serumseleinkonzentration der Neugeborenen liegt im Mittel um rund 42% signifikant tiefer ( $p < 0,001$ ) als jene der Mütter zur Zeit der Geburt (siehe Fussnote

*Tabelle 5.* Selenkonzentration im Serum von Neugeborenen, Säuglingen, Kindern und Jugendlichen aus Bern und Umgebung<sup>1</sup>

Alter <sup>2</sup> (Jahre)	<i>n</i>	Selenkonzentration (ng/ml)			
		$\bar{x}$	<i>s</i>	$\tilde{x}$	Bereich
0 <sup>3</sup>	14	42	9 <sup>4</sup>	44	25– 57
0,5–2 (1,0) <sup>5</sup>	10	66	20	68	35–104
2,1–5 (3,5) <sup>5</sup>	5	75	23	67	53–112
5,1–10 (8,0) <sup>5</sup>	19	94	16	95	65–128
10,1–18 (12,3) <sup>5</sup>	14	92	26	92	46–143
0,5–18 (7,3) <sup>6</sup>	56 <sup>7</sup>	85	23	83	35–143

<sup>1</sup> nach Literatur 36, 37 und 49.

<sup>2</sup> in Klammern arithmetischer Mittelwert des Alters.

<sup>3</sup> Serum aus Nabelschnurblut gesunder Neugeborener; mittlere Serumkonzentration im venösen Blut der entsprechenden Mütter zur Zeit der Geburt:  $73 \pm 13$  ng/ml ( $n = 14$ , Median 72 ng/ml, Bereich 56–103 ng/ml).

<sup>4</sup> Standardabweichung ist von jener der Mütter nicht signifikant verschieden ( $F = 2,08$ ,  $F(95) = 2,50$ ).

<sup>5</sup> Proben von Patienten, die wegen gastrointestinale Störungen im Spital untersucht wurden; sie stammen aus dem Jahre 1994. Für die Neugeborenen ist uns das Datum der Probenahme nicht genau bekannt, fest steht nur 1994 oder früher.

<sup>6</sup> für  $n = 48$ , ohne Neugeborene.

<sup>7</sup> eingeschlossen acht Proben ohne Altersangaben, aber ohne Neugeborene.

3 in Tabelle 5). In drei analogen Untersuchungen aus den USA, Belgien (91) und Dänemark (92) wurden bei den Neugeborenen ebenfalls um 25 (91) bis 30% (92) geringere Plasma- bzw. Serumseleinkonzentration als bei den Müttern gemessen, in zwei anderen Studien (betreffend Neuseeland und Finnland) zeigte sich hingegen kein Unterschied (91).

Beim Vergleich der mittleren Serumseleinkonzentration aller *Mütter* von  $73 \pm 13$  ng/ml (Fussnote 3 in Tabelle 5) mit jenen von Frauen aus der deutschen Schweiz von  $88 \pm 14$  ng/ml (Tabelle 3) ergibt sich ein signifikanter Minderbefund der Mütter zur Zeit der Geburt von im Mittel rund 20% ( $0,0001 < p < 0,001$ ). Die Ergebnisse von Studien aus verschiedenen Ländern bestätigen, dass im Laufe der Schwangerschaft die Plasmaseleinkonzentration, möglicherweise bedingt durch hormonelle Faktoren (93), abnimmt. Diese Abnahme liegt bis zum Geburtstermin im Bereich von 17–45%, im Mittel von fünf Studien in guter Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen bei etwa 30% (91, 94). Andererseits weisen Neugeborene, insbesondere in der Leber, einen Selenvorrat auf (93, 95), wodurch sich der reduzierte Selenstatus der Mütter am Ende der Schwangerschaft deuten lässt. So zeigten Mütter, die während der Schwangerschaft mit Mineralstoffen (abgesehen von Eisen) supplementiert wurden, bei der Geburt im Mittel eine um rund 30% höhere Serumseleinkonzentration als solche ohne Supplemente (92). Dies kann als Hinweis gewertet werden, dass während der Schwangerschaft neben Eisen und Vitaminen auch der Bedarf an Selen ansteigt und somit entsprechende Supplemente empfehlenswert sein können. Die amerikanischen Empfehlungen (44) geben für schwangere und laktierende Frauen einen Mehrbedarf von 10 bzw. 20 µg/Tag an, für europäische Verhältnisse wird dagegen eine Supplementierung im Bereich von 25 bis 50 µg/Tag empfohlen (93).

### *Säuglinge, Kinder und Jugendliche*

Daten zur Serumseleinkonzentration von Säuglingen, Kindern und Jugendlichen sind ebenfalls in Tabelle 5 enthalten. Die entsprechenden Proben stammen von Patienten, die zwecks Abklärung von Verdauungsbeschwerden unbekannter Ursache ein Spital aufsuchten. Von fünf dieser Patienten war bekannt, dass sie unter Zöliakie litten und daher bereits eine glutenfreie Diät (u. a. keine Weizenprodukte) erhielten. Da sich ihre mittlere Serumseleinkonzentration mit 79 ng/ml (Bereich 46–105 ng/ml) nicht wie erwartet von jener der übrigen Patienten von rund 85 ng/ml (Bereich 35–143 ng/ml) unterschied, wurden die entsprechenden Daten zusammengefasst.

Die statistische Analyse der Messergebnisse zeigte, dass die Konzentrationswerte innerhalb der aufgeführten Altersgruppen jeweils annähernd einer Normalverteilung folgen und die Varianzanalyse mit den Faktoren Alter und Geschlecht nur für das Alter (als stetige Variable) einen signifikanten Einfluss auf die Serumseleinkonzentration anzeigt ( $p < 0,001$ ), nicht jedoch für das Geschlecht ( $p = 0,16$ ). Wie früher gezeigt, ergab sich bei Erwachsenen das umgekehrte Ergebnis (33). Dies erklärt sich dadurch, dass das entsprechende Kollektiv nur Personen der Alters-

klasse 20–40 Jahre umfasste, in welcher die Serumseleinkonzentration weitgehend altersunabhängig ist (33). In der Folge wurden die in Tabelle 5 aufgeführten Altersklassen gebildet.

