

Spurenelemente und Ernährung

Herausgegeben von

Prof. Dr. med. Günther Wolfram,
München-Weihenstephan, und

Prof. Dr. Drs. h. c. Manfred Kirchgessner,
München-Weihenstephan

Mit Beiträgen von

A. Berg, K. E. Bergmann, R. L. Bergmann, K. Dörner, S. Dziadzka,
W. Forth, E. Graßmann, H.-J. Hapke, D. Hötzel, J. Keul,
M. Kirchgessner, J.-D. Kruse-Jarres, I. Lombeck, E. Meinhart,
H.-D. Oldigs, B. R. Paulicks, H.-P. Roth, P. Schramel, P. C. Scriba,
E. Sievers, M. A. Soltani-Neshan

Mit 38 Abbildungen und 53 Tabellen



Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart 1990

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	
G. Wolfram, M. Kirchgeßner, Weihenstephan	5
Ernährungsphysiologische Grundlagen der Spurenelementversorgung	
M. Kirchgeßner, Weihenstephan	9
Möglichkeiten und Grenzen der Spurenelementanalytik	
P. Schramel, München	23
Einsatz stabiler Isotope bei Stoffwechseluntersuchungen von Spurenelementen beim Menschen	
M. A. Soltani-Neshan, K. Dörner, Kiel	31
Die Fluoridversorgung des Menschen	
R. L. Bergmann, K. E. Bergmann, Berlin	47
Eisenverfügbarkeit und Eisenmangel	
W. Forth, München	67
Kupferversorgung	
E. Graßmann, Weihenstephan	75
Deckung des Jodbedarfs	
D. Hötzel, Bonn, P. C. Scriba, Lübeck, E. Meinhart, Bonn	83
Zink — Funktion, Bedarf, Versorgung und Diagnose	
M. Kirchgeßner, B. R. Paulicks, H.-P. Roth, Weihenstephan	101
Manganbilanzen beim Menschen	
K. Dörner, S. Dziadzka, E. Sievers, Kiel	123
Die Bedeutung des Spurenelementes Chrom für die Gesundheit des Menschen	
K. E. Bergmann, R. L. Bergmann, Berlin	135
Selenversorgung und Selenmangel beim Menschen	
I. Lombeck, Düsseldorf	151

Kritische Spurenelemente in der Säuglingsernährung	
H.-D. Oldigs, E. Sievers, Kiel	161
Spurenelementversorgung beim Sportler	
A. Berg, J. Keul, Freiburg	175
Spurenelemente und Immunsystem	
J.-D. Kruse-Jarres, Stuttgart	187
Toxikologie der Spurenelemente	
H.-J. Hapke, Hannover	197
Anschriften der Autoren	207

Ernährungsphysiologische Grundlagen der Spurenelementversorgung

Von M. Kirchgeßner, München

Die Mineralstoffe des menschlichen Organismus werden aufgrund ihrer Konzentrationen im Körper wie auch aufgrund ihrer täglichen Bedarfsmengen in Mengen- und Spurenelemente unterteilt. Die Gesamtmenge aller Spurenelemente im menschlichen Körper ergibt nur etwa 10 Gramm, d.h. etwa 0,01 - 0,02 % vom Gewicht des Gesamtorganismus (1,2). Daraus prägte sich der Sammelbegriff "Elemente, die nur in Spuren in Lebewesen vorkommen". Heute gehören definitionsgemäß alle die Mineralstoffe, deren Konzentration bei Mensch und Tier in der Regel 50 mg/kg Körpermasse nicht übersteigt, zu den Spurenelementen.

Eine Ausnahme stellt Eisen dar. Seine Konzentration liegt oft über 50 mg/kg Körpermasse. Doch auch Eisen gehört aufgrund seiner Funktionen im Stoffwechsel eindeutig zu den Spurenelementen. Essentielle Spurenelemente wirken nämlich überwiegend als Aktivatoren oder Bestandteile von Enzymen (Metalloenzymen bzw. Metall-Enzymkomplexen) und Hormonen oder als Zentralatome von Vitaminen; sie können aber auch wichtige Funktionen im Nucleinsäurenstoffwechsel ausüben.

Anstelle der Konzentrationsangabe in mg/kg bzw. $\mu\text{g/g}$ ($\mu\text{g} = 10^{-6}\text{g}$) wird analog dazu oft der relative Begriff ppm (parts per million) verwendet. Einige Spurenelemente (z.B. Vanadin, Chrom, Kobalt, Nickel, Molybdän, Jod) sind jedoch im Organismus in wesentlich geringerer Konzentration vorhanden, so daß die Angaben zumeist in $\mu\text{g/kg}$ bzw. in ng/g ($\text{ng} = 10^{-9}\text{g}$) erfolgen. Der relative Begriff hierzu ist ppb (parts per billion). Diese Elemente werden oft als Ultraspurenelemente bezeichnet.

Essentialität

Essentielle Spurenelemente übernehmen im Organismus spezifische Funktionen bei bestimmten Stoffwechselreaktionen. Sie müssen mit der Nahrung zugeführt werden. Der Nachweis der Essentialität kann bereits durch allgemeine Störungen im normalen Wachstumsablauf oder im Fortpflanzungsgeschehen erbracht werden. Auch der Gesundheitszustand kann sich durch das Fehlen eines essentiellen Spurenelementes so verschlechtern, daß pathologische Veränderungen auftreten. Die durch mangelnde Zufuhr des spezifischen Elements ausgelösten Symptome müssen durch entsprechend gezielte nutritive Zulagen dieses Spurenelements wieder behoben werden können. Allerdings dürfen zu diesem Zeitpunkt noch keine irreversiblen Schäden aufgetreten sein.

