

U. Preiß
C. Alfaro Santos
A. Spitzer
P.R. Wallnöfer

Der Jodgehalt der bayerischen Konsummilch

Iodine content of bavarian consumer milk

Zusammenfassung Im Verlauf eines Jahres wurde mit einer gaschromatographischen Methode monatlich der Jodgehalt der Milch von 28 bayerischen Molkereien bestimmt. Der Jahresmittelwert betrug

115 µg/l. In den Monaten März und April sowie November und Dezember wurde ein deutlicher Konzentrationsanstieg festgestellt. Im südbayerischen Raum lagen die Jodgehalte unter 100 µg/l im Gegensatz zum Bereich Oberpfalz und Franken mit Werten bis zu 150 µg/l. Der im Vergleich zum Bundeslebensmittelschlüssel II.2 in der bayerischen Milch gemessene höhere Jodgehalt bedeutet eine Steigerung der Jodzufuhr bis zu 6 %.

Summary Over a period of one year the iodine content of the milk of 28 bavarian dairies was determined monthly by a gaschromatographical method. The annual mean value was 115 µg/l. In March, April and November,

December, respectively a distinct increase of the concentration was observed. In the southern part of Bavaria the iodine contents were below 100 µg/l in contrast to the region Oberpfalz and Franken where contents up to 150 µg/l could be determined. Compared with concentrations in different tables the iodine content in bavarian milk could increase the iodine uptake up to 6 %.

Schlüsselwörter Jodgehalt – Milch – regionale Unterschiede – jahreszeitliche Schwankungen – Jodversorgung

Key words Iodine – milk – regional differences – seasonal changes – iodine uptake

Eingegangen: 3. Dezember 1996
Akzeptiert: 15. Juli 1997

U. Preiß · C. Alfaro Santos · A. Spitzer
Prof. Dr. P.R. Wallnöfer (✉)
Bayerische Landesanstalt für Ernährung
Menzingerstraße 54
80638 München

Einleitung

Jod zählt zu den essentiellen Spurenelementen, die der Organismus unbedingt benötigt. Beim Aufbau der Hormone Trijodthyronin (T₃) und Tyroxin (T₄) in der Schilddrüse ist Jod als Baustein unentbehrlich. Der Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel wird durch die Schilddrüsenhormone gesteuert, ebenso die Temperaturregulation des Körpers, der Energieumsatz sowie Konzentration und Leistungsfähigkeit. Fehlt es an Jod, so können die nötigen Mengen an Schilddrüsenhormonen nicht produziert werden und dies kann zu Jodmangelkrankungen führen, von denen die bekannteste der Jodmangelkropf (Struma) ist.

Rund fünf Prozent der Weltbevölkerung leidet an chronischem Jodmangel (2). Zu den jodärmsten Ländern Europas zählt Deutschland. Es ist nach der Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein Strumaendemiegebiet, da mehr als 10 % der Bevölkerung eine tastbare Schilddrüsenvergrößerung aufweisen (11). In neueren Untersuchungen konnte aufgezeigt werden, daß sich die Jodversorgung in den letzten Jahren geringfügig verbessert hat, die Strumaprävalenz in Deutschland hingegen größer ist, als bisher angenommen wurde (7, 8). Innerhalb Deutschlands wurde häufig bezüglich des Jodvorkommens bzw. der Kropfhäufigkeit von einem Nord-Süd-Gefälle gesprochen, das Hampel et al. (8) in der Tendenz bestätigen, statistisch aber nicht absichern konnten.

Für das Jodangebot ist der Jodanteil der Nahrungsmittel von Bedeutung. Der Jodgehalt gleicher Nahrungsmittel wiederum ist von der geographischen Lage, der Jahreszeit und den bodenklimatischen Bedingungen abhängig. So enthalten in Finnland Lebensmittel (mit Ausnahme von Seefisch) das 2–3fache der Jodkonzentration, die in Deutschland gefunden wurde, in den USA ist es noch ein Vielfaches mehr.