Die Serumseleinkonzentration erhöht sich mit *steigendem Alter* und erreicht bei Kindern ab etwa 8 Jahren mit einer Konzentration von  $94 \pm 16$  ng/ml ungefähr jene von Erwachsenen von rund  $91 \pm 10$  ng/ml (Stadt Bern, Tabelle 3). Das gleiche Verhalten zeigen Messungen aus Stuttgart (85), wobei im Mittel die Selenkonzentration von  $27 \pm 9$  ng/ml ( $n = 13$ , 0 bis < 0,5 Jahre) über  $53 \pm 21$  ng/ml ( $n = 38$ , 1 bis < 4 Jahre) auf  $68 \pm 31$  ng/ml ( $n = 19$ , 4 bis < 6 Jahre) ansteigt, um mit  $72 \pm 24$  ng/ml ( $n = 63$ , 6 bis < 18 Jahre) etwa jener von Erwachsenen mit  $63 \pm 14$  ng/ml ( $n = 68$ , 22–75 Jahre) bis  $74 \pm 19$  ng/ml (84) zu gleichen (Tabelle 4). Entsprechend der im Vergleich zur Schweiz geringeren Selenversorgung in Deutschland ist die Serumkonzentration im allgemeinen um 20–30% tiefer als in unseren Messungen.

Die vorliegenden Messergebnisse an Serumproben von Säuglingen, Kindern und Jugendlichen aus dem Jahr 1994 (Tabelle 5) stimmen sehr gut mit den Daten Erwachsener aus den Jahren 1992/93 überein (Tabelle 3). Ebenso existiert eine gute Übereinstimmung der Selenkonzentration der Mütter und ihrer Neugeborenen, falls die Literaturdaten berücksichtigt werden. Da es sich bei den Kindern und Jugendlichen um Patienten handelte, muss allerdings bezüglich ihrer Repräsentativität für diese Bevölkerungskollektive ein Vorbehalt angebracht werden. Hinweise auf einen ungenügenden Selenstatus von Neugeborenen, Säuglingen, Kindern und Jugendlichen ergeben sich hingegen keine.

## Vergleich mit den Nachbarländern

### Serum und Zehennägel

In Tabelle 4 ist die Plasma-/Serumseleinkonzentration aus Deutschland (82–85), Österreich (86), Frankreich (87, 88), Italien (79–81) sowie als Extremfall Finnland (60, 89) zusammengestellt. Im Vergleich zur Schweiz ist die mittlere Selenkonzentration im Serum der Bewohner von Frankreich, Deutschland, Österreich und teilweise Italien um etwa 20 ng/ml geringer. Dies entspricht schätzungsweise einer um 10–15 µg geringeren mittleren täglichen Zufuhr und wird durch die in Tabelle 6 enthaltenen Zufuhrdaten dieser Länder bestätigt.

Dass die mittlere Selenversorgung in der Schweiz um 1991/1992 höher war als in anderen Gegenden Europas, geht auch aus Untersuchungen der Selenkonzentration von *Zehennägeln* hervor. Die entsprechenden Medianwerte für Männer (mittleres Alter: 55 Jahre) aus Zürich lagen mit 0,55–0,61 µg/g um rund 5–35% über jenen aus Berlin, Zeist (NL), Granada, Malaga und Edinburgh (96). Gemäß einer empirischen Beziehung entspricht die Selenkonzentration der Zehennägel einer mittleren täglichen Zufuhrmenge von 76 bis 84 µg, falls für die Probanden eine mittlere Körpermasse von 70 kg und eine tägliche Energiezufuhr von 9500 kJ

angenommen wird (2, 75). Der entsprechende Mittelwert von 80 µg/Tag/Mann stimmt gut mit jenem aus der Analyse der Tagesrationen (ohne vegetarische Daten) von 77 µg/Tag/Mann aus dem Jahre 1983 überein. Dies kann ebenfalls als Hinweis gedeutet werden, dass sich die Selenversorgung in dieser Zeit kaum verändert hat (vergleiche Abschnitt Übersicht unter Konzentration im Serum oder Plasma Erwachsener).

### *Lebensmittel*

Zu Vergleichszwecken und im Hinblick auf die Diskussion der Auswirkungen des sogenannten «Auslandeinkaufstourismus» auf die Selenversorgung der Schweiz (2) sind in Tabelle 6 die verfügbaren Daten über die ungefähre mittlere Selenkonzentration von Grundnahrungsmitteln aus Deutschland (62, 97), Österreich (98, 99) und Frankreich (100–102) sowie als Vergleich Finnland (60, 103), welches selenangereicherte Dünger verwendet, jenen aus der Schweiz (30, 35, 39) gegenübergestellt. Die Daten für Finnland stammen aus den Jahren 1992 und 1994, vor und nach dem Zeitpunkt, an dem dort die Selendüngung konzentrationsmäßig angepasst worden war, und dienen als Beispiel für ein Land, das versucht, die Selenversorgung seiner Bevölkerung zu steuern. In Belgien zeigten Duplikatstudien eine Selenzufuhr zwischen 28 und 61 µg/Tag (104). Aus Grossbritannien liegen Daten von Total-Diet-Studien vor, die für 1994 eine Selenzufuhr von 43 µg/Tag und für 1995 von 29–39 µg/Tag zeigen (105), während für 1985 noch eine Zufuhr von 63 µg/Tag ermittelt wurde (106). Diese Abnahme wird durch die verminderten Importe von nordamerikanischem Weizen erklärt.