- (18) Davis,G.K., Mertz,W.: Copper. In: Mertz,W. (Hrsg.): Trace elements in human and animal nutrition, Vol. 1, S. 301-364, Academic Press, San Diego 1987
- (19) Graßmann,E., Kirchgeßner,M.: Zur Eisenverwertung bei unterschiedlicher Kupferversorgung. Arch. Tierernährg. 23, 261-271 (1973)
- (20) Frieden,E.: The ferrous to ferric cycles in iron metabolism. Nutr. Rev. 31, 41-44 (1973)
- (21) Carnes,W.H.: Role of copper in connective tissue metabolism. Fed. Proc. 30, 995-1000 (1971)
- (22) Moore,R.J., Klevay,L.M.: Effect of copper deficiency on blood pressure and plasma lung angiotensin-converting enzyme activity in rats. Nutr. Research 8, 489-497 (1988)
- (23) Graßmann,E., Mader,H., Kirchgeßner,M.: Zum Einfluß von Coeruloplasmin-Injektionen beim Ferkel auf den Cu- und Fe-Stoffwechsel. Arch. Tierernährg. 30, 655-661 (1980)
- (24) Roeser,H.P., Lee,G.R., Nacht,S., Cartwright,G.E.: The role of ceruloplasmin in iron metabolism. J.Clin.Invest. 49, 2408-2417 (1970)
- (25) Topham,R.W., Frieden,E.: Identification and purification of a non-ceruloplasmin ferroxidase of human serum. J.Biol.Chem. 245, 6698-6705 (1970)
- (26) Graßmann,E., Kirchgeßner,M.: Spurenelementbedarf und -mangel. Bibliothica Nutr.Dieta 28, 184-200 (1979)
- (27) Kirchgeßner,M., Schwarz,F.J., Graßmann,E., Steinhart,H.: Interactions of copper with other trace elements. In: Nriagu,J.O. (Hrsg.) Copper in the environment, Part II, S. 433-472, John Wiley & Sons, New York 1979
- (28) DGE: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. Umschau Verlag, Frankfurt 1985
- (29) Brewer,G.J., Schoemaker,E.B., Leichtman,D.A., Kruckeberg,W.C., Brewer,L.F., Meyers,N.: The use of pharmacological doses of zinc in the treatment of sickle cell anemia. In: Brewer,G.J., Prasad,A.D. (Hrsg.): Zinc metabolism: current aspects in health and disease, S. 241-254, Alan,R.Liss, Inc., New York 1977
- (30) Klevay,L.M.: Coronary heart disease: the zinc/copper hypothesis. Am.J.Clin.Nutr. 28, 764-774 (1975)
- (31) Graßmann,E., Kirchgeßner,M.: Katalase-, Coeruloplasminaktivität und Hämoglobingehalt im Blut wachsender Ratten nach De- und Repletion an Eisen. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 31, 38-44 (1973)
- (32) Symes,A.L., Sourkes,T.L., Youdim,M.B.H., Gregoriadis,G., Birnbaum,H.: Decreased monoamine oxidase activity in liver of iron-deficient rats. Can.J.Biochem. 47, 999-1002 (1969)
- (33) van Campen,D., Gross,E.: Influence of ascorbic acid on the absorption of copper by rats. J. Nutr. 95, 617-622 (1968)
- (34) Kirchgeßner,M., Spoerl,R., Schneider,U.A.: Studies on the superretention of trace elements (Cu, Zn, Mn, Ni, Fe) during gravidity. In: Kirchgeßner,M. (Hrsg.): Trace element metabolism in man and animals - 3, S. 440-443, ATW, Weihenstephan 1978

Deckung des Jodbedarfs

Von D. Hötzel, Bonn, P. C. Scriba, Lübeck, E. Meinhart, Bonn

Jodmangel in der Bundesrepublik

Die Bundesrepublik Deutschland zählt ebenso wie die Deutsche Demokratische Republik zu den endemischen Kropfgebieten, wobei die Prävalenz bei jungen Männern mit gewissen regionalen Abweichungen von Norden nach Süden zunimmt. Fast alle Strumen sind Jodmangelstrumen. Die epidemiologische Argumentation stützt sich vornehmlich auf ärztliche Befunde bei Rekruten (Abb.1). Sie wird ergänzt durch Messungen an Schulkindern aus der gesamten Bundesrepublik (Abb.2) und an Neugeborenen (1-7).

Neuere Untersuchungen an der Universität Kiel weisen darauf hin, daß von einem allgemeinen Süd-Nord-Gefälle der Strumaprävalenz offensichtlich nicht mehr ausgegangen werden kann. Es scheint eher, daß die Häufigkeit von Schilddrüsenerkrankungen mehr von den lokalen Verhältnissen der Jodversorgung bestimmt wird. So ist auch der Raum Kiel als ein regionales Strumaendemiegebiet einzustufen (8).

Strumen treten vornehmlich im Wachstums- und Pubertätsalter sowie bei Frauen während Schwangerschaft und Stillzeit auf, da in diesen Phasen ein erhöhter Hormonbedarf besteht. Die mangelnde Jodversorgung der graviden und stillenden Frauen wird an den Fötus und an den Säugling weitergegeben, da einerseits der Fötus 12 Wochen post conceptionem auf Jod aus dem mütterlichen Kreislauf für seine eigene Thyroxin-Synthese angewiesen ist und andererseits der Jodgehalt der Frauenmilch in starkem Maße mit dem Jodversorgungszustand der Mutter korreliert (4/5).

Zusammenfassend ergibt sich zur Jodversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, daß Strumen über die sogenannte "Basisrate" hinaus, die auch bei ausreichender Jodversorgung auftritt, weit verbreitet sind. Ein Schwerpunkt der Strumaprävalenz liegt bei Kindern während der Pubertät, wobei Mädchen häufiger als Jungen betroffen sind (Abb.3). Die Prävalenz wird weiterhin durch die geographische Lage (Jodgehalt des Bodens) wesentlich beeinflusst. Die Jodausscheidung im Harn dient als Maßstab für die Jodversorgungssituation. Sie bleibt wesentlich hinter den Empfehlungen für die wünschenswerte Jodaufnahme und sogar hinter dem Mindestbedarf zurück. Jodurie und Schilddrüsengröße sind negativ korreliert. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Strumen steht der Jodmangel kausal im Vordergrund (3).

Die gesundheitliche Relevanz des Jodmangels liegt bekanntlich in folgenden Bereichen: Strumen der Grade Ib und II

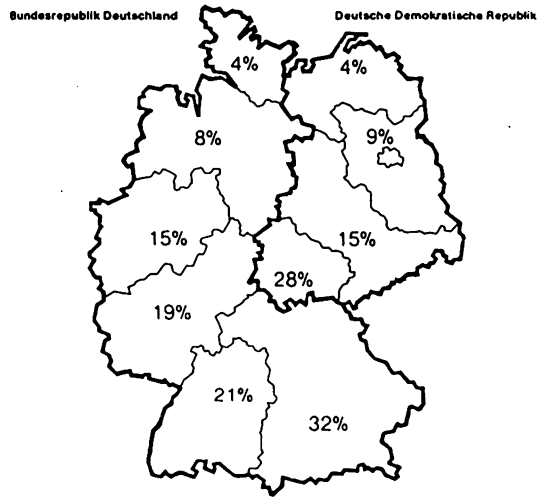


Abb. 1 Kropfhäufigkeit bei Rekruten in der Bundesrepublik Deutschland (1) und in der DDR (29)