Zu den Lebensmitteln, die aufgrund ihres Jodgehalts oder ihrer Verzehrshäufigkeit für die Jodversorgung von Bedeutung sind, zählen Seefisch, Meeresfrüchte, Hühnereier, Milch und Milchprodukte. 60 % der aufgenommenen Jodmenge stammen von tierischen und 40 % von pflanzlichen Lebensmitteln. Milch und Milchprodukte liefern etwa ein Drittel der täglichen Jodmenge (5). Für Kleinkinder ist die Milch sogar die wichtigste Jodquelle.

Das Jod in der Milch wurde bereits eingehend untersucht. Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung von Literaturwerten über die Jodgehalte der Milch aus dem Gesamtgebiet der Bundesrepublik Deutschland. Neuere Daten über umfassende Untersuchungen des Jodgehalts der bayerischen Konsummilch konnten in der Literatur nicht gefunden werden. In dieser Arbeit sollte daher flächendeckend über das gesamte Jahr 1994 der Jodgehalt der Konsummilch der bayerischen Molkereien untersucht werden.

Material und Methoden

Um die Jodkonzentration im jahreszeitlichen Verlauf zu bestimmen, wurde monatlich von 28 Molkereien die Konsummilch untersucht. Hierbei wurden die Proben aus den Verbraucherpackungen entnommen. Die Bestimmung des Jods erfolgte gaschromatographisch nach einer von van de Haar et al. (15) modifizierten Methode nach Bakker (3), die uns von der Milchwirtschaftlichen Untersu-

chungs- und Versuchsanstalt Kempten zur Verfügung gestellt wurde. Das Prinzip der Methode beruht darauf, daß Ketone in saurem Milieu leicht jodiert werden können.

Probenaufarbeitung

10 ml Milch werden mit 5 ml Wasser versetzt und mit je 1,2 ml Carrez I und II geklärt und mit 20 ml Hexan entfettet. Nach Entfernen der Hexanphase werden 5,0 g der Wasserphase abgewogen und nacheinander mit 0,2 ml 95 %iger Schwefelsäure, 0,2 ml Butanon und 0,2 ml Natriumnitritlösung (0,2 g/l) versetzt. Nach einer Reaktionszeit von 20 min wird mit Hexan extrahiert. Der Hexanextrakt kann nach Trocknen über Natriumsulfat direkt zur gaschromatographischen Bestimmung eingesetzt werden.

Eichkurve

Zum Erstellen der Eichkurve und zur Bestimmung des linearen Bereichs des Detektors wurden Milchproben mit Standard versetzt. Die Standardlösung (138 mg KJ/100 ml H₂O $\hat{=}$ 1 mg J₂/ml) wurde 1:100 verdünnt und von dieser Verdünnung wurden 0,2–1,6 ml zu je 100 ml Milch gegeben um Konzentrationen von 2, 4, 8, 12 und 16 µg J₂/100 ml Milch zu erhalten. Die Proben wurden einen Tag bei 4 °C aufbewahrt. Je 10 ml dieser Eichproben wurden, wie unter dem Abschnitt „Probenaufarbeitung“ beschrieben, extrahiert und für die Gaschromatographie vorbereitet.

Gaschromatographie

Gaschromatograph: Carlo Erba HRGC 5160 mit Ni63-ECD

Säule: 60 m DB 5 Kapillarsäule, 0,32 mm i.D.

Trärgas: Stickstoff

Einspritzmenge: 1 µl on column

Säulentemperatur: 90 °C

Detektortemperatur: 350 °C

Detektorbasis: 330 °C

Nach jedem Probendurchgang wurde die Säulentemperatur für 10 min auf 210 °C erhöht.