Die in schweizerischen Lebensmitteln vorliegende Selenkonzentration unterscheidet sich im Vergleich zu jenen aus den angrenzenden Ländern, mit Ausnahme der Teigwaren schweizerischer Produktion sowie Mehl/Brot, kaum grundlegend voneinander. Käse, Hühnerfleisch und Eier aus Frankreich zeigen zwar im Vergleich zu Deutschland und der Schweiz eine deutlich tiefere Selenkonzentration. Werden allerdings die Verhältnisse der Selenkonzentration von Käse zu Milch mit jenen der anderen Länder verglichen, scheinen gewisse Zweifel an der Korrektheit des für französischen Käse aufgeführten Wertes angebracht. Eigene Messungen deuten darauf hin, dass in Frankreich die Selenkonzentration in Milchprodukten tatsächlich deutlich tiefer ist als in solchen schweizerischer Herkunft (Tabelle 1). Ebenso sind die Verhältnisse der Selenkonzentration von Eiern zu Hühnerfleisch für die Schweiz und für Deutschland miteinander vergleichbar, nicht aber mit jenen für Frankreich. Die Selenkonzentration in Pouletfleisch scheint in diesem Land etwa dreimal geringer zu sein als in der Schweiz und Deutschland.

Die geschätzten mittleren täglichen Zufuhrmengen Erwachsener liegen in den benachbarten Ländern mit etwa 20% deutlich tiefer als in der Schweiz (Tabelle 6). Der Unterschied von durchschnittlich 10–15 µg Selen pro Tag lässt sich beispielsweise durch den täglichen Verzehr von im Mittel rund 15 g Teigwaren schweizerischer Produktion (aus Weizen nordamerikanischer Herkunft) leicht erklären.

*Tabelle 6.* Ungefähr mittlere Selenkonzentration von Grundnahrungsmitteln aus Deutschland, Österreich, Frankreich und Finnland im Vergleich zur Schweiz und geschätzte mittlere tägliche Zufuhr Erwachsener (Duplikate, Warenkorb)<sup>1</sup>

Lebensmittel	Einheit <sup>2</sup>	Schweiz (30, 35, 39) <sup>3</sup>	Deutschland (62, 97) <sup>3</sup>	Österreich (98, 99) <sup>3</sup>	Frankreich (100–102) <sup>3</sup>	Finnland (60, 103) <sup>3</sup>
Mehl, Brot	ng/g	80	25	35	80	160 100
Kartoffeln	ng/g	–	25	–	30	60 –
Teigwaren	ng/g	650 <sup>4</sup>	50	–	120	– –
Milch	ng/g	100	60	–	110	150 130
Käse	ng/g	120	90	–	30	290 250
Eier	ng/g	940	750	–	530	990 890
Fleisch:						
– Schwein	ng/g	380	390	570	360	770 640
– Rind	ng/g	270	210	220	360	490 420
– Kalb	ng/g	230	–	–	220	– –
– Huhn	ng/g	680	780	–	250	– –
Mittlere Zufuhr Erwachsener	µg/Tag	55–70	40–60	35–50	40–60	90 80

– = keine Angaben vorhanden

<sup>1</sup> Die ausländischen Daten stammen aus den Jahren 1987–91, jene für die Schweiz aus den Jahren 1993/97 (für Mehl, Brot 1995/96), beziehungsweise für Finnland aus den Jahren 1992 und 1994 (1992 = Spalte 1, 1994 = Spalte 2).

<sup>2</sup> Konzentrationsangaben beziehen sich auf die Trockenmasse.

<sup>3</sup> verwendete Literatur.

<sup>4</sup> mit den Anteilen an importierten (25%) und solchen einheimischer Produktion (75%) gewichtet, Konzentration gemäss Tabelle 1 (Anmerkung 6).

## Schlussfolgerung

Obwohl die natürlichen Umweltbedingungen in der Schweiz für eine ausreichende Selen-(und Iod-)Versorgung ungünstig sind, kann aufgrund der vorliegenden Daten die Selenversorgung der schweizerischen Bevölkerung, möglicherweise ausgenommen jene von Gruppen mit speziellen Ernährungsgewohnheiten, z. B. strenge Vegetarier, als ausreichend bezeichnet werden. Sie ist im Mittel etwas höher als in den angrenzenden Ländern, ausgenommen Norditalien in der Gegend der schweizerischen Grenze.

Die heute ins Gewicht fallenden Beiträge zur Selenversorgung stellen Lebensmittel tierischer Herkunft und Produkte auf Weizenbasis dar. Das in Lebensmitteln tierischer Herkunft enthaltene Selen stammt wohl grösstenteils aus der Verwendung von Selenit als Futterzusatz und jenes in Weizenprodukten aus nordamerikanischem selenreichem Weizen, der insbesondere in der Teigwarenproduktion und als Zusatz zu Brotgetreide zwecks Verbesserung der Backqualität Verwendung findet. Dieser letztere Beitrag ist für die Zukunft aus verschiedenen Gründen nicht gesichert.

Weder der Vergleich der mittleren Serumseleinkonzentration aus den Jahren 1982 und 1986 mit neueren Daten noch die Untersuchungen der Zehennägel geben Hinweise, dass sich der Selenstatus der Bevölkerung in den letzten 10–15 Jahren infolge der seit etwa 1983 sukzessiv verminderten Importe von selenreichem Weizen aus Nordamerika als Zusatz zum Brotgetreide deutlich geändert hätte. Vermutlich wurde die entsprechende Selenminderversorgung durch die in dieser Zeitperiode offenbar erhöhte Selenkonzentration in Lebensmitteln tierischer Herkunft infolge erhöhten und häufigeren Selenzusätzen zu Futtermitteln kompensiert. Demgegenüber ergeben die Serumseleinkonzentrationen aus Deutschland und Total-Diet-Studien aus Grossbritannien Hinweise, dass die Selenversorgung im Zeitraum zwischen Ende der 70er Jahre und heute deutlich abgenommen hat. Auf eine Diskussion der verschiedenen Faktoren, welche die Selenversorgung der schweizerischen Bevölkerung potentiell beeinflussen können, wird im dritten Teil dieser Studie eingegangen (2).