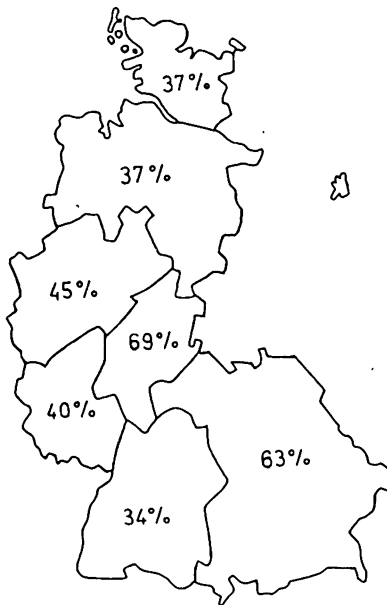


Abb. 2 Prävalenz der vergrößerten Schilddrüsen bei 2224 13jährigen Kindern (2)

verursachen bereits in 9 bzw. 25 % der Fälle eine röntgenologisch nachweisbare Einengung der Trachea auf die Hälfte (9). Weiterhin führt die jodmangelbedingte Hyperplasie zu Veränderungen, die sich auch schon in frühen Phasen durch pathologische Echomuster zu erkennen geben (6/7). Im Verlauf der weiteren pathologischen Entwicklung können Adenome entstehen, die überwiegend gutartig, im Einzelfall aber schwierig von malignen Tumoren zu unterscheiden sind. Potentiell entwickeln Adenome eine Autonomie (Risiko der Hyperthyreose). Die Konsequenzen, die sich in der Peripherie bei suboptimaler Jodversorgung durch unzureichende Hormonsynthese ergeben, sind im Gegensatz zu ausgeprägten Mangelzuständen nicht gut bekannt. Es wurde allerdings kürzlich gezeigt, daß die Struma neonatorum, die zum Teil mit einer Hypothyreose einhergeht, Reifungsverzögerungen im somatischen und mentalen Bereich bedingt (4/5).

Der Volkswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland entstehen durch den Jodmangel Kosten, die sich inzwischen auf über 1 Milliarde DM jährlich belaufen (10). Diese Ausgaben werden gelegentlich im Hinblick auf die Gesamtausgaben im Gesundheitswesen bagatellisiert. Dabei wird offensichtlich übersehen, daß speziell bei der Kropfprophylaxe relativ einfach eine Änderung herbeigeführt werden kann - wenn man es nur will -, und daß nicht nur Kosten reduziert, sondern Krankheiten und menschliches Leid vermieden werden sollen.

Entwicklung seit Änderung der Diät-Verordnung 1981

Im Jahre 1981 wurde in der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die insuffiziente Jodversorgung großer Bevölkerungsgruppen und deren Folgen die Strumaprophylaxe mit jodiertem Speisesalz erleichtert und verbessert. Die wesentlichen Veränderungen waren:

- 1) Der Wegfall des Warnhinweises "nur bei ärztlich festgestelltem Jodmangel"
- 2) die Anhebung des Jodgehaltes von 4 auf 20 mg pro Kilogramm Kochsalz (± 5 mg), und
- 3) die Erhöhung der Stabilität durch die Zulassung von Jodat anstelle von Jodid.

Die in die Änderung der Verordnung gesetzten Hoffnungen und Erwartungen wurden jedoch nur teilweise erfüllt. Zentrale Bedeutung hatte dabei, daß einerseits das Prinzip der absoluten Freiwilligkeit beim Gebrauch von Jodsalz angewandt wird. Zum anderen wurde bei der Bemessung des Jodgehaltes im Kochsalz davon ausgegangen, daß pro Kopf der Bevölkerung und Tag durchschnittlich 5 g jodiertes Speisesalz - 100 µg Jod entsprechend - aufgenommen werden (11).

In der Folgezeit erwies sich dieses Konzept vornehmlich aus folgenden Gründen in der Praxis als nicht voll tragfähig (11,12):

Etwa 18 Millionen Menschen nehmen in der Bundesrepublik regelmäßig oder zeitweise an den verschiedenen Formen der Gemeinschaftsverpflegung teil. Weiterhin beträgt der Anteil an gewerblich vorgefertigten Lebensmitteln und Fertiggerichten etwa 80 Prozent der Gesamtnahrungsaufnahme. Die grundsätzlich zulässige Verwendung von jodiertem Kochsalz bei der Herstellung von Lebensmitteln und Fertiggerichten und in der Gemeinschaftsverpflegung wurde jedoch kaum praktiziert, weil die betreffenden Lebensmittel und Gerichte dann den besonderen Vorschriften und Auflagen der Diätverordnung unterliegen würden.

Daraus ergibt sich, daß der überwiegende Teil der Kochsalzzufuhr in Form von "Normalsalz", aber nicht durch Jodsalz erfolgt. Bei der Berechnung des Jodgehaltes war aber davon ausgegangen worden, daß der größere Teil des Speisesalzes in Form von Jodsalz verzehrt wird.

Die Verwendung von jodiertem Speisesalz beschränkte sich dementsprechend bis Juni 1989 auf den Gebrauch im Haushalt bei der Zubereitung der Mahlzeiten und auf das sogenannte Zusalzen bei Tisch. Die in diesem Bereich bestehenden Möglichkeiten reichen jedoch für eine wirksame Kropfprophylaxe nicht aus:

1. Nur jeder dritte Haushalt verwendet regelmäßig Jodsalz.
2. Die verwendeten Salzmenngen sind in der Regel zu gering.
3. Ein Teil des Jods geht bei der Zubereitung der Mahlzeiten, insbesondere mit dem Kochwasser, verloren.

Die zusätzliche Prophylaxe durch Jodsalz erreicht somit nur etwa ein Drittel der Bevölkerung, und ist auch dann für eine durchgreifende Kropfprophylaxe bei weitem zu gering. Die theoretischen Überlegungen stimmten mit der allgemeinen praktischen Erfahrung und dem Ergebnis von Untersuchungen überein (11,12):

Bei 384 Personen im Alter von 18 - 80 Jahren aus der Bevölkerung von Göttingen (13) unterschied sich der Mittelwert der Jodausscheidung im Urin bei Probanden ohne Jodsalzprophylaxe (35,2 µg/g Kreatinin) zwar in der Tendenz, jedoch nicht statistisch signifikant von denjenigen, die jodiertes Speisesalz im Haushalt verwendeten (39,3 µg/g Kreatinin).

Auch in Untersuchungen von Gutekunst et al. (2) ergab sich, daß bei Kindern aus Familien, die jodiertes Speisesalz verwendeten (30,5 %), die Jodausscheidung nicht signifikant höher war als bei solchen, bei denen eine Jodsalzverwendung nicht erfolgte (69,5 %). Auch bei den Schilddrüsenvolumina beider Gruppen konnte ein signifikanter Unterschied nicht nachgewiesen werden.