Bis zu einer Jodkonzentration von 12 µg J₂/100 ml Milch konnte eine Linearität des Detektors festgestellt werden. Mehrmaliges Einspritzen derselben Probe zeigte eine gute Reproduzierbarkeit mit einer Standardabweichung von 3 %. Die Wiederfindungsrate, bei der bekannte Jodkonzentrationen der Milch zugesetzt wurden, betrug 91,8 %. Bei einer Säulentemperatur von 110 °C, wie bei Bakker (3) beschrieben, zeigte der Jodbutanonpeak den Ansatz eines Doppelpeaks. Durch eine Verringerung der Temperatur auf 90 °C konnte ein Chromatogramm ohne störende Begleitpeaks erhalten werden. Ein Aufheizen der Säule nach jedem Probendurchgang und ein längeres Auf-

Tab. 1 Jodgehalte der Milch

Region	Jod (µg/l)	Autoren
Neue Bundesländer	80	Anke et al. 1994
BRD	75	Renner und Renz 1991
BRD	20–60	Souci et al. 1989/90
(Mittel)-Norddeutschland	30–40	Wiechen und Kock 1985
Süddeutschland	50–60	
Norddeutschland	147	Hamann und Heeschen 1982
Süddeutschland	115	
Großraum München	68–122	Lettner 1983

Tab. 2 Jodgehalte bayerischer Molkereimilch in Abhängigkeit von der Jahreszeit in $\mu\text{g/l}$

Parameter	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Probenzahl	33	31	33	33	33	32	31	29	29	27	29	30
Maximalwert	188	177	181	298	168	202	199	181	154	171	259	294
Minimalwert	48	42	60	53	45	24	32	30	26	31	79	80
Mittelwert	102,3	100,0	119,1	137,6	97,2	110,8	97,7	86,8	84,3	97,8	160,8	180,4
$\pm S$	29,9	32,1	34,8	51,8	32,5	44,0	40,4	38,4	35,2	39,1	51,1	52,0

heizen von 2–3 Stunden nach ca. 10–15 Proben war nötig, da bei dieser niedrigen Säulentemperatur Verunreinigungen zu Störungen in den nachfolgenden Chromatogrammen führten.

