

# Verwendung von jodiertem Kochsalz bei der Käseherstellung\*)

## Use of iodized salt during cheese manufacture

R. SIEBER Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld, CH-3003 Bern

**Kennwörter:** jodiertes Kochsalz, Käsefabrikation, Milch, Zufuhr, Iod

**Keywords:** iodized salt, cheese manufacture, milk, intake, iodine

### Zusammenfassung

R. Sieber: Verwendung von jodiertem Kochsalz bei der Käseherstellung. *Ernährung/Nutrition* 22 (1998) 5, S. 196–201.

In den mitteleuropäischen Ländern stellt eine ungenügende Iodversorgung über die Lebensmittel ein wichtiges gesundheitliches Problem dar. Diesem Umstand kann mit der Verwendung von jodiertem Kochsalz bei Tisch wie auch bei der Verarbeitung von mit Kochsalz hergestellten Lebensmitteln begegnet werden. Bei der Käsefabrikation bestehen verschiedene Möglichkeiten, den Iodgehalt von Käse zu erhöhen: Iodidzusatz zur Starterkultur, Zusatz von jodiertem Kochsalz zur Käsereimilch, Verwendung von jodiertem Kochsalz beim Salzen des Bruch-Molken-Gemisches, des Bruches, beim Trockensalzen, im Salzbad, beim Salzen im Folien-Beutel und bei der Injektion von Salzlösungen in den Käse. Versuche mit der Iodidzugabe zur Starterkultur erbrachten eine homogene Verteilung des Iods im reifen Käse, diejenigen mit der Verwendung von jodiertem Kochsalz im Salzbad eine inhomogene Verteilung.

### Summary

R. Sieber: Use of iodized salt during cheese manufacture. *Nutrition/Ernährung* 22 (1997) 5, p. 196–201.

An insufficient iodine supply is an important health problem in the countries of Central Europe. The use of iodized salt at table as well as by the food processing can be helpful against this condition. Several possibilities are existing during cheese fabrication to increase the iodine content of cheese: addition of iodine to starter culture, addition of iodized salt to cheese milk, use of iodized salt for salting of the mixture of curd and whey, of the curd, for dry salting, in the salt bath, for salting in film bag and by the injection of salt solutions in the cheese. Experiments with addition of iodide to starter cultures show a homogeneous distribution of iodine in the ripe cheese, such with the use of iodized salt in salt bath an inhomogeneous distribution.

### 1. Einführung

Die Länder Mitteleuropas gehören aufgrund des geringen Iodvorkommens ihrer Böden und damit auch der Lebensmittel (inklusive Trinkwasser) zu den Gebieten mit gehäuft auftretenden Iodmangelkrankheiten wie z. B. Kropf und Kretinismus. Die Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen einer verminderten Iodaufnahme und dem Auftreten von Kropf haben bereits 1922 in der Schweiz dazu geführt, daß das Speisesalz für die Haushaltungen mit einem Gehalt von 3,75 mg Iodid/kg Kochsalz in Form von Kaliumiodid angereichert wurde. Im Jahre 1962 wurde sodann der Gehalt des Kochsalzes auf 7,5 und 1980 auf 15 mg Iodid/kg erhöht [1]. Eine Erhöhung auf 20–30 mg Iodid/kg wurde anfangs 1998 in Kraft gesetzt [2]. Im Verlaufe dieses Jahrhunderts wurden verschiedene Studien zur Iodversorgung in der Schweiz durchgeführt [3–13]. Dabei wurde vor allem die Iodidausscheidung im Urin überprüft. Aufgrund der in *Tabelle 1* angegebenen Studien kann in der Schweiz von einer ausreichenden Iodversorgung aufgrund des Iodzusatzes zum Kochsalz ausgegangen werden. Doch wurde im Jahre 1988 über Befunde an verstorbenen Personen berichtet, wonach noch bei 31 % der untersuchten

Personen im Alter von 31 bis 60 Jahre vergrößerte Schilddrüsen auftraten, was auf eine immer noch ungenügende Iodsalzprophylaxe zurückgeführt wurde [14]. Auch in einer kürzlich publizierten Studie schien sich dieser Befund zu bestätigen [10]. Doch scheint eine „Kropf“häufigkeit (als leicht vergrößerte Schilddrüse bezeichnet) von 3 % auch in optimal mit Iod versorgten Gesellschaften unvermeidbar zu sein, wie epidemiologische Daten z. B. aus den USA zeigen, und könnte möglicherweise andere Ursachen haben als Iodmangel [15]. In diesem Zusammenhang werden auch „thyreostatisch wirkende“ Inhaltsstoffe wie Glucosinolate (Goitrin), cyanogene Glykoside (Thiocyanat), Huminstoffe, Nitrat wie auch Bromid diskutiert.