Zur Klärung der Zusammenhänge wurde in Dortmund anhand der sogenannten "Inventurmethode" unter Zuhilfenahme von 7-Tage-Verzehrsprotokollen und der Natriumausscheidung im Harn an 42 Dortmunder Familien der Verbrauch an Kochsalz bzw. an

jodiertem Kochsalz im Haushalt ermittelt (14). Die Untersuchungen ergaben, daß Erwachsene, Jugendliche, Schul- und Kleinkinder im Untersuchungszeitraum im Haushalt durchschnittlich insgesamt nur 2 g Jodsalz pro Person und Tag verwendeten. Erwachsene und Jugendliche über 12 Jahre verbrauchten etwas höhere Mengen. Die individuelle Salzmenge variierte dabei sehr stark. Die anhand von Natrium ermittelte durchschnittliche Gesamtausscheidung an Kochsalz im 24 Stunden-Harn lag bei den weiblichen Probanden über 12 Jahre bei 9,8 g und bei den korrespondierenden männlichen Versuchspersonen bei 12 g. Die im Haushalt verwendete Menge von Jodsalz belief sich demnach auf etwa 20-25 % der Gesamtaufnahme an Kochsalz. 39 % der verbrauchten Menge von jodiertem Speisesalz wurde direkt zum Würzen der Speisen verwendet. 61 % wurden dagegen beim Garen der Speisen zugesetzt. Dabei können erhebliche Jodverluste durch Weggießen des Kochwassers auftreten. Die bei der Verwendung von jodiertem Kochsalz entstehenden Jodverluste haben Ballauf und Mitarbeiter gemessen: Von den verschiedenen Lebensmitteln wird nur ein sehr geringer Anteil des Jods aus dem Kochwasser aufgenommen (Kartoffeln 0,3 %; Reis 5 %; Nudeln 10-15 %). Bis zu 27 % entweichen nach diesen Untersuchungen mit dem Wasserdampf (15).

Die Verbesserung der Jodversorgung durch die Verwendung von jodiertem Speisesalz im Haushalt, unter Berücksichtigung der Verluste, lag zwischen 20 und 30 μg pro Person und Tag. In Anbetracht der sehr hohen Streuung der Einzelwerte ist ein Einfluß der Verwendung von jodiertem Speisesalz anhand der Jodurie nicht signifikant nachweisbar.

Wie die Ergebnisse zeigen, war bei der damaligen Rechtslage und unter Berücksichtigung der Verzehrsgewohnheiten der Nutzen der Verwendung von jodiertem Speisesalz im Haushalt bescheiden, insbesondere dann, wenn die Betroffenen an der Gemeinschaftsverpflegung teilnehmen und/oder vorgefertigte Lebensmittel und Fertiggerichte bevorzugen. Dennoch ist selbstverständlich ein Nutzen gegeben. Die potentiell gegebenen Möglichkeiten werden jedoch bei weitem nicht ausgeschöpft, wie auch der Vergleich mit anderen Ländern z.B. der Schweiz und Österreich zeigt (16).

Hauptsächlich wird die Breitenwirksamkeit der Prophylaxe durch Verwendung von jodiertem Speisesalz dadurch eingeschränkt, daß durch die übertriebene Anwendung des Prinzips der Freiwilligkeit nur etwa 40 % des verkauften Kochsalzes in Form von Jodsalz erworben werden, wobei der Anteil im Süden der Bundesrepublik deutlich höher als im Norden ist (17). Vor wenigen Jahren betrug der Anteil von jodiertem Speisesalz am Gesamtabsatz von Kochsalz nur wenige Prozente.

Nicht zuletzt durch die Aktivität des Arbeitskreises Jodmangel und der Sektion Schilddrüse der Deutschen Gesellschaft für Endokrinologie bei der Aufklärung der Bevölkerung, der Gesundheitsbehörden und der Ärzte hat die Verwendung von

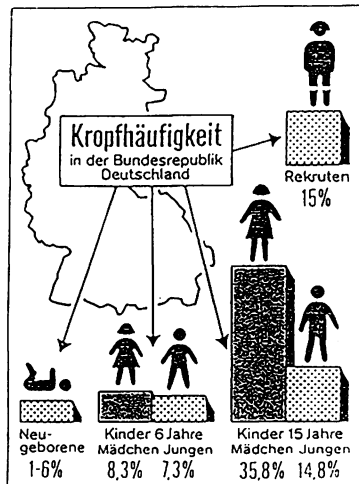


Abb. 3 Kropfhäufigkeit in der Bundesrepublik Deutschland für verschiedene Altersgruppen. (Grafik: Arbeitskreis Jodmangel)

Tab. 1

Jodgehalt in Meerestieren (µg/100 g Lebensmittel)
Verluste bei Zubereitung und Verarbeitung/Verzehrmengen

Fischart	Jodgehalt	Verlust in %	Notwendige Verzehrsmenge in g (1)
Schellfisch, frisch	89,0		115
Schellfisch, gekocht	74,0	17	135
Hering, frisch	66,5		150
Bismarck-Hering	5,7	92	1750
Scholle, frisch	28,1		350
Scholle, gebraten	10,5	36	950
Rotbarsch, frisch	124,5		80
Rotbarsch, gekocht	65,0	48	150
Rotbarsch, geräuchert	18,3	85	550
Krabben, frisch	34,1		300
Krabben, Dose	6,5	81	1550
Miesmuscheln, Dose	5,2		1925

(1)...um 100 µg Jod aufzunehmen; (Werte geringfügig auf- und abgerundet)

Quelle: modifiziert nach Montag und Grote (19)

jodiertem Speisesalz im Haushalt deutlich zugenommen, jedoch nunmehr offensichtlich eine Sättigungsgrenze erreicht. Bisher hat der größere Teil der Bevölkerung von der Jodsalz- Prophylaxe keinen Gebrauch gemacht und somit seine Jodversorgung nicht verbessert. Aber auch bei den Verwendern von Jodsalz ist in der Regel nur mit einem relativ bescheidenen Anstieg der Jodaufnahme durch diese Form der Prophylaxe zu rechnen. Dementsprechend ist es bisher auch nicht gelungen, eine signifikante Verbesserung des Versorgungszustandes an Jod und/oder eine Abnahme der Häufigkeit von Strumen bei repräsentativen Bevölkerungsgruppen nachzuweisen (11).