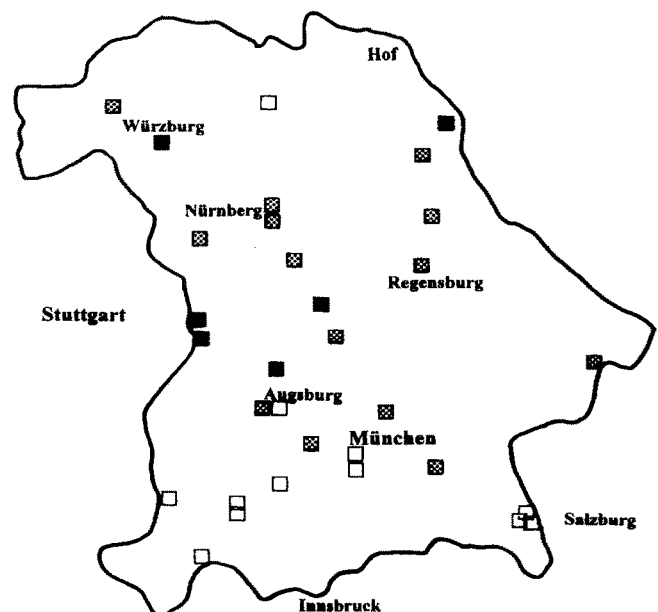
Ergebnisse und Diskussion

Regionale Unterschiede

Die Proben für die Jodbestimmung wurden von Molkereien aus dem bayerischen Raum gezogen. Hierbei wurde auf eine gute flächenmäßige Verteilung geachtet. Abbildung 1 zeigt die Standorte der Molkereien, die Milch für die Jodbestimmung zur Verfügung stellten. Wie daraus ersichtlich stammten die Proben mit Jodgehalten unter $100 \mu\text{g Jod/l}$ Milch vermehrt aus dem südbayerischen Raum. Nördlich von München sowie in Nordbayern im Bereich Oberpfalz und Franken enthielten die Milchproben zwischen 100 – $150 \mu\text{g/l}$, vereinzelt konnten auch höhere Werte ermittelt werden. Der Jahresmittelwert für die Molkereien im gesamt-bayerischen Raum betrug $115 \mu\text{g Jod/l}$ Milch. In der Oberpfalz und in Franken lag er bei $127 \mu\text{g/l}$, in Südbayern und dem Allgäu bei $82 \mu\text{g/l}$. Grundsätzlich muß festgehalten werden, daß manche Molkereien relativ große Milcheinzugsgebiete haben können, d.h. daß die Milch, die dort verarbeitet wird, nicht unbedingt aus der unmittelbaren Umgebung kommen muß. Nach unseren Informationen bezieht jedoch der Großteil der Molkereien, deren Konsummilch wir untersuchten, die Milch aus dem näheren Umkreis. Somit kann in den meisten Fällen ein Zusammenhang zwischen Jodgehalt der Milch und dem Standort der Molkerei gezogen werden. Der Jodgehalt der Milch korreliert mit dem Jodgehalt des Futters. So sind die niedrigen Jodwerte in Oberbayern und im Allgäu u.a. auf die durch geologische Einflüsse bedingte Jodarmut des Bodens zurückzuführen. In Franken und der Oberpfalz, wo die Stallhaltung mehr verbreitet ist als in Oberbayern und im Allgäu, könnte der höhere Jodgehalt der Milch auch auf eine bessere Mineralstoffversorgung der Tiere sowie ein besseres Verhältnis von Milchleistungsfutter zu Rauhfutter zurückzuführen sein.

Jahreszeitliche Einflüsse

In Tabelle 2 ist der jahreszeitliche Einfluß auf die Jodkonzentration der Molkereimilch dargestellt. Die höchsten Jodgehalte wurden in den Monaten März, April und November, Dezember gemessen. Die Zunahme im Frühjahr kann mit der durchschnittlichen monatlichen Milchleistung der Kühe in Zusammenhang stehen. Nach Hamann und Heesch (6) nimmt der Jodgehalt der Herdensammelmilch mit steigender abgelieferter Milchmenge ab. Aus den statistischen Berichten von 1995 (14) kann man ersehen, daß Anfang des Jahres die Milcherzeugung meist zurückgeht, und somit ein Anstieg des Jodgehalts im März und April zu erklären ist. Im Mai sinken die Jodwerte wieder ab und pendeln dann bis Oktober zwischen 84 und $110 \mu\text{g/l}$. Dies ist die Zeit, in der die Sommerfütterung erfolgt, d.h. die Tiere erhalten überwiegend Grünfutter, während der Anstieg der Jodkonzentra-

**Abb. 1** Standorte der Molkereien

- Jodgehalt unter $100 \mu\text{g/l}$
- ▨ Jodgehalt $100 - 150 \mu\text{g/l}$
- Jodgehalt über $150 \mu\text{g/l}$

Tab. 3 Verbesserung der Jodbilanz durch bayerische Konsummilch

Altersgruppen (Jahre)		Zufuhrempfehlung nach DGE ¹⁾ (µg/Tag)	Jodzufuhr laut NVS ²⁾ (µg/Tag)	Jodzufuhr laut aktueller Ergebnisse ³⁾ (µg/Tag)
Kinder	4–6	120	55,5	62,2
Kinder	7–9	140	62,0	70,1
Mädchen	10–12	180	54,5	59,2
Jungen	10–12	180	65,0	71,3
Mädchen	13–14	200	70,4	75,5
Jungen	13–14	200	76,4	84,0
Mädchen	15–18	200	62,6	66,8
Jungen	15–18	200	83,8	92,1
Frauen	19–50	200	69,7	73,1
Männer	19–50	200	82,3	86,5
Frauen	ab 51	180	70,9	74,1
Männer	ab 51	180	84,6	88,1

¹⁾ DGE (Hrsg): Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr, 1991.