## Dank

Frau *K. Dufossé* und Frau *A. Mompart*, Sektion Lebensmittelchemie und -analytik, Bundesamt für Gesundheit, danken wir für die gewissenhafte Durchführung der Selenmessungen in Lebensmitteln tierischer Herkunft, den Mahlfraktionen sowie den Humanserumproben. Herrn Dr. *M. Rychener*, Bundesamt für Landwirtschaft, verdanken wir die Mahlversuche. Herrn Prof. Dr. *E.E. Sterchi*, Institut für Biochemie und Molekularbiologie, Universität Bern, danken wir für seine Initiative zur Beschaffung der Kinderserumproben und Frau *K. Luginbühl*, Gastroenterologisches Laboratorium, Medizinische Kinderklinik des Inselspitals Bern, für ihre wertvolle Hilfe bei der Aufbereitung der entsprechenden Proben. Herrn Dr. *A. Malek*, Leiter des Placentaforschungslabors der Universitäts-Frauenklinik, Bern, danken wir bestens für die zur Verfügung gestellten Serumproben Neugeborener und ihrer Mütter. Für sein stetes Interesse und die Unterstützung dieser, im Hinblick auf die Heraus-

gabe des Vierten Schweizerischen Ernährungsberichts verfassten Arbeit danken wir Herrn Dr. H. Schwab, Chef der Abteilung Lebensmittelwissenschaft, Bundesamt für Gesundheit.

### Zusammenfassung

Eingehende Lebensmittel- und Blutserumuntersuchungen verschiedener Kollektive (Erwachsene, Neugeborene, Säuglinge, Kinder und Jugendliche) haben gezeigt, dass trotz der ungünstigen Umweltbedingungen in der Schweiz die Mehrheit der schweizerischen Bevölkerung derzeit ausreichend mit Selen versorgt ist. Ausgenommen sind möglicherweise Gruppen mit speziellen Verzehrsgewohnheiten (z. B. «strenge Vegetarier»). Es scheint, dass sich die Selenversorgung in den letzten 10–15 Jahren kaum wesentlich geändert hat und dass sie höher ist als in den angrenzenden Ländern. Die Hauptquellen für Selen sind Fleisch, Milch und Eier von Nutztieren, die Selensupplemente erhalten haben, Fisch sowie selenreicher nordamerikanischer Weizen für die Teigwaren- und Brotherstellung. Eine Diskussion verschiedener Einflüsse wie Verzehrsgewohnheiten und Herkunft der Lebensmittel auf die Selenversorgung der schweizerischen Bevölkerung wird im dritten Teil dieser Studie gegeben.

### Résumé

L'étude approfondie de denrées alimentaires et du plasma sanguin de divers groupes de la population (adultes, nouveau-nés, nourrissons, enfants et adolescents) démontre qu'en Suisse les niveaux d'apports en sélénium sont suffisants, ceci pour une majorité de la population et malgré des conditions environnementales défavorables. Il est toutefois possible que l'apport en sélénium soit insuffisant pour les consommateurs respectant par exemple un régime alimentaire végétarien. Il semblerait que l'apport en sélénium soit plus élevé que dans les pays limitrophes et qu'il n'ait guère changé les dernières 10–15 années. Le sélénium se trouve surtout dans la viande, le lait et les œufs d'animaux domestiques ayant reçu un supplément de sélénium, les poissons ainsi que dans le froment (blé et blé dur) de provenance nord-américaine pour la fabrication de pâtes alimentaires et de pain. Dans la troisième partie de cette étude, une discussion suivra concernant l'influence des habitudes culinaires et la provenance des denrées alimentaires sur les niveaux d'apports en sélénium de la population suisse.

### Summary

The assessment of the overall selenium status in Switzerland is based on data on selenium concentrations in human blood serum taken from various collective groups, i.e. adults, newborns, infants, children and adolescents, and from food samples. It is concluded that despite the unfavourable environmental conditions in Switzerland the majority of the population is still amply provided with selenium, except, possibly those groups of people with specific dietary habits (e.g. «strict» vegetarians) who might have a «borderline» selenium-status. It appears that during the past 10–15 years the selenium supply has probably been mostly unchanged and that it is higher than in neighbouring countries. The main sources of selenium are meat, milk and eggs from domestic animals which received selenium supplements, fish, as well as selenium-rich wheat imported chiefly from Northern America; i.e. soft wheat to ameliorate the baking quality of our domestic bread-flour, and hard wheat to manufacture

pasta. A discussion on how consumption habits and origin of food imports might influence the Swiss selenium status will follow in part 3 of this study.

**Anhang Ergebnisse eines Mahlversuches von zwei Weichweizenmustern: Konzentrationen von Selen und anderen Elementen in verschiedenen Mahlfraktionen<sup>1</sup>**

Fraktion	Ausbeute (%)	Asche (mg/g)	N <sup>2</sup> (mg/g)	Se (ng/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Cd (ng/g)	Pb (ng/g)
<i>Western Red Spring:</i>								
Weizenkorn, ganz	= 100	17,4	24,30	700	4,2	33	42	27
Mehl, Typ 550	67,6	6,9	24,19	700	2,0	14	33	21
Nachmehl	11,8	20,1	27,89	810	5,8	50	78	244
Griesskleie/Keimlinge	7,0	51,4	26,77	910	16,9	132	155	89
Kleie	11,0	67,2	27,56	1080	11,0	126	99	102
Bilanz	97,4	15,8	24,55	751	4,5	38	53	60
<i>Inlandweizen</i>								
Weizenkorn, ganz	= 100	17,4	21,03	32	5,0	33	57	25
Mehl, Typ 550	67,5	6,2	19,72	20	2,1	11	35	22
Nachmehl	12,3	17,7	23,83	24	6,8	52	98	118
Griesskleie/Keimlinge	6,7	50,6	25,76	25	17,2	132	170	51
Kleie	11,1	73,3	27,30	31	14,6	108	122	79
Bilanz	97,6	17,9	20,99	22	5,0	34	60	41