Im Übrigen wird auch die Jodaufnahme aus den üblichen Lebensmitteln meist überschätzt. Das ist zum einen durch die schwierige und nicht sehr zuverlässige Analytik von Jod in Lebensmitteln bedingt. Zum anderen werden die Gehaltsangaben meist auf Frischware bezogen. Tatsächlich können jedoch bei der Be- und Verarbeitung und bei der Zubereitung der Nahrung erhebliche Jodmengen verloren gehen. Dabei spielt in erster Linie die Wasserlöslichkeit eine Rolle. Weiterhin sind Jodverbindungen sauerstoff- und säureempfindlich. Aus Jodiden und Jodaten kann freies elementares Jod entstehen, das schon bei niedrigen Temperaturen sublimiert (18).

In der Tabelle von Montag und Grote wird beispielhaft angeführt, wie hoch die Verluste bei den verschiedenen Be- und Verarbeitungsschritten bei Seefisch und anderen Meerestieren sind (19) (Tab. 1). Während bei diesen Untersuchungen und nach anderen Angaben teilweise sehr hohe Einbußen an Jod auftreten, werden nach bisher unveröffentlichten Untersuchungen von Manthey (20) Verluste bei der Zubereitung von panierten Fischprodukten nicht bzw. nur in geringem Umfang beobachtet (Tab. 2). Wegen der sehr hohen natürlichen Schwankungen im Jodgehalt der Lebensmittel (Tab. 3) und der unterschiedlich hohen Verlustmengen sind Berechnungen der Jodaufnahme sehr problematisch, wenn nicht sogar untauglich im Hinblick auf die erheblichen analytischen Schwierigkeiten.

Wie sich aus der Verzehrsstatistik ergibt, hat sich die Aufnahme an "Nahrungsjod" durch ansteigenden Verzehr jodreicher Lebensmittel im vergangenen Jahrzehnt nicht wesentlich geändert. Hauschild et al. (21) bestimmten von 1982 bis 1985 im Oberrheingraben den Jodgehalt von verschiedenen Böden und darauf wachsenden Obst-, Gemüse- und Getreideproben, sowie den Jodgehalt von Fleisch, Eiern und Milch. Die Werte weichen teilweise deutlich von Tabellen-Angaben ab (Tab. 4). Mit den Jodgehalten dieser Lebensmittel und mit Hilfe von Verzehrsdaten wurden die mittleren täglichen Jodmengen berechnet, die bei der Ernährung mit diesen Lebensmitteln von Menschen pro Tag aufgenommen werden. Es ergab sich ein Wert von 63 μg Jod/Tag. Dieser Wert stimmt mit den Werten überein, die Hötzel und Habermann bereits vor 10 Jahren angegeben haben (50 - 60 μg bzw. 30 - 70 μg) (22/23).

Tab. 2

JODGEHALT IN FISCHPRODUKTEN

(µg Jod/100 g ESSBAREN ANTEIL)

HERINGSFILET IN TOMATENSAUCE	91 (61-115)
BRATHERINGE MARINIERT	100
BISMARCKHERING	91 (49-188)
THUNFISCH IN ÖL	149
SCHWARZER HEILBUTT, GERÄUCHERT	52
SCHILLERLOCKEN	112

(µg Jod/100g FEUCHTSUBSTANZ)

TK-FISCHSTÄBCHEN, PANIERT (SEELACHS)	ROH	139 (19,2% TM)
		(103-176)
	GEBRATEN	126 (27,7% TM)
		(122-141)
TK-SEELACHSFILET, PANIERT	ROH	235 (19,4% TM)
	GEBRATEN	279 (22,4% TM)
"SCHLEMMERFILET" IN ALUFORM (SEELACHS)	ROH	213 (19,3% TM)
	GEBRATEN	268 (22,2% TM)

TM: Trockenmasse

Quelle: Manthey H. (20)

Tab. 3

Jodgehalte von Fisch nach verschiedenen Quellenµg Jod in 100 g essbaren Anteil

Fisch	SFK 1986	Montag 1981	AID 1989	GU 1984
Aal	4	67	10	k.A.
Forelle	3	16	k.A.	13
Leng	k.A.	176	212	k.A.
Scholle	190	30	60	30
Seehecht	k.A.	k.A.	200	k.A.
Seezunge	17	k.A.	70	k.A.
Thunfisch	50	k.A.	50	20
Sardine	32	55	32	54
Rotbarsch	99	130	99	74
Makrele	74	107	74	102
Kabeljau	130	120	40	100
Schellfisch	243	75	243	320

SFK: Souci, S.W., W. Fachmann, H. Kraut
Nährwerttabelle 89/90Montag: Montag, A., B. Grote
Z. Lebensm. Unters. Forsch. (1981) 127: 123 - 128

AID: AID Verbraucherdienst 34 (1989) Heft 6

GU: Die große Vitamin- und Mineralstofftabelle
Gräfe und Unzer Verlag, München 1984

k.A. keine Angabe

Tab. 4

JODGEHALT IN LEBENSMITTEL
(µg/100 g FRISCHMASSE)

		KARLSRUHE (OBERRHEINGRABEN)		SFK
GEMÜSE	KARTOFFELN	1982	5,5 ± 1,0	
		1983	4,7 ± 0,8	
		1984	8,6 ± 1,0	3,8
	KOPFSALAT		1,1 ± 0,3	3,3
	LAUCH		11,0 ± 3,0	1,3
	ENDIVIE		1,7 ± 0,5	6,4
	GURKE		1,2 ± 0,2	2,5
	TOMATE		1,0 ± 0,4	1,7
	ZWIEBELN		2,1 ± 0,4	2,0
	MÖHRE		1,5 ± 0,3	15,0
	KOHLRABI		3,0 ± 0,5	1,4
	ROTKOHL		1,3 ± 0,3	5,2
	WIRSING		2,6 ± 0,5	k.A.
	GRÜNKOHL		4,0 ± 0,7	12,0
	WEISSKOHL		6,8 ± 1,0	5,2
	SELLERIE		2,4 ± 0,5	2,8
	BOHNEN		0,9 ± 0,2	3,0
SPINAT		14,3 ± 3,0	12,0	
OBST	PFLAUMEN		5,5 ± 2,0	1,0
	BIRNEN		0,8 ± 0,2	1,5
	HIMBEEREN		3,8 ± 0,8	0,6
	RHABARBER		3,2 ± 0,8	1,0
	KIRSCHEN		2,0 ± 0,6	1,0
	ERDBEEREN		0,6 ± 0,1	1,0
	ÄPFEL		28,0 ± 4,0	1,6
FLEISCH	SCHWEINEFLEISCH		2,6 ± 0,4	k.A.
	RINDFLEISCH		1,7 ± 0,3	k.A.
	KALBFLEISCH		2,5 ± 0,4	2,8

k.A.: keine Angabe

Quelle: - Hauschild J. et al. (21)

- Souci S.W., W. Fachmann, H. Kraut (SFK)
Nährwerttabelle 89/90

Verbesserung der Jodversorgung

Es liegt kein Anhaltspunkt für die Annahme vor, daß Umstellungen der Ernährungsgewohnheiten in der näheren Zukunft erfolgen werden, die zu einer wesentlichen Verbesserung der alimentären Jodaufnahme führen. Sogar bei einer - allerdings unwahrscheinlichen - Verdoppelung des Verzehrs der Hauptlieferanten für Jod - nämlich Seefisch und Milch - würde die Jodaufnahme nicht wesentlich ansteigen. Nach dem Ernährungsbericht 1988 wurden 1985/86 nur 18 μg bzw. 14 μg Jod pro Person und Tag über Fisch und Milch und Milchprodukte aufgenommen (24).