Nach neueren Untersuchungen ist die Bevölkerung in Deutschland an Iod immer noch ungenügend versorgt. 1992 betrug bei 472 Männern und 568 Frauen von fünf süddeutschen Universitäten die mittlere Iodidausscheidung im Urin  $70,7 \pm 42 \mu\text{g/lg}$  Kreatinin, was dem von der WHO definierten Iodmangel Grad I entspricht. Auch lagen bei etwa 20 % der Männer und 26 % der Frauen die Schilddrüsenvolumina über der geschlechtsspezifischen Norm [16]. Eine weitere Studie, die im Jahre 1993 in ganz Deutschland durchgeführt wurde, bestätigte diese Resultate. So betrug bei 5932 Probanden der Median der Iodidausscheidung  $72,4 \mu\text{g/lg}$  Kreatinin und es zeigten sich keine regionalen Unterschiede [17]. In acht verschiedenen Regionen von Österreich schwankte Mitte der 80er Jahre der Median der Iodidausscheidung zwischen 61,0 und

$75,0 \mu\text{g/lg}$  Kreatinin [18]. Auch in Tschechien liegt die mittlere Iodidausscheidung unter  $100 \mu\text{g/lg}$  Kreatinin und die Bevölkerung weist damit einen mäßigen Iodmangel auf [19, 20]. Obwohl in diesen Ländern das Kochsalz jodiert wird, ist die Iodversorgung ungenügend, was nach *Hampel et al.* [17] belegt, daß der Iodmangel nicht auf der Basis der Freiwilligkeit zu beseitigen ist. Dabei sollte eine generelle gesetzlich geregelte Kropfprophylaxe neben der Iodierung des Kochsalzes auch die Verwendung von jodiertem Kochsalz bei der Lebensmittelherstellung und die Iodierung von Mineralstoffgemischen in der Tierernährung umfassen.

### 2. Gesetzliche Situation in der Schweiz

Die schweizerische Lebensmittelverordnung aus dem Jahre 1995 [21] läßt in Artikel 74, Abs. 1e die Verwendung von Speisesalz (nach Art. 361, Abs. 1 definiert als Salz, das aus unterirdischen Steinsalzlagerstätten, aus Meerwasser oder aus natürlicher Sole gewonnen wird und für die menschliche Ernährung geeignet ist) zur Käseherstellung zu. Über die Verwendung von jodiertem Kochsalz finden sich Angaben in der Nährwertverordnung [22]. Dort heißt es in Artikel 10. Zusätze zu Speisesalz und Trinkwasser:

- 1 Dem Speisesalz dürfen ..., Iodide oder Iodate ... zugesetzt werden, soweit dies aus Gründen der Volksgesundheit angezeigt ist.
- 2 Speisesalz nach Absatz 1 muß pro kg 15 mg Iodid oder Iodat, berechnet als Iod ... enthalten.

\*) Vortrag an der Fachtagung vom 11. April 1997 in Prag: Beitrag der Lebensmittelindustrie zur Iodversorgung der Bevölkerung, veranstaltet vom Bezirksamt für Hygiene, Frydek-Mistek, Migros-Genossenschaftsbund, Zürich, von der Gesellschaft für Ernährung, Prag, Gesellschaft für Hygiene und Umweltmedizin, Prag, und dem Staatlichen Institut für Gesundheit, Prag.

Tabelle 1. Mittlere Iodidausscheidung im 24-Std.-Urin in verschiedenen schweizerischen Studien

Jahr	Iodid- gehalt mg/kg Salz	mittlere Iodidaus- scheidung im Urin*)		Bemerkungen	Literatur
		µg/Tag	µg/g Kreatinin		
1923	0	18 ± 8		23 Einwohner in Kaisten und Hunzenschwil (kropfreiche Dörfer)	Fellenberg [3]
		64 ± 27		7 Einwohner in Effingen (kropffreies Dorf)	Fellenberg [4]
1974-79	7,5		76 ± 44	150 Spitalpatienten	Geiser et al. [5]
			93 ± 44	770 gesunde Erwachsene, Region Bern	Schmid et al. [6]
1981	15		119 ± 76	27 schilddrüsengesunde Erwachsene	Eberhard et al. [7]
1981-88	15	141 ± 65	127 ± 67	112 ambulante Praxispatienten	Mordasini et al. [8]
	15	166 ± 64		Männer unter den 112 Patienten	"
	15	129 ± 61		Frauen unter den 112 Patienten	"
1988	15		160 ± 80	245 Schulkinder (7 bis 16 Jahre), Kt. Bern	Supersaxo et al. [9]
1992	15	114	87 ± 40	54 gesunde Personen (19 bis 75 Jahre), Region Bern	Als et al. [10]
1994	15		193 ± 113	40 schwangere Frauen	Truong et al. [11]
1994	15		118 ± 49	214 Schulkinder in Solothurn	"
1994	15		83 ± 14	52 schwangere Frauen, Kt. Waadt	Moktech et al. [12]
1995	15		101	139 Erwachsene, Kt. Bern und Tessin	Solca und Gerber [13]

\*) Mittelwert ± Standardabweichung

3 Bei Speisesalz sind folgende Anpreisungen zulässig:

a. „Genügende Iodversorgung verhindert Kropfbildung“ bei jodiertem Speisesalz.