<sup>1</sup> Der Mahlversuch und die Bestimmung des Aschegehaltes wurden vom Bundesamt für Landwirtschaft durchgeführt. Die Mahlfraktionen wurden von der Sektion Lebensmittelchemie und -analytik des Bundesamtes für Gesundheit mit HNO<sub>3</sub> (65%) im Hochdruckverascher mineralisiert (90 min, 260 °C) und mittels ICP-MS-Übersichtsanalyse gemessen; zur analytischen Qualitätssicherung wurde «Wheat Flour» NIST 1567 eingesetzt und eine gute Übereinstimmung mit den zertifizierten Werten erhalten. Für die Abbildung 1 wurden die Daten für Blei sowie jene für Selen des Inlandweizens infolge der geringen Konzentrationen, den dadurch erhöhten Messfehlern und den allfälligen Kontaminationen bei Blei nicht berücksichtigt. Dieser Aspekt widerspiegelt sich auch in den berechneten Bilanzen.

<sup>2</sup> Stickstoff, bestimmt nach Kjeldahl.

### Literatur

1. Zimmerli, B., Haldimann, M. und Sieber, R.: Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung. 1. Biologische Wirkungen, Bedarf und Toxizität von Selen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 88, 732–754 (1997).
2. Zimmerli, B., Haldimann, M. und Sieber, R.: Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung. 3. Veränderungen und deren Ursache. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 89 (1998), im Druck.
3. Mathis, A.: Zur Selenversorgung des Rindviehs in der Schweiz: Untersuchungen auf Ammen- und Mutterkuhbetrieben. Diss. Universität Zürich (1982).

4. *Mathis, A., Horber, H. und Jucker, H.*: Zur Selenversorgung des Rindviehs in der Schweiz: Untersuchungen in Ammen- und Mutterkuhbetrieben. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* **125**, 317–328 (1983).
5. *Stünzi, H.*: Selenmangel? Untersuchungen zum Selenstatus des Wiesenfutters. *Landwirtschaft Schweiz* **2**, 437–441 (1989).
6. *Dvorak, V., Scehovic, J. et Bovet, F.H.*: Troubles de la fertilité chez les bovins et teneurs en sélénium des fourrages. *Revue suisse Agric.* **13**, 103–109 (1981).
7. *Fleischer, D.C.*: Selen- und Vitamin-E-Gehalt im Blutserum von Kühen mit unterschiedlicher Fruchtbarkeit. *Diss. Universität Zürich* (1987).
8. *Braun, U., Forrer, R., Fürer, W. and Lutz, H.*: Selenium and vitamin E in blood sera of cows from farms with increased incidence of disease. *Vet. Rec.* **128**, 543–547 (1991).
9. *Kessler, J.*: Selenmangel beim Wiederkäuer: Eine Übersicht über mögliche Vorbeugemassnahmen. *Landwirtschaft Schweiz* **5**, 555–560 (1992).
10. *Kessler, J., Wanner, M., Gubler, D. und Schneeberger, H.*: Einfluss einer parenteralen Vitamin E/Selen-Applikation auf den Vitamin E/Selen-Status der Ziege und des Ziegenlammes. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* **56**, 41–51 (1986).
11. *Kessler, J. und Lanz, C.*: Selenreiche Hefen in der Wiederkäuerfütterung. *Agrarforschung* **2**, 95–98 (1995).
12. *Stocke, H., Zahner, M., Lutz, H. und Forrer, R.*: Selen im Serum von gesunden und kranken Kälbern. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* **135**, 111–116 (1993).
13. *Kessler, J., Friesecke, H. und Kunz, P.*: Selen-Vitamin E: Versorgung der Milchkuh während der Winterfütterung. *Landwirtschaft Schweiz* **4**, 607–611 (1991).
14. *Sieber, R. und Kessler, J.*: Was bringt der Milchwirtschaft eine Selensupplementierung der Düng- und Futtermittel? *Schweiz. Milchw. Forsch.* **18**, 28–35 (1989).
15. *Boltshauser, M. und Kessler, J.*: Verwertung von Selen unterschiedlicher Herkunft durch den Wiederkäuer. *Landwirtschaft Schweiz* **3**, 59–63 (1990).
16. *Kessler, J.*: Selen und Vitamin E in der Schaffütterung. *Kleinviehzüchter* **35**, 1123–1126 (1987).
17. *Quinche, J.-P. et Dvorak, V.*: Les teneurs en sélénium de quelques espèces végétales récoltées en Suisse romande. *Revue suisse Agric.* **13**, 67–72 (1981).
18. *Quinche, J.-P.*: Utilisation de la dent-de-lion (*Taraxacum officinale*) comme bioindicateur de sélénium en Suisse romande et au Tessin. *Revue suisse Agric.* **20**, 229–232 (1988).
19. *Quinche, J.-P.*: Teneurs en quelques macro- et oligo-éléments des grains des variétés de blé d'automne Arina et Zénith. *Schweiz. Landw. Forsch.* **29**, 169–176 (1990).
20. *Quinche, J.-P.*: Le sélénium des blés cultivés en Suisse romande et au Tessin. *Revue suisse Agric.* **26**, 109–113 (1994).
21. *Stünzi, H.*: Spurenelemente in Wiesenpflanzen. *Agrarforschung* **5**, 69–72 (1998).
22. *Quinche, J.-P.*: L'Agaricus bitorquis, un champignon accumulateur de mercure, de sélénium et de cuivre. *Revue suisse Agric.* **11**, 189–192 (1979).
23. *Quinche, J.-P.*: Les teneurs en sélénium de 95 espèces de champignons supérieurs et de quelques terres. *Schweiz. Landw. Forsch.* **22**, 137–144 (1983).
24. *Stünzi, H.*: Applikation von Selen auf Dauerwiesen. 1. Wirkung von Selenit und Selenat auf verschiedene Pflanzenarten im Langzeitversuch. *Schweiz. Landw. Forsch.* **27**, 191–201 (1988).
25. *Stünzi, H.*: 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 (1989).