Bei der Diskussion über die Verbesserung der Jodversorgung ist es zunächst erforderlich, die Differenz zwischen mittlerer Aufnahme und den empfohlenen Mengen abzuschätzen:

Anhand der Jodausscheidung im Harn werden in der Literatur Aufnahmewerte in Höhe von 70-80 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ für Erwachsene genannt (25). Die Streuung ist jedoch sehr groß. Häufig werden deutlich niedrigere Werte gefunden, beispielsweise auch in eigenen Untersuchungen. Gegenüber den Empfehlungen der DGE (26) für die wünschenswerte Aufnahme ergibt sich ein Defizit in der Spanne von 100-170 μg pro Tag. Für ältere Kinder und Jugendliche errechnen sich in der Größenordnung übereinstimmende Werte. Die Jodausscheidung bei kleineren Kindern weist ebenfalls sehr hohe Schwankungen auf. Die gemessenen Werte konzentrieren sich auf einen Bereich von 30-40 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ (6/25). Das Defizit bei Schulkindern bewegt sich demnach - altersabhängig - in der gleichen Spanne wie bei Jugendlichen und Erwachsenen. Bei schwangeren und stillenden Frauen liegt der Fehlbedarf bei 150-200 μg . Kleinkinder benötigen etwa 50 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ zuzüglich.

Somit ergibt sich, daß bei Schulkindern, Jugendlichen und Erwachsenen im Minimum 100 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ zusätzlich zugeführt werden sollten. Durch Umstellungen der Ernährung läßt sich diese Zielsetzung nicht realisieren, wie die bisherige Erfahrung weltweit zeigt.

Generell bietet die Verwendung von jodiertem Speisesalz eine potente Möglichkeit zur Beseitigung des Jodmangels, deren volle Ausschöpfung jedoch an zwei Grundvoraussetzungen gebunden ist (11):

- 1) Es muß ein möglichst großer Anteil der Bevölkerung durch die Prophylaxe mit Jod erreicht, und es soll
- 2) die Mindestmenge von 100 μg pro Kopf und Tag zuzüglich aufgenommen werden.

Zur Verbesserung der Breitenwirksamkeit der Jodierungsmaßnahme muß in erster Linie erreicht werden, daß Jodsalz zum Regelsalz wird und nicht die Ausnahme bleibt. Dabei soll die Wahlmöglichkeit des Verbrauchers erhalten bleiben, allerdings mit umgekehrtem Vorzeichen wie bisher (12).

Um 100 µg Jod aufzunehmen, müssen 5 g jodiertes Speisesalz verzehrt werden. Ob diese Mengen im Haushalt tatsächlich erreicht werden, erscheint fraglich. Von "gesundheitsbewußten" Familien werden, wie bereits angeführt, durchschnittlich nur 2 g Salz pro Kopf und Tag im Haushalt verbraucht (14). Bei einer Untersuchung in Heidelberg fanden allerdings durchschnittlich 4,7 g zum sogenannten Zusalzen Verwendung (27). In jedem Falle müssen für die Berechnung der tatsächlichen Jodaufnahme noch die erwähnten Verluste in Abzug gebracht werden. So hat sich in Dortmund ergeben, daß bei der Verwendung von 2 g Jodsalz (= 40 µg Jod) die Harnausscheidung nur um durchschnittlich 15 µg Jod pro Tag angestiegen ist (14).

Da durch den Gebrauch von Jodsalz die Natriumaufnahme nicht erhöht werden soll, ist es erforderlich, einen adäquaten Anteil des Kochsalzes, das bei der Herstellung von Lebensmitteln Verwendung findet, durch jodiertes Speisesalz zu ersetzen. Geeignete Lebensmittel müssen einen wesentlichen Anteil an der Salzaufnahme nach Konzentration und Verzehrsmenge bestreiten, relativ stetig mit tolerablen inter- und intraindividuellen Schwankungen verzehrt werden und sollen keine wesentlichen Jodverluste durch weitere Zubereitung im Haushalt erleiden. Diese Anforderungen erfüllen v.a. Brot, Kleinbackwaren, Wurst, Käse und Fischwaren. Mit diesen Lebensmitteln werden nach den Angaben der Heidelberger Studie (27) von jüngeren männlichen Erwachsenen knapp 6 g Kochsalz pro Tag aufgenommen. Gemeinsam mit der Verwendung von Jodsalz im Haushalt ergibt sich bei Abzug von Verlusten eine zusätzliche Jodaufnahme, die bei Jugendlichen und Erwachsenen schätzungsweise im Bereich von 80-110 µg pro Kopf und Tag liegt. Damit würde das Defizit in der Mehrzahl der Fälle gedeckt werden, ohne Risiken durch eine Überdosierung einzugehen.

Als Alternative wurde diskutiert, die ausschließliche Verwendung von Jodsalz im Haushalt beizubehalten, und zum Ausgleich den Jodgehalt deutlich zu erhöhen. Von einer Anhebung der Konzentration würde jedoch nur ein relativ geringer Prozentsatz der Bevölkerung profitieren; der Sicherheitspielraum könnte andererseits im Einzelfall reduziert werden. Es erschien daher geboten, die Jodmenge im Speisesalz bei 20 mg/kg zu belassen.

Zur Verbesserung der Jodversorgung kam es hauptsächlich darauf an, die bisherigen rechtlichen Hemmnisse zu beseitigen. Im Vordergrund stand dabei die Liberalisierung der Anwendung von Jodsalz bei der Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln und Fertiggerichten, und weiterhin bei der Zubereitung von Mahlzeiten in den verschiedenen Formen der Gemeinschaftsverpflegung.

Gesetzestechisch war es zur Erreichung dieses Zieles erforderlich, das Jodsalz aus der Diätverordnung herauszunehmen und als Zusatzstoff zu behandeln. Dies ist mit der neuen Jodverordnung vom 19.6.1989 erfolgt (28). Jodsalz kann damit nunmehr unter Wahrung der gesetzlichen Auflagen bei jeder Art von Lebensmitteln und bei der Be- und Verarbeitung und

Zubereitung nicht nur im Haushalt, sondern auch in der Industrie, im Lebensmittelgewerbe und in der Gemeinschaftsverpflegung Verwendung finden.