Damit ist die Regelung klar eine Angelegenheit des Bundes und nicht mehr wie bis anhin eine Sache der Kantone. Denn in der vorangehenden Fassung der Lebensmittelverordnung (Artikel 329) wurde nämlich angeführt, daß „der Verkehr mit iodhaltigem Kochsalz von den Kantonen näher geordnet werden kann“. Zu diesem Zwecke hatten sich die Kantone mit Ausnahme des Kantons Waadt zu einem Konkordat zusammengeschlossen und den Verkauf von Kochsalz an die Vereinigten Schweizerischen Rheinsalinen in Schweizerhalle übertragen. Diese führt in ihrem Sortiment unter den Speise- und Spezialsalzen für die menschliche Ernährung, die gewerbliche und industrielle Herstellung von Nahrungsmitteln: Speisesalz, iodhaltiges sowie fluor- und iodhaltiges Speisesalz. Daneben wird noch ein grobförmiges Spezialsalz als Käseisalz angeboten.

### 3. Verwendung von jodiertem Kochsalz in schweizerischen Käseereien

In der bereits erwähnten Studie des Inselspitals in Bern aus dem Jahre 1995 ergab sich eine Iodversorgung, die als ungenügend zu beurteilen ist [10]. Dabei wurde die durch Lebensmittel bedingte Iodzufuhr auf der Basis von Umfragen und Annahme eines Speisezettels auf nur rund 100 µg/Person und Tag berechnet, während Mitte der 80er Jahre die Iodzufuhr durch Tagesrationen rund 240 µg/Person und Tag betrug

[23]. Aufgrund der Resultate der vorher erwähnten Studie [10] wurde an uns die Frage gestellt, in welchem Maße verarbeitete Lebensmittel, unter anderem auch Käse, bei deren Herstellung jodiertes Kochsalz verwendet wird, zur Iodversorgung beitragen können.

Bereits früher haben wir uns mit dem Einsatz von jodiertem Kochsalz in der Lebensmittelherstellung beschäftigt [24] und nahmen deshalb diese Anfrage zum Anlaß, bei sämtlichen schweizerischen Käseereien eine Umfrage durchzuführen [25]. Dabei fragten wir nach dem Einsatz von jodiertem Kochsalz bei der Käsefabrikation, insbesondere nach der(n) produzierten Käsesorte(n), der produzierten Käsemenge, dem verwendeten Kochsalz sowie dessen Verwendung im Salzbad oder zur Oberflächenbehandlung. Über drei Viertel der angefragten 1350 Käseereien beantworteten den Fragebogen, was für eine schriftliche Umfrage als überaus gut bewertet werden kann. Insgesamt verwenden 87 % der Käseereien ausschließlich jodiertes Kochsalz. Werden die Käseereien, die sowohl jodiertes wie auch nicht-jodiertes Kochsalz verwenden, noch dazu gezählt, erhöht sich der Prozentsatz auf 90 %. Bezogen auf die Menge werden 85 % der Käse mit jodiertem Kochsalz hergestellt. Über den Einfluß von jodiertem Kochsalz auf die Käsequalität liegen zwei Studien aus den Jahren 1926 und 1953 aus unserer Forschungsanstalt vor [26, 27]. Diese haben keine ungünstige Wirkungen auf die Käsequalität aufgezeigt und nach Übereinstimmung mit Hostettler [27] sind solche als sehr unwahrscheinlich zu bezeichnen. Auch zeigte sich, daß Kaliumiodid die Aktivität der verwendeten Kulturen

nicht beeinflußt [28]. Untersuchungen, bei denen der Einfluß von radioaktiv markiertem Iod auf die Milchsäurebakterien studiert wurden [29, 30], müssen für die hier gestellte Frage als nicht unbedingt relevant betrachtet werden, da dabei der Einfluß der Radioaktivität im Vordergrund stand.

### 4. Berechnung der Iodkonzentration im Käse anhand der Kochsalzkonzentration

Für die weiteren Überlegungen kann einmal von der Hypothese ausgegangen werden, daß während der Salzbadbehandlung und der Reifung das Iod proportional zum Chlorid und damit auch zum Natrium in den Käseleib diffundiert. Unter dieser Annahme ließe sich also aus dem Kochsalzgehalt die Iodkonzentration des Käses berechnen [31-34]. Aus der folgenden Tabelle 2 geht hervor, daß der Kochsalzgehalt zwischen 10 und 20 g/kg Käse liegt. Bei einem Iodgehalt des Kochsalzes von 15 mg/kg ergibt dies umgerechnet eine Iodkonzentration von 150-300 µg/kg Käse. Werden 50 g Käse pro Tag verzehrt, würde dies theoretisch einer täglichen Zufuhr von 7,5-15 µg Iod durch die Verwendung von jodiertem Kochsalz bei der Käsefabrikation entsprechen.