26. Stünzi, H.: Aufschluss von Pflanzenproben für die Bestimmung von Selen und Arsen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 79, 99–111 (1988).
27. Erard, M., Miserez, A. et Zimmerli, B.: Exposition des nourrissons au plomb, cadmium, zinc et sélénium de provenance alimentaire. Trav. chim. aliment. hyg. 73, 394–411 (1982).
28. 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, p. 169–178. W. de Gruyter, Berlin, New York 1987.
29. Zimmerli, B. and Wyttenbach, A.: Selenium intake of the Swiss population. Preliminary results. In: Nève, J. and Favier, A. (eds.), Selenium in medicine and biology. Proc. 2nd Int. Congress on trace elements in medicine and biology, p. 11–14. W. de Gruyter, Berlin, New York 1989.
30. Zimmerli, B., Tobler, L., Bajo, S., Wyttenbach, A., Haldimann, M. und Sieber, R.: Untersuchungen von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. VII. Essentielle Spurenelemente: Iod und Selen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 86, 226–265 (1995).
31. Gey, K.F.: On the antioxidant hypothesis with regard to arteriosclerosis. Bibl. Nutr. Diet. 37, 53–91 (1986) und persönliche Mitteilungen, August 1993, zitiert nach (33).
32. Forrer, R., Gautschi, K. and 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. Hlth. Dis. 5, 101–113 (1991) und persönliche Mitteilungen zur Geschlechtsabhängigkeit, Januar 1994.
33. Haldimann, M., Venner, T.Y. and Zimmerli, B.: Determination of selenium in the serum of healthy Swiss adults and correlation to dietary intake. J. Trace Elem. Med. Biol. 10, 31–45 (1996).
34. Haldimann, M., Bajo, C., Haller, T., Venner, T. und Zimmerli, B.: Vorkommen von Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber und Selen in Zuchtpilzen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 86, 463–484 (1996).
35. Haldimann, M., Dufossé, K. und Zimmerli, B.: Vorkommen von Selen in schweizerischen Cerealien. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 87, 267–295 (1996).
36. Anonym: Tätigkeitsbericht der Facheinheit Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände des Bundesamtes für Gesundheit 1994. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 86, 345–346 (1995).
37. Anonym: Tätigkeitsbericht der Facheinheit Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände des Bundesamtes für Gesundheit 1995. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 87, 395 (1996).
38. Anonym: Tätigkeitsbericht der Facheinheit Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände des Bundesamtes für Gesundheit 1996. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 88, 373 (1997).
39. Haldimann, M., Dufossé, K., Mompart, A. und Zimmerli, B.: Vorkommen von Selen in schweizerischen Lebensmitteln tierischer Herkunft. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., in Vorbereitung.
40. 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. (Hrsg.), Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, p. 81–88. H. Huber, Bern, Stuttgart, Wien 1984.
41. 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, p. 70–78. Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern 1991.
42. Anonym: Zur Selenversorgung der Bevölkerung. Bulletin des BAG, Nr. 11, 160–163 (1991).

43. Anonym: Selenversorgung der Bevölkerung in der Schweiz. Besser als im Ausland, aber vom Ausland abhängig. Bulletin des BAG, Nr. 42, 7–8 (1995).
44. National Research Council: Recommended Dietary Allowances, 10th edition, p. 217–224. National Academy of Science, Washington, DC 1989.
45. Hartmann, G.: Adipositas. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H.-R., Ritzel, G. und Stransky, M.: Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 308–320. Verlag H. Huber, Bern, 1984.
46. Schutz, Y. et Jéquier, E.: L'obésité. In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R. (Hrsg.). Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 384–397. Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern 1991.
47. Varo, P., Nuurtamo, M. and Koivisto, P.: Selenium content of nonfat dry milk in various countries. *J. Dairy Sci.* **67**, 2071–2074 (1984).
48. Anonym: Jahresbericht SwissPasta für das Jahr 1996. Vereinigung der schweizerischen Teigwarenindustrie, Bern 1997.
49. Zimmerli, B. und Haldimann, M.: unveröffentlichte Resultate.
50. 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).
51. Anonym: Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung 1996. 73. Jahressheft und frühere Jahresshefte. Sekretariat des Schweizerischen Bauernverbandes, Brugg 1997.
52. Erard, M., Dick, R. und Zimmerli, B.: Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **77**, 88–130 (1986).
53. 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).
54. WHO: Selenium. Environmental Health Criteria 58. World Health Organization, Geneva 1987.
55. Hammel, C., Kyriakopoulos, A., Behne, D., Gawlik, D. and Brätter, P.: Protein-bound selenium in the seeds of Coco de Mono (*Lecythis ollaria*). *J. Trace Elem. Med. Biol.* **10**, 96–102 (1996).
56. van Dael, P., Vlaemynck, G., van Renterghem, R. and Deelstra, H.: Selenium content of cow's milk and its distribution in protein fractions. *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch.* **192**, 422–426 (1991).
57. Jacobs, K., Shen, L., Benemariya, H. and Deelstra, H.: Selenium distribution in egg white proteins. *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch.* **196**, 236–238 (1993).
58. Binder-Schäi, S., Eichholzer, M. und Tanner, J.: Vollwert-Ernährung und Vegetarismus in der Schweiz. In: Keller, U., Lüthy, J., Amadò, R., Battaglia-Richi, E., Battaglia, R., Casabianca, A., Eichholzer, M., Rickenbach, M. und Sieber, R. (Ed.), Vierter Schweizerischer Ernährungsbericht (1998) (im Druck).
59. Roekens, E.J., Robberecht, H.J. and Deelstra, H.A.: Dietary selenium intake in Belgium for different population groups at risk for deficiency. *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch.* **182**, 8–13 (1986).
60. Froslie, A. (ed.): Problems on selenium in animal nutrition. *Norw. J. Agric. Sci. Suppl.* No. 11, 1993.
61. Kessler, J.: Eidg. Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux: persönliche Mitteilung, 1996.