Risiko überhöhter Jodaufnahme

Die mittlere Aufnahme der deutschen Bevölkerung an Speisesalz liegt bei etwa 10 g. Wenn alle Lebensmittel und Fertigmahlzeiten mit jodiertem Speisesalz hergestellt bzw. zubereitet würden, und wenn sowohl in der Gemeinschaftsverpflegung als auch im Haushalt ausschließlich jodiertes Speisesalz Verwendung finden würde, errechnet sich eine durchschnittliche theoretische Aufnahme von 200 μg Jod.

Diese Menge liegt im oberen Bereich der Empfehlungen. Sie wird jedoch in praxi gar nicht realisiert, da nicht zu erwarten ist, daß sämtliche Lebensmittel mit jodiertem Speisesalz hergestellt werden, und da nicht anzunehmen ist, daß alle Haushaltungen jodiertes Speisesalz verwenden. Schließlich werden auch die verschiedenen Institutionen der Gemeinschaftsverpflegung nicht durchgehend anstelle von üblichem Speisesalz jodiertes Kochsalz verwenden. Bei der Diskussion über die Höhe der Jodaufnahme ist weiterhin von Bedeutung, daß Jodsalz bei allen Verfahren, die mit der Anwendung von Wasser einhergehen, gelöst wird und verloren geht, wenn das Wasser (Waschwasser, Wasser zum Einweichen, Kochwasser) verworfen oder nicht mitverwendet wird.

Nach wie vor liegt also das Problem nicht darin, daß die Jodmengen zu hoch werden können. Es kommt vielmehr auch nach Inkrafttreten der neuen Jodverordnung darauf an, daß alle Beteiligten davon überzeugt werden müssen, daß die regelmäßige Verwendung von Jodsalz eine unerläßliche Maßnahme zur Reduzierung des Jodmangelkropfes darstellt. Die Erfahrungen anderer Länder zeigen, daß die Jodprophylaxe bei voller Ausnutzung der gebotenen Möglichkeiten wirkungsvoll, dabei aber unbedenklich ist.

Dennoch werden im Zusammenhang mit der verbesserten Aufnahme von Jod Bedenken hinsichtlich eines erhöhten Hyperthyreosisrisikos geäußert. Es wird gelegentlich auch auf die sogenannte Jodakne und auf angebliche Jodallergien hingewiesen. Dazu ist folgendes zu bemerken: 100 μg Jod pro Tag, wie sie mit der Jodprophylaxe durch Kochsalz oder durch entsprechend dosierte Jodtabletten aufgenommen werden, lösen weder Hyperthyreosen noch andere Störungen aus (31/32). Risiken können sich hingegen durch unkontrolliert hohe Jodaufnahmen aus Jod anderen Ursprungs ergeben. Hier sind jodhaltige Medikamente, Röntgenkontrastmittel, jodhaltige Desinfektionsmittel und schließlich auch bestimmte Algenpräparate zu nennen. Es sind vor allem Trivialmedikamente und jodhaltige Desinfektionsmittel (die zum Teil auch bei der Milchgewinnung Anwendung finden), die Jod in organisch oder anorganisch gebundener Form teilweise in hohen Konzentrationen enthalten. Auf die relativ hohen Jodmengen wird meist nicht ausdrücklich hingewiesen.

Beispiele für jodreiche Medikamente (Aufstellung s. 30):

- Amiodaron (37,5 % Jod): Antiarrythmikum
- Pherajod-Augentropfen (Tagesdosis 3 mg Jod): Ophthalmicum
- Geriatric Pharmaton (Tagesdosis 400 µg Jod): Geriatricum
- Kalium-Jodatium Compr. (Tagesdosis 1-2 g Jod): Antitussivum
- Mandrorhinon (Tagesdosis ca. 4 mg Jod): Grippemittel

Produkte aus Meeresalgen können ebenfalls sehr hohe Jodmengen enthalten:

- Kombu-Alge als "Gemüse" (Tagesdosis 10-20 mg Jod)
- "Bioalgen" (Tagesdosis 1-2 mg Jod)

Höhere Jodmengen, die um den Faktor 100 über dem physiologischen Bereich liegen, werden vom gesunden Menschen offensichtlich vertragen, wie auch die Erfahrung mit bestimmten Mineralwässern und Trinkkuren zeigt. Hohe Jodaufnahmen bedürfen jedoch der Kontrolle. Sie sind bei Autonomie der Schilddrüse riskant.

Empfehlungen

Es kommt entscheidend darauf an, daß die nunmehr gesetzlich gegebenen Möglichkeiten in vollem Umfang ausgeschöpft und realisiert werden. Deshalb empfiehlt der Arbeitskreis Jodmangel auf der Grundlage der neuen Jodverordnung:

- Bei der gewerblichen Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln soll anstelle von normalem Kochsalz jodiertes Speisesalz Verwendung finden. Das ist hauptsächlich bei denjenigen Grundlebensmitteln und Fertiggerichten von Bedeutung, die in wesentlichem Umfang zur Kochsalzversorgung beitragen.
- In der Gemeinschaftsverpflegung sollte bei der Zubereitung der Mahlzeiten ausschließlich jodiertes Speisesalz verwendet werden. Beispiele sind Heime, Mensen, Gaststätten, Betriebskantinen usw.
- Nach wie vor muß die Bevölkerung durch Ernährungsaufklärung dazu angehalten werden, daß auch im Haushalt ausschließlich jodiertes Speisesalz anstelle von "Normalsalz" Verwendung findet. Der Anteil von Jodsalz bedarf einer weiteren Anhebung. Die Verwendung von Jodsalz in der Lebensmittelindustrie und in der Gemeinschaftsverpflegung ersetzt nicht die Verwendung von Jodsalz im Haushalt, sondern ergänzt sie.

- Generell gilt als Forderung, daß jodiertes Speisesalz - wenn auch auf freiwilliger Basis- zum "Regelsalz" wird. Dafür ist es erforderlich, die Bevölkerung und alle beteiligten Institutionen überzeugend und intensiv zu unterrichten.

In speziellen Fällen kann Jod medikamentös mit Jodidtabletten substituiert werden. Das gilt für Situationen mit erhöhtem Bedarf (z.B. bei Graviden und stillenden Frauen) sowie bei Kochsalzbeschränkung.