### 5. Möglichkeiten zur Erhöhung des Iodgehaltes von Käse

Die Verwendung von Kochsalz bei der Käseherstellung kann auf drei Gründe zurückgeführt werden: Kochsalz hat eine konservierende Wirkung. Dies ist auf die Kontrolle des Wachstums und der Aktivität der Mikroorganismen, auf diejenige der Aktivitätä-

Tabelle 2: Kochsalzgehalt verschiedener schweizerischer Käse (mg/kg)

Käse	N	Kochsalzgehalt		Literatur
		x	s <sub>x</sub>	
Emmentaler	47	6,6	2,6	Sieber u. Badertscher [31]
Gruyère	161	14,8	2,3	Sieber et al. [33]
Sbrinz	76	18,0	2,9	"
Appenzeller vollfett	147	15,8	2,0	"
Appenzeller 1/4-fett	20	20,5	5,1	"
Tilsiter aus Rohmilch	158	17,5	2,1	"
Tilsiter aus past. Milch	17	14,0	2,1	"
Brie	8	12,9	1,6	Sieber et al. [34]
Camembert	9	18,9	4,4	"
Limburger	6	18,0	6,4	"
Raclette past.	6	17,7	1,4	"
Reblochon	5	17,3	4,8	"
Tête de Moine	5	22,5	3,2	"
Tomme	7	15,9	2,2	"
Vacherin fribourgeois	8	12,5	1,9	"
Vacherin Mont d'Or	9	16,3	3,1	"

ten der verschiedenen Enzyme im Käse, die Reduktion des Wassergehaltes im Käse sowie auf Einflüsse der physikalischen Änderungen auf die Textur und die Proteinlöslichkeit zurückzuführen. Käse kann sodann zur Natriumversorgung beitragen, was jedoch in den industrialisierten Ländern mit ihrer hohen Natriumzufuhr eher als negativ beurteilt wird. Im weiteren hat das Kochsalz eine wichtige Bedeutung in seinem Beitrag zum Geschmack. Salzfreie Käse werden als geschmacklos, fade und wässrig beurteilt [35].

Bei den in Frage kommenden Verfahren, den Iodgehalt im Käse zu erhöhen, kann es sich praktisch nur um die Verwendung von jodiertem Kochsalz in Form von Iodid oder Iodat handeln. Die verschiedenen Möglichkeiten zum Salzen von Käse sind abhängig von der angewandten Technologie. Dabei ist zu unterscheiden nach der Herstellung in „homogene“ Käse und Käse nach dem „Cheddar-Typ“ (verschiedene englische Käse). Die Anwendungsmöglichkeiten bei diesen beiden Verfahren sind in den *Abbildungen 1 und 2* zusammengestellt. Als Ver-

fahren zum Salzen von Käse, bei denen auch jodiertes Kochsalz verwendet werden kann, können erwähnt werden: Kochsalzzugabe zur Käsereimilch, Salzen des Bruch-Molke-Gemisches, Salzen des Bruches, Salzbadbehandlung, Trockensalzen, Käsesalzen im Folienbeutel sowie Injektionen von Salzlösungen in den Käse [36]. Neben diesen Verfahren besteht noch die Möglichkeit, Kaliumiodid direkt den Kulturen beizufügen.

Versuche zum Einsatz von jodiertem Kochsalz bei diesen Verfahren sind uns mit Ausnahme der Kaliumiodidzugabe zu den Starterkulturen und der Salzbadbehandlung mit jodiertem Kochsalz nicht bekannt.

### Zusatz von jodiertem Kochsalz zur Käsereimilch

Die Zugabe von Kochsalz (meist 90 g/L Milch, entsprechend 1,35 mg Iod/L) wird zur Verbesserung der Käsereitauglichkeit in Ländern mit schlechter Milchqualität angewendet. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß der größte Teil des Kochsalzes in die Molke geht, deren Verwertung aufwendig ist. Auf das Iod angewandt, würde sich aber über das Wasser, das im Bruch eingeschlossen wird, eine homogene Verteilung des Iods im Käse einstellen. Bei einem Hartkäse mit einem Wassergehalt von ungefähr 300 g/kg wäre eine Iodkonzentration von etwa 440 µg Iod/kg Käse zu erwarten. Bei einem täglichen Konsum von 50 g Käse entspräche dies einer Zufuhr von 22 µg Iod.