62. Brüggemann, J.: Gehalte an den Spurenelementen Arsen, Nickel, Selen und Zink in Getreide und Getreideprodukten. In: Ocker, H.D. (Hrsg.), Rückstände und Kontaminanten in Getreide und Getreideprodukten, 43–65. Behr's, Hamburg 1992.
63. Brüggemann, J. und Ocker, H.D.: Selengehalte in inländischem Brotgetreide. Getreide, Mehl und Brot **44**, 3–8 (1990).
64. Olson, O.E., Novacek, E.J., Whitehead, E.I. and Palmer, I.S.: Investigations on selenium in wheat. Phytochem. **9**, 1181–1188 (1970).
65. Iskander, F.Y., Morad, M.M., Klein, D.E. and Bauer, T.L.: Determination of protein and 11 elements in six milling fractions of two wheat varieties. Cereal Chem. **64**, 285–287 (1987).
66. Ferretti, R.J. and Levander, O.A.: Effect of milling and processing on the selenium content of grains and cereal products. J. Agric. Food Chem. **22**, 1049–1051 (1974).
67. Barclay, M.N.I., McPherson, A. and Dixon, J.: Selenium content of a range of UK foods. J. Food Composit. Analysis **8**, 307–318 (1995).
68. Barclay, M.N.I. and MacPherson, A.: Selenium content of wheat for bread making in Scotland and the relationship between glutathione peroxidase (EC 1.11.1.9) levels in whole blood and bread consumption. Brit. J. Nutr. **68**, 261–270 (1992).
69. Knutti, R., Andrey, D., Beuggert, H., Erard, M., Guggisberg, H., Wirz, E. und Zimmerli, B.: Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». III. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Mahlprodukten (Mehl und Kleie). Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **80**, 363–386 (1989).
70. Erard, M., Haldimann, M. und Zimmerli, B.: Selenbestimmung in Getreide und Getreideprodukten mittels Graphitrohrofen-Technik und Zeeman-Effekt-Untergrundkorrektur. In: Welz, B. (Hrsg.), 5. Colloquium Atomspektrometrische Spurenanalytik. Bodenseewerk Perkin-Elmer, Überlingen, p. 789–798, 1989.
71. Hack, A. und Brüggemann, J.: Selengehalte in argentinischen Weizenproben. Getreide, Mehl und Brot **50**, 195–196 (1996).
72. Al Saleh, I.A. and Al Doush, I.: Selenium levels in wheat grains grown in Saudi Arabia. Bull. Environm. Contam. Toxicol. **59**, 590–594 (1997).
73. Nève, J.: Methods in determination of selenium status. J. Trace Elem. Electrol. Hlth. Dis. **5**, 1–17 (1991).
74. Alftan, G. and Nève, J.: Reference values for serum selenium in various areas – evaluated according to the TRACY protocol. J. Trace Elem. Med. Biol. **10**, 77–87 (1996).
75. Longnecker, M.P., Stram, D.O., Taylor, P.R., Levander, O.A., Howe, M., Veillon, C.M., Mc Adam, P.A., Patterson, K.Y., Holden, J.M., Morris, J.S., Swanson, C.A. and Willett, W.C.: Use of selenium concentration in whole blood, serum, toenails, or urine as a surrogate measure of selenium intake. Epidemiology **7**, 384–390 (1996).
76. Marti, B., Rickenbach, M., Wietlisbach, V., Barazzoni, F., Dai, S. und Gutzwiller, F.: Regionale Unterschiede im Ernährungsverhalten der Erwachsenenbevölkerung. Resultate des Projekts «MONICA». In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R. (Hrsg.), Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, p. 245–254. Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern 1991.
77. Schlettwein-Gsell, D., Dirren, H., Decarli, B., Barclay, D., Brubacher, G., Haller, J. und Stähelin, H.B.: Ernährung und Ernährungsstatus von 361 70–75jährigen Betagten in drei Regionen der Schweiz (Bellinzona, Burgdorf und Yverdon). Erhebung im Rahmen einer koordinierten europäischen Studie EC/EURONUT «Nutrition and the Elderly» Concerted Action. In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R.,