"Iodine deficiency is so easy to prevent that it is a crime to let a single child be born mentally handicapped for that reason"

LABOUISSÉ (UNICEF) 1978

Literaturverzeichnis:

- (1) Horster, F.A.; G. Klusmann, W. Wildemeister: Der Kropf: eine endemische Krankheit in der Bundesrepublik? Dtsch. med. Wschr. 100, 8-9 (1975)
- (2) Gutekunst, R.; H. Smolarek, U. Hasenpusch, P. Stubbe: Schilddrüsengröße bei 6- bis 17-jährigen Kindern. In: P. Pfannenstiel, D. Emrich, B. Weinheimer (Hrsg.): Schilddrüse 1985, S. 337-340. G. Thieme Verlag, Stuttgart 1986
- (3) Gutekunst, R.; H. Smolarek, W. Wächter, P.C. Scriba: Strumaepidemiologie IV. Schilddrüsenvolumina bei deutschen und schwedischen Schulkindern. Dtsch. med. Wschr. 110, 49-54 (1985)
- (4) Homoki, J.; J. Birk, U. Loos, G. Rothenbuchner, H.T.A. Fazekas, W.M. Teller: Thyroid function in term newborn infants with congenital goitre. J. Pediat. 86, 753 (1975)
- (5) Heidemann, P.H.: Reifungsverzögerung und Entwicklungsstörungen bei Neugeborenen und Säuglingen. Referat anlässlich eines Symposiums und Pressegesprächs des Arbeitskreises Jodmangel am 11. Oktober 1985 in Homburg/Saar; beim Verfasser
- (6) Gutekunst, R.; H. Smolarek, U. Hasenpusch, P. Stubbe, H.-J. Friedrich, W.G. Wood, P.C. Scriba: Goitre epidemiology: thyreoid volume, iodine excretion, thyreoglobulin and thyrotropin in Germany and Sweden. Acta Endocrinologica 112, 494-501 (1986)
- (7) Gutekunst, R.: Stumaepidemiologie in Deutschland. Habilitationsschrift, Medizinische Universität zu Lübeck, 1986
- (8) Struve, C.; J. Hinrichs: Strumaprävalenz und Häufigkeit herdförmiger Schilddrüsenveränderungen im Raum Kiel. Dtsch. Med. Wochenschr. 114, 283 (1989)
- (9) Frey, K.W.; M. Engelstädter: Kropfhäufigkeit und Tracheal-Einengung im poliklinischen Krankengut Münchens. Münch. med. Wschr. 118, 1555-1559 (1976)
- (10) P. Pfannenstiel, persönliche Mitteilung. 3. Kölner Schilddrüsenseminar 1989
- (11) Hötzel D.; P.C. Scriba: Jodversorgung in der Bundesrepublik Deutschland: Probleme und Lösungsmöglichkeiten. 5. Spurenelementsymposium, Jena, 1986
- (12) Scriba P.C.; R. Gutekunst; D. Hötzel: Probleme der Jodprophylaxe. Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med. 92, 263-270 (1986)

- (13) Emrich, D.: Zusammenfassung einer epidemiologischen Stichprobenuntersuchung zum Jodmangel und zur Jodsalzprophylaxe. In: P. Pfannenstiel, D. Emrich, B. Weinheimer (Hrsg.): Schilddrüse 1985, S. 331. G. Thieme Verlag, Stuttgart 1986
- (14) Weber, P.; F. Manz, F.A. Horster, M. Klett, M. Kersting, G. Schöch: Verbrauch von jodiertem Speisesalz und Kochsalzumsatz bei 42 Familien. In: P. Pfannenstiel, D. Emrich, B. Weinheimer (Hrsg.): Schilddrüse 1985, S. 334-337. G. Thieme Verlag, Stuttgart 1986
- (15) Ballauf, A.; I. Rost-Reichert, M. Kersting, P. Weber, F. Manz: Erhöhung der Jodzufuhr durch Zubereitung von Kartoffeln, Nudeln und Reis mit jodiertem Speisesalz. Ernährungs-Umschau 38, 16-18 (1988)
- (16) Scriba, P.C. et al: Goitre and Iodine Deficiency in Europe. The Lancet 8, 1289-1293 (1985)
- (17) Persönliche Mitteilung
- (18) Hollemann, A.F.; E. Wiberg: Lehrbuch der anorganischen Chemie, 81.-90. Auflage. Walter de Gruyter Verlag, Berlin 1976
- (19) Montag, A.; B. Grote: Untersuchungen zur Jod-Brom-Relation in Lebensmitteln. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 172, 123-128 (1981)
- (20) Manthey, M.: Gehalte an Natrium, Calcium, Jod und Fluorid in Fischerzeugnissen. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 10, 318-321 (1989)
- (21) Hauschild, J.; E. Robens-Palavinskas, D.C. Aumann: Zum Jodgehalt von Böden, Weidepflanzen, pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln im Landkreis Karlsruhe. VitaMinSpur 4, 29-33, (1989)
- (22) Hötzel, D.; K. Pietrzik, M. Thomas: Jodversorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Ernährungs-Umschau 23, 244-249, (1976)
- (23) Habermann, J.; H.G. Heinze, K. Horn, R. Kantlehner, I. Marschner, J. Neumann, P. Scriba: Alimentärer Jodmangel in der Bundesrepublik Deutschland. Dtsch. med. Wschr. 100, 1937-1945 (1975)
- (24) Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.: Ernährungsbericht 1988. Druckerei Henrich, Frankfurt/M. 1988
- (25) Scriba, P.C.: Schilddrüsenerkrankungen. Therapie-woche 36, 2739-2740 (1986)
- (26) Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr, 4. erweiterte Überarbeitung. Umschau Verlag, Frankfurt/M. 1985

- (27) Arab, L.; B. Schellenberg, G. Schlierf: Nutrition and Health. A Survey of Young Men and Women in Heidelberg. Annals of Nutrition & Metabolism, Karger Verlag AG, Basel 1982
- (28) Verordnung zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz vom 19.6.1989. BGBl. I 28/1989 S. 1123
- (29) Meng W.: Jodmangelkrankheit in der DDR aus der Sicht der Humanmedizin. In: VEB Berlin-Chemie (Hrsg.): Aktuelle interdisziplinäre Probleme des Jodmangels und der Jodprophylaxe. Ostsee-Druck, Rostock 1986
- (30) Meinhart, E.; D. Hötzel: Aufstellung über jodhaltige Arzneimittel, Desinfektionsmittel, Röntgenkontrastmittel und sonstige jodhaltige Produkte. Hrsg.: Arbeitskreis Jodmangel, Bonn 1989
- (31) Forth, W.: Jodiertes Kochsalz wird Regel-Speisesalz. Dt. Ärzteblatt 36 (1989)
- (32) Plewig, G.; Y.A. Strzeminiski: Jod und Hauterkrankungen. Dtsch. med. Wschr. 110, 1266 - 1269 (1985)