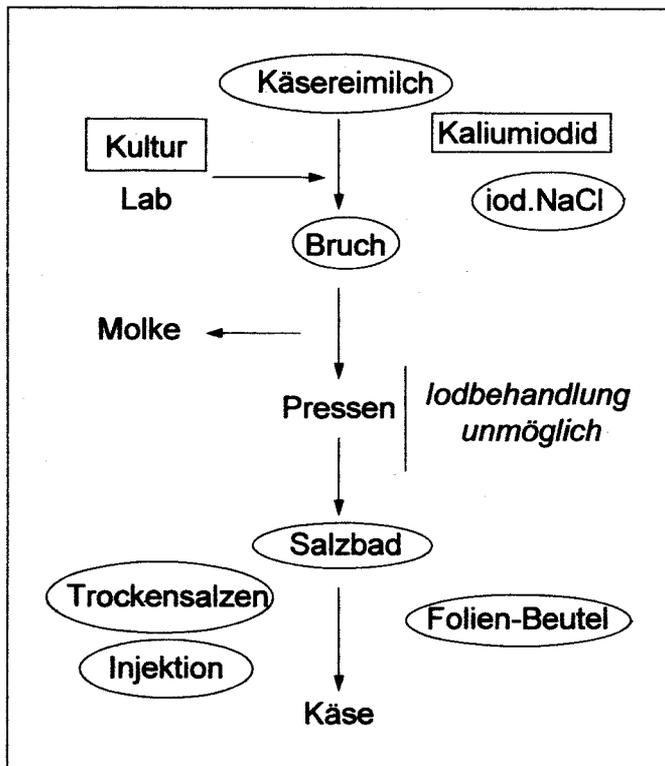


Abbildung 1: Herstellung „homogener“ Käse

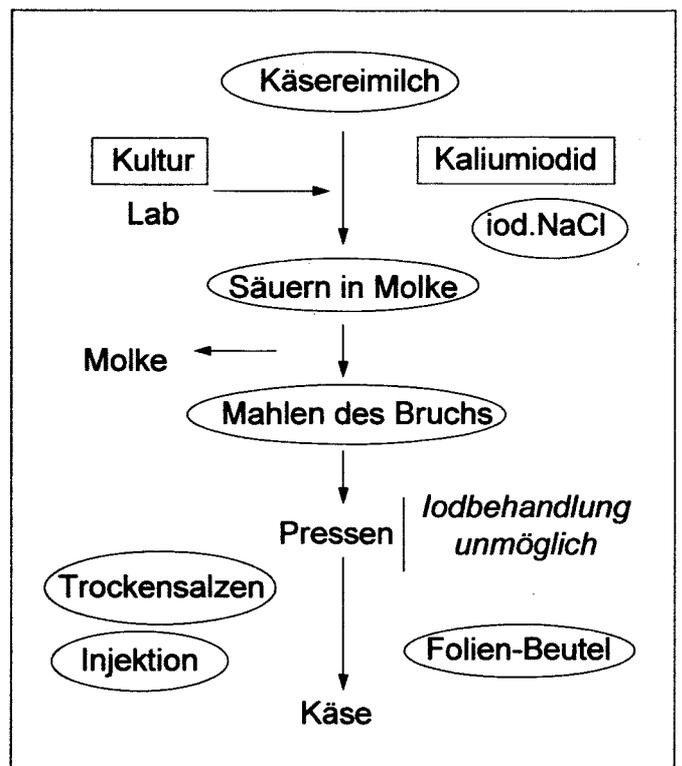


Abbildung 2: Herstellung von Käse „Cheddar-Typ“

Tabelle 3: Gehalt an stabilem Iod in Edamer Käse bei Zusatz von Iod zur Kultur [40]

Zugesetzte Menge	Außenschicht (1 cm)	Zwischenschicht (2 cm) µg/kg	Zentrum
4 mg Iod	145	143	156
40 mg Iod	1139	1261	1118

**Iodzusatzzur Starterkultur**

Um über die Starterkulturen den Iodgehalt im Käse zu erhöhen, muß Kaliumiodid verwendet werden. Dabei geht ein nicht unbeträchtlicher Anteil an Iod mit der Molke verloren. Aus praktischen Gründen wird jedoch dieses Verfahren nicht realisierbar sein, denn dabei wird nicht iodiertes Kochsalz, sondern die chemische Substanz Kaliumiodid verwendet, die ein genaues Abwägen erfordert.

Untersuchungen dazu wurden von *Wiechen* und *Hoffmann* [40] durchgeführt. Sie fügten 4 resp. 40 mg stabiles Iod in Form von Kaliumiodid dem Kulturansatz von 125 g hinzu, das dann 25 kg Käseeremilch zugesetzt wurde. Im Käse wurde sodann eine homogene Verteilung des Iods festgestellt (Tabelle 3), doch gingen nur etwa 10 % der Absolutmenge des Iods in den Käse über, der Rest verblieb in der Molke. Bei einem täglichen Konsum von 50 g Käse könnte damit im ersten Falle weniger als 10 und im zweiten Falle etwas mehr als 50 µg Iod zugeführt werden.

**Behandlung des Bruch-Molke-Gemisches mit iodiertem Kochsalz**

Bei Käsetypen mit unregelmäßiger Lochung wird nach Abzug von etwa 10 bis 30 % der Molke dem Bruch-Molke-Gemisch Kochsalz zugegeben. Auch hier wieder fällt salzhaltige Molke an. Dieses Verfahren führt zu einer schnelleren Käseeremilch mit einem verstärkten Proteinabbau und damit einer verstärkten Aromabildung. Die Iodkonzentration hängt von der verwendeten Kochsalzkonzentration ab.

**Behandlung des Bruches mit iodiertem Kochsalz**

Die Behandlung des Bruches mit Kochsalz erfolgt auf zwei Arten. Wenn der Bruch von Molke getrennt ist, kann dieser mit Kochsalz gemischt werden. Klumpt aber der Bruch während der Säuerung zusammen, so muß er vor der Zugabe von Trockensalz zerkleinert werden. Durch den Kontakt des Bruches mit dem Kochsalz wird dieses feucht und damit ist eine homogene Verteilung des Salzes erschwert, was auch bei der Verwendung von iodiertem Kochsalz zutreffen dürfte.