²⁾ Berechnung der Zufuhr bei einem Jodgehalt der Milch von durchschnittlich 75 µg/l.

³⁾ Berechnung der Zufuhr bei einem Jodgehalt der Milch von durchschnittlich 115 µg/l.

tion ab November auf die beginnende Stallperiode zurückzuführen ist. Hier spielt wieder die bessere Mineralstoffversorgung der Tiere durch die Milchleistungsfutter eine Rolle. Insgesamt gesehen war der Jodgehalt der Milch bei 39 % der Molkereien geringer als 100 µg/l, bei 42 % lag er zwischen 100 und 150 µg/l und bei 18 % der Molkereien konnten höhere Werte ermittelt werden. Der Jahresmittelwert für Gesamtbayern mit 115 µg/l liegt höher als er in den Nährwerttabellen von Souci et al. (13) und Renner (12) für Milch angegeben wird. Die von Wiechen und Kock (16) 1985 photometrisch ermittelten Jodwerte nach oxidativem Säureaufschluß mit Hilfe der Sandell-Kolthoff-Reaktion, sind um die Hälfte kleiner als unsere Werte. Der von ihnen beobachtete jahreszeitliche Verlauf, mit einem Jodanstieg im April, Mai und einem Maximum im November, entspricht unseren Beobachtungen. Hamann und Heeschen (6) veröffentlichten 1982 für Süddeutschland und Lettner (9) 1983 für den Großraum München Werte in der Größenordnung, wie sie auch von uns ermittelt wurden. Sie bestimmten das Jod potentiometrisch mit einer ionenselektiven Elektrode. Der Vorteil dieser Methode ist, daß ähnlich der Gaschromatographie keine Vorbehandlung des Probenmaterials erforderlich ist. Zur Bestimmung des Jodgehalts der Milch stehen eine Reihe von Methoden zur Verfügung. Da die Verfahren auf unterschiedlichen Prinzipien beruhen, sind sie hinsichtlich der Nachweisgrenze, der Spezifität, der Wiederholbarkeit und Präzision unterschiedlich zu beurteilen. Allgemein gilt, je mehr Analysenschritte durchgeführt werden müssen, umso größer kann die Fehlerquelle sein.

Extrem hohe Jodgehalte (bis zu 300 µg/l), wie sie vereinzelt gemessen wurden, können durch Akkumulation mehrerer Faktoren (Region, Fütterung, Desinfektionsmittel) zustandekommen. Bei Anwendung jodhaltiger Mittel zur Desinfektion von Melkanlagen kann eine Anhebung des Jodlevels um 40 % erfolgen (6). Prinzipiell spielen jedoch jodhaltige Desinfektionsmittel eher in einzelnen

Betrieben eine Rolle, da in der Mischmilch der Molke-reien ein wesentlicher Verdünnungseffekt auftritt.

Ängste, daß zu hohe Jodgehalte in der Milch Hyperthyreosen zur Folge haben könnten, sind in der Bundesrepublik Deutschland unbegründet. Der zulässige Höchstgehalt beträgt 500 µg Jod/l Milch. Legt man den von uns für Bayern gemessenen Jahresmittelwert von 115 µg/l zugrunde, so liegt man weit darunter, auch die Maximalwerte von 300 µg/l stellen keine Gefahr dar, da es sich hier um Einzelwerte handelt.

Bedeutung der Ergebnisse für die Jodversorgung der Bevölkerung

Unter der Annahme, daß der Einkauf von Frischmilch stark regionalbezogen erfolgt, können obige Ergebnisse zur Berechnung der Jodversorgung der Bevölkerung in Bayern herangezogen werden. Zahlen für den Verzehr von Trinkmilch stehen aus der bayerischen Auswertung der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) zur Verfügung (10). Die Verrechnung der Daten aus der Nationalen Verzehrsstudie erfolgte mit dem Bundeslebensmittelschlüssel II.2, dem ein Jodgehalt in der Milch von 75 µg/l zugrunde liegt. Für die Berechnung der aktuellen Jodzufuhr wurde der bei unserer Untersuchung ermittelte durchschnittliche Jodgehalt von 115 µg/l verwendet.