- Schutz, Y. und Sieber, R. (Hrsg.), Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, p. 255–279. EDMZ, Bern 1991.
78. Anonym: Verbrauchserhebungen 1990 (Fachbereich 6, Produktion, Handel und Verbrauch). Ausgaben und Einnahmen der privaten Haushalte. Bundesamt für Statistik, Bern 1992.
79. Sesana, G., Baj, A., Toffoletto, F., Sega, R. and Ghezzi, L.: Plasma selenium levels of the general population of an area in northern Italy. *Sci. Total Environ.* **120**, 97–102 (1992).
80. Bellisola, G., Perona, G., Galassini, S., Moschini, G. and Guidi, G.C.: Plasma selenium and glutathione peroxidase activities in individuals living in the Veneto region of Italy. *J. Trace Elem. Electrol. Hlth. Dis.* **7**, 242–244 (1993).
81. Olivieri, O., Stanzial, A.M., Girelli, D., Trevisan, M.T., Guarini, P., Terzi, M., Caffi, S., Fontana, F., Casaril, M., Ferrari, S. and Corrocher, R.: Selenium status, fatty acids, vitamins A and E, and aging: the Nove study. *Amer. J. Clin. Nutr.* **60**, 510–517 (1994).
82. Lombeck, I., Kasperek, K., Harbisch, H.D., Feindegen, L.E. and Bremer, H.J.: The selenium state of healthy children. I. Serum selenium concentration at different ages; activity of glutathione peroxidase of erythrocytes at different ages; selenium content of food of infants. *Eur. J. Pediat.* **125**, 81–88 (1977).
83. Marchaluk, E., Persson-Moschos, M., Thorling, E.B. and Akesson, B.: Variation in selenoprotein P concentration in serum from different European regions. *Eur. J. Clin. Nutr.* **49**, 42–48 (1995).
84. Oster, O., Schlinke, B. und Marks, M.: Der Selenstatus von Vegetariern und Nichtvegetariern in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Ernährungswiss.* **34**, 62 (1995).
85. Rükgauer, M., Klein, J. and Kruse-Jarres, J.D.: Reference values for the trace elements copper, manganese, selenium, and zinc in the serum / plasma of children, adolescents, and adults. *J. Trace Elem. Med. Biol.* **11**, 92–98 (1997).
86. Tirann, B., Tirann, A., Petek, W., Rossipal, E. and Wawschinek, O.: Selenium status of healthy adults in Styria (Austria). *Trace Elem. Med.* **9**, 75–79 (1992).
87. Dubois, F., Teby, A., Belleville, F., Nabet, P. et Paysant, P.: Valeur usuelles de sélénium sériques dans une population de l'est de France. *Ann. Biol. Clin.* **48**, 28–32 (1990).
88. Coudray, C., Roussel, A.M., Arnaud, J., Favier, A. and EVA-study group: Selenium and antioxidant vitamin and lipidperoxidation levels in preaging French population. *Biol. Trace Elem. Res.* **57**, 183–190 (1997).
89. Aro, A., Alftan, G. and Varo, P.: Effects of supplementation of fertilizers on human selenium status in Finland. *Analyst* **120**, 841–843 (1995).
90. Judd, P.A., Long, A., Butcher, M., Caygill, C.P. and Diplock, A.T.: Vegetarians and vegans may be most at risk from low selenium intakes. *Brit. Med. J.* **314**, 1834–1838 (1997).
91. Combs, G.F. and Combs, S.C.: The role of selenium in nutrition. Academic Press, Orlando 1986.
92. Bro, S., Berendtsen, H., Norgaard, J., Host, A. and Jorgensen, P.J.: Serum selenium concentration in maternal and umbilical cord blood relation to course and outcome of pregnancy. *J. Trace Electrol. Hlth. Dis.* **2**, 165–169 (1988).
93. Nève, J.: Sélénium et grossesse. *Rev. Franç. Gynecol. Obstet.* **85**, 29–33 (1990).
94. Zachara, B.A., Wardak, C., Didkowski, W., Maciąg, A. and Marohaluk, E.: Changes in blood selenium and glutathione peroxidase activity in human pregnancy. *Gynecol. Obstet. Invest.* **35**, 12–17 (1993).
95. Lombeck, I. and Menzel, H.: Selenium in neonates and children. In: Nève, J. and Favier, A. (eds.), Selenium in medicine and biology. Proc. 2nd Int. Congress on trace elements in medicine and biology, p. 197–206. W. de Gruyter, Berlin, New York 1989.

96. Kardinaal, A.F.M., Kok, F.J., Kohlmeier, L., Martin-Moreno, J.M., Ringstad, J., Gomez-Aracena, J., Mazaev, V.P., Thamm, M., Martin, B.C., Aro, A., Kark, J.D., Delgado-Rodriguez, M., Riemersma, R.A., van't Veer, P. and Huttunen, J.K.: Association between toenail selenium and risk of acute myocardial infarction in European men – The EURAMIC study. *Am. J. Epidemiol.* **145**, 373–379 (1997).
97. Oster, O. and Prellwitz, W.: The daily dietary selenium intake of West German adults. *Biol. Trace Elem.* **20**, 1–14 (1989).
98. Pfannhauser, W.: Das essentielle Spurenelement Selen: Bedeutung, Wirkung und Vorkommen in der Nahrung. Teile I und III. *Ernährung/Nutrition* **16**, 506–508 und 642–646 (1992).
99. Gainerith, W., Lichtenegger, F., Schindler, E. und Steindl, W.: Selengehalt in Fleisch und Nieren von Rindern und Schweinen in der Steiermark. *Fleischwirtschaft* **71**, 1343–1345 (1991).
100. Simonoff, M., Hamon, C., Moretto, P., Llabador, Y. and Simonoff, G.: Selenium in foods in France. *J. Food Composit. Analysis* **1**, 295–302 (1988).
101. Simonoff, M., Simonoff, G., Conri, C. and Cornaille, B.: Selenium in food and nutrition in France. In: Bräter, P. and Schramel, P. (eds.), *Trace element analytical chemistry in medicine and biology* **5**, p. 384–391. W. de Gruyter, Berlin, New York 1988.
102. Pelus, E., Arnaud, J., Ducros, V., Faure, H., Favier, A. and Roussel, A.M.: Trace element (Cu, Zn, Fe, Mn, Se) intakes of a group of French men using duplicate diet technique. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **45**, 63–70 (1994).
103. Ekholm, P., Ylinen, M., Koivistoinen, P. and Varo, P.: Selenium concentration of Finnish foods: effects of reducing the amount of selenate in fertilizers. *Agric. Sci. Finland* **4**, 377–384 (1995).
104. Robberecht, H.J., Hendrix, P., van Cauwenbergh, R. and Deelstra, H.A.: Actual daily dietary intake of selenium in Belgium, using duplicate portion sampling. *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch.* **199**, 251–254 (1994).
105. Church, S.: Dietary intake of selenium. Food Surveillance Information Sheet (MAFF, London) No. 126, 1–8 (1997).
106. Ysart, G.: 1994 Total diet study: metals and other elements. Food Surveillance Information Sheet (MAFF, London) No. 131, 1–15 (1997).

Dr. Robert Sieber  
 Eidg. Forschungsanstalt  
 für Milchwirtschaft,  
 Liebefeld  
 Sektion Koordinationsstelle  
*CH-3003 Bern*

Dr. Bernhard Zimmerli  
 Max Haldimann  
 Bundesamt für Gesundheit  
 Abteilung Lebensmittelwissenschaft  
 Sektion Lebensmittelchemie und -analytik  
*CH-3003 Bern*