Bei Cheddar und anderen britischen Käsesorten werden die zerkleinerten Bruchstücke in eine Salzlösung eingebracht, danach in Formen gefüllt und zu Käse gepreßt. Dieses Verfahren führt zu einer gleichmäßigeren Verteilung des Salzes als nur das vorhin erwähnte Verfahren. Bei der Verwendung von iodiertem Kochsalz könn-

te dadurch eine homogene Verteilung des Iods erreicht werden. Welche Mengen an Iod mit diesem Verfahren in den Käse übergehen, müßte in einem Praxisversuch ermittelt werden und läßt sich nur schwerlich theoretisch berechnen.

**Salzbadbehandlung unter Verwendung von iodiertem Kochsalz**

Bei der Fabrikation der „homogenen“ Käse gelangen die Käse nach dem Pressen für mehrere Stunden in ein Salzbad. Es ist möglich, für das Salzbad iodiertes Kochsalz zu verwenden. Aus verschiedenen Studien ist bekannt, daß das Natrium nur langsam in den Teig diffundiert. Die Diffusion des Natriums läßt sich nach *Walenta* [37] durch folgende Gleichung beschreiben:

mittlerer Kochsalzgehalt des Käses =

$$(2 / \sqrt{\pi}) \cdot a \cdot \sqrt{D} \cdot C_B \cdot W_m \cdot \sqrt{t}$$

a = spezifische Käseoberfläche

D = „scheinbarer“ Diffusionskoeffizient

C<sub>B</sub> = Salzbadkonzentration

W<sub>m</sub> = „mittlerer“ Wassergehalt des Käses im gesalzenen Bereich

t = Verweilzeit im Salzbad.

Auch nach *Vosniakos* et al. [38] ist der Übergang von Iod in den Käse nicht als Diffusionsvorgang zu beschreiben, sondern vielmehr als komplex zu bezeichnen. Nach Untersuchungen von *Reps* et al. [39] ist die Diffusion von Natrium und Kalium vom Salzbad in den Käse gleich. Das unterschiedliche Atomgewicht des Kaliums – etwa 70 % höher – führt bei der gleichen Anzahl von Na- und K-Atomen im Salzbad zu einem

höheren Kaliumgehalt des Käses. Im Falle des Iods wäre aufgrund des im Vergleich zum Kalium (39,102) höheren Atomgewichts (126,90) mit einem noch höheren Iodgehalt im Käse zu rechnen.

Eingehende Untersuchungen zum Übergang von Iod aus dem Salzbad in den Käse haben *Wiechen* und *Hoffmann* [40] sowie *Hoffmann* et al. [64] durchgeführt. Sie produzierten Edamer Rohkäse mit einem Gewicht von ungefähr 3 kg, die sie für 16 h in Salzbadern mit einem Kochsalzgehalt von 18 resp. 20 Gewichtsprozent hielten. Bei den Untersuchungen von *Wiechen* und *Hoffmann* waren die verwendeten Salzbadern mit relativ hohen I-131-Aktivitäten versetzt, da die physikalische Halbwertszeit des Radionuklides etwa 8 Tage beträgt. Dabei wurde im einen Falle Salz mit einem Iodgehalt von 20 mg und im anderen Falle von 200 mg I/kg Kochsalz in der chemischen Form von Kaliumiodat verwendet. Nach einer Reifungszeit von 12 und 42 Tagen wurde der Iodgehalt im Käse bestimmt (Tabelle 4) und eine starke Abnahme der Iodkonzentration von außen in das Zentrum des Käses festgestellt. Begründet wird dieses Verhalten damit, daß das Iodat im Käse relativ schnell zu elementarem Iod reduziert und dann in Aminosäuren, Peptide und zum überwiegenden Teil in Proteine eingebaut wird, womit es im Gegensatz zum Kochsalz nicht mehr diffundieren kann. In den Untersuchungen von *Hoffmann* et al. [64] war das Salzbad mit 18,5 mg Iod/kg Kochsalz angereichert. Nach 48 Tagen wurde der Iodgehalt von Kochsalz angereichert. Nach 48 Tagen wurde der Iodgehalt im Käse bestimmt und ebenfalls ein deutlicher Gradient zwischen Rand und Zentrum festgestellt (Tabelle 4). Nach den Untersuchungen von *Koestler* und *Wegmüller* [26] beeinflusste die Verwendung von iodiertem Kochsalz die Lochung und Reifung von Emmentaler Käse nicht.