Von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) wird eine Empfehlung für die Jodzufuhr dem Alter entsprechend gegeben. Tabelle 3 zeigt eine Gegenüberstellung der DGE Empfehlung (4) mit den Zufuhrdaten nach der Berechnung der NVS sowie einer Jodzufuhr bezogen auf den Jodgehalt von 115 µg/l Milch. Unter Berücksichtigung der dargelegten aktuellen Jodgehalte in bayerischer Konsummilch ist in Abhängigkeit vom Milchkonsum die Jodzufuhr um bis zu 6 % höher. Bei Kindern und Jugendlichen zeigt sich das besonders deutlich, da sie zu den Hauptkonsumenten dieses Lebensmittels zäh-

len. Durch den höheren Jodgehalt in bayerischer Konsummilch im Gegensatz zu dem Wert im Bundeslebensmittelschlüssel II.2 beträgt der Anteil von Milch und Milchprodukten an der Jodzufuhr bei Erwachsenen 18 %. Er

liegt damit um 4 % über dem Anteil laut NVS. Die Ergebnisse dieser Untersuchung bestätigen die Bedeutung von Milch und Milchprodukten für die Jodversorgung.

Literatur

1. Anke M, Groppel B, Scholz E, Hennig U (1994) Die Bedeutung des Jodgehaltes der Milch, Molkereierzeugnisse und des Fleisches für die Jodversorgung des Menschen in Deutschland. RE-KASAN®-Journal 1/2
2. Arnt S (1992) Jodversorgung auch heute noch unzureichend. Rationelle Hauswirtschaft. XXIX, Heft I
3. Bakker HJ (1977) Gas liquid chromatographic determination of total inorganic iodine in milk. Journal of the AOAC 60:1307–1309
4. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg) Empfehlungen zur Nährwertzufuhr 1991, Umschau-Verlag, Frankfurt/Main
5. Groppel B, Anke M, Henning A (1984) Einige Aspekte zum Jodbedarf und zur Jodversorgung. Mengen- und Spurenelemente Arbeitstagung Leipzig
6. Hamann JW, Heeschen W (1982) Zum Jodgehalt der Milch. Milchwissenschaft 37:525–529
7. Hampel R, Köhlberg T, Klein K, Jerichow JU, Pichmann EG, Clausen V, Schmidt J (1995) Strumaprävalenz in Deutschland größer als bisher angenommen. Medizinische Klinik 90:324–329
8. Hampel R, Köhlberg T, Zöllner H, Klinke D, Klein K, Pichmann EG, Kramer A (1995) Jodmangel in Deutschland – ein „Dauerbrenner“? Ärztemagazin 29/30:33–35
9. Lettner R (1983) Faktoren, die den Jodgehalt der Milch nach Zitzendesinfektion mit jodhaltigen Mitteln beeinflussen. Dissertation an der Tierärztlichen Fakultät der LMU München
10. LfE (Hrsg) (1996) Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in Bayern. Ergebnisse einer regionalen Auswertung der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) Teil 1
11. Manz F (1992) Jodmangel. Prävention 3/15:111–117
12. Renner E, Renz-Schauen A (1991) Nährwerttabellen für Milch und Milchprodukte. Verlag B. Renner, Gießen
13. Souci SW, Fachmann W, Kraut H (1989) Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwert-Tabellen 1989/90, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
14. Bayerische Milchwirtschaft Statistik 1995: RB Nr. 08/96/06 E (Juni 1996)
15. van de Haar G, Havinga JR, Veenkamp G (1978) De Ware(n)-Chemicus 8: 236–241
16. Wiechen A, Kock B (1985) Zum Jodgehalt der Molkerei-Sammelmilch in der Bundesrepublik Deutschland. Milchwissenschaft 40:522–525