Im Falle des Edamer Käses enthielt die äußere Schicht von einem Zentimeter bei Ver-

Tabelle 4: Gehalt an Iod in Edamer Käse bei unterschiedlichem Iodgehalt des Salzbadens [40, 64]

Zonen	Reifungszeit	
	12 Tage	42 Tage
	µg/kg	
Iodgehalt des Salzbadens: 20 mg I/kg NaCl [40]		
Außenschicht (1 cm)	352	399
Zwischenschicht (2 cm)	35	67
Zentrum	25	52
Iodgehalt des Salzbadens: 200 mg I/kg NaCl [40]		
Außenschicht (1 cm)	3357	3066
Zwischenschicht (2 cm)	880	1184
Zentrum	376	861
	Käse 1	Käse 2
Iodgehalt des Salzbadens: 18,5 mg I/kg NaCl [64]		
Außenschicht (1 cm)	720 (572) <sup>a</sup>	858 (710) <sup>a</sup>
Zwischenschicht (1,5 cm)	376 (228) <sup>a</sup>	381 (233) <sup>a</sup>
Zentrum	285 (137) <sup>a</sup>	378 (230) <sup>a</sup>

<sup>a</sup> in Klammer Iod aus dem Salzbad

wendung von 20 mg/l/kg NaCl eine Iodkonzentration von 400 µg/kg Käse. Nach *Wiechen* und *Hoffmann* [40] würde dies bedeuten, daß ein Verbraucher mehr als 500 g dieser Randschicht verzehren müßte, um die empfohlene Iodaufnahme allein mit diesem Käse zu überschreiten. Da jedoch ein Konsument selten 500 g Käse und erst noch Käse nur von der Randschicht verzehrt, ist diese Aussage als nicht relevant zu taxieren, vor allem, weil wie diese Autoren festgestellt haben, ein deutlicher Gradient von außen nach innen existiert. Bei der realistischeren Annahme (täglicher Konsum von 50 g Käse) würde bei alleinigem Verzehr der Außenschicht eine Iodzufuhr von nur 20 µg erfolgen. Da in der Zwischenschicht von 2 cm die Iodkonzentration bereits auf etwa 70 µg/kg Käse gesunken ist, vermindert sich die Iodzufuhr auf etwa 10 µg, wenn angenommen wird, daß gleiche Mengen dieser beiden Schichten verzehrt wird.

Bei der Verwendung eines zehnfach erhöhten Iodgehaltes im Kochsalz müßte nach 42 Tagen Reifungsdauer mit einer Iodkonzentration von etwas mehr als 3000 µg/kg Käse in der Außenschicht gerechnet werden, was bei einem alleinigen Verzehr der Außenschicht als nicht gefahrlos taxiert werden muß. Daß jemand nur ein Stück der Außenschicht verzehrt, könnte in der Realität durchaus einmal zutreffen, am ehesten noch bei Kleinkindern. Bei einem Konsum von 50 g der Außenschicht eines solchen Käses ergäbe dies eine Zufuhr von 150 µg Iod. Vielleicht müßte man Käse speziell für die Schmelzkäsefabrikation unter solchen Salzbadbedingungen herstellen, da bei deren Herstellung eine homogene Verteilung des Iods erreicht werden dürfte. Der Nutzen für die Iodversorgung der Bevölkerung dürfte jedoch gering sein, da beispielsweise in der Schweiz pro Jahr 1,2 kg Schmelzkäse, etwa 3–4 g pro Tag, verbraucht wird.

Aus den Resultaten von *Wiechen* und *Hoffmann* [40] sollte sich ein mittlerer Iodgehalt des Edamer Käses aus den in *Tabelle 4* aufgeführten Iodgehalten in den drei Zonen und den Dimensionen für den fabrizierten Edamer (ca. 9,0 × 12,5 × 24,5 cm) berechnen lassen. Daraus ergibt sich für den gesamten Käse bei einer angenommenen Dichte des Käses von 1,1 eine mittlere Iodkonzentration von 200 µg/kg für die eingesetzte Iodmenge von 20 mg/kg und von 1900 µg/kg für die eingesetzte Iodmenge von 200 mg/kg. Aufgrund der Untersuchungen von *Hoffmann* et al. [64] berechnet sich aus dem Iodgehalt der drei Zonen (*Tabelle 4*) und den Dimensionen der Käse (24,5 × 12 × 10 cm, Gewicht 3 kg) eine mittlere Iodkonzentration des Edamers von etwa 490 µg/kg für Käse 1 und von 565 µg/kg für Käse 2. Von diesen Iodmengen stammen etwa 150 µg/kg aus der Milch.

Für Käse wie Weichkäse, bei denen die Rinde mitverzehrt wird, steht die gesamte, aus dem Salzbad übergegangene Iodmenge der Absorption im Darm zur Verfügung. Bei den Hart- und Halbhartkäsen, bei denen die Rinde nicht verzehrt wird, geht ein nicht-be-

stimmbarer Anteil des Iods, das heißt diejenige Menge, die mit der nicht-verzehrten Rinde verworfen wird, für die menschliche Ernährung verloren.

### Trockensalzen

Bei der Anwendung von Trockensalz wird das Salz durch die Feuchtigkeit des Käses gelöst und diffundiert in den Käse. In bezug auf die Verwendung von iodiertem Kochsalz ist im Käse mit einer inhomogenen Verteilung des Iods zu rechnen, also mit dem gleichen Phänomen wie nach dem Aufenthalt des Käses im Salzbad.

### Weitere Möglichkeiten zum Salzen der Käse

Nach *Kammerlehner* [36] existieren noch zwei weitere Käsesalzungsverfahren: Salzen der Käse in Kunststoffbeuteln und Injektion von Salzlösungen in den Käse. Beim einen Verfahren, das sehr aufwendig ist, wird auf der Oberfläche des Käses Salz verteilt und sodann der Käse in einen Kunststoffbeutel verpackt und gereift. Es sondert sich Serum ab und aus der entstehenden Salzlösung nimmt der Käse wieder Salz auf. Bei der Verwendung von iodiertem Kochsalz kann mit einer stärkeren Diffusion des Iods in den Käse gerechnet werden. Beim anderen Verfahren wird auf der Oberfläche, verteilt an mehreren Stellen, eine Salzlösung mit einer Nadel in den Käse injiziert. In bezug auf das Iod ist an den Stellen im Käse, wo die Salzlösungen appliziert wurden, mit einer überhöhten Iodkonzentration zu rechnen.

### Beurteilung der verschiedenen Käsesalzungsverfahren in Hinblick auf eine verbesserte Iodzufuhr

Die verschiedenen Käsesalzungsverfahren führen zu einer unterschiedlichen Iodver-

teilung im Käse und weisen verschiedene Vor- und Nachteile auf. In bezug auf die Iodverteilung unterschieden sich diese Verfahren dadurch, daß sie entweder eine inhomogene oder eine homogene Verteilung nach sich ziehen (*Tabelle 5*).

Auch wenn das heute üblich angewendete Verfahren der Salzbadbehandlung zu einer inhomogenen Iodverteilung im Käse führt, läßt sich durch die Verwendung von iodiertem Kochsalz bei der Käseherstellung ein Beitrag zu einer verbesserten Iodzufuhr erreichen. Aus Sicht der Präventivmedizin ist jede noch so kleine Zufuhr an zusätzlichem Iod aus einem Lebensmittel zu begrüßen.

### 6. Über den Übergang von natürlich in der Milch vorhandenem Iod in den Käse

In diesem Zusammenhang ist noch auf folgende Tatsache hinzuweisen. Auch die Milch enthält in unterschiedlichem Maße Iod. So unterscheidet sich der Iodgehalt der Milch in verschiedenen Ländern. Auch ist eine Abhängigkeit der Iodkonzentration der Milch von der Jahreszeit festzustellen, die auf den Einfluß der Fütterung zurückzuführen ist. Anfangs der 80er Jahre enthielt beispielsweise Kuhmilch in der Schweiz im Mittel etwa 30 µg/kg im Sommer und 120 µg/kg im Winter [41] und Ende der 80er Jahre 36 µg/kg im Sommer und 73 µg/kg im Winter [42]. Nach *Bürgi* et al. [41] dürfte der Anstieg des Iodgehaltes der Milch im Vergleich zu den 20er Jahren auf die vermehrte Verwendung von Kraftfutter im Winter, von iodiertem Viehsalz und Lecksteinen (100 mg KI/kg) sowie des Einsatzes von iodhaltigen Präparaten zur Vermeidung von Euterinfektionen sowie für die Entkeimung von Melkmaschinen zurückzuführen sein. Hinzu kommt noch die

*Tabelle 5: Verfahren zum Salzen von Käse und deren Beitrag im Zusammenhang mit iodiertem Kochsalz*

Verfahren (Iodzusatzt zur)	Vorteile	Nachteile	Iodverteilung
Käseemilch	verbesserte Käseereitfähigkeit	Verluste über Molke	homogen
Starterkultur	eine homogene Iodverteilung kann erreicht werden	Verwendung einer chemischen Substanz genaues Abwägen erforderlich Verluste über Molke	homogen
Bruch-Molke-Gemisch	schnellere Käseerifung → verstärkte Aromabildung	Verluste über Molke	homogen
Bruch	keine Salzverluste	Feuchtwerden des Kochsalzes	inhomogen
zerkleinerter Bruch	keine Salzverluste		wahrscheinlich homogen
Salzbad	Salzbad kann mehrmals verwendet werden	Diffusion des Iods durch Bindung an Proteine erschwert	inhomogen
Trockensalzen	mechanisierbar	Gefahr des Verklumpens	inhomogen
Kunststoffbeutel	längerer Kontakt mit dem Salz	großer Arbeitsaufwand	inhomogen
Injektion	schnellere Käseerifung → verstärkte Aromabildung	aufwendig	inhomogen

Tabelle 6: Iodgehalt von Milch in verschiedenen Ländern

Land <sup>1</sup>	N	Mittelwert µg/kg	Bereich µg/kg	Literatur
Schweiz (1980/81) (1989)	35 298	S 30 W 120 S 36 W 73	20–800 2–1120	Bürgi et al. [41] Schällibaum [42]
Deutschland (1984)	62	S 32 W 54	19–79	Wiechen u. Hoffmann [44]
Deutschland (1994)	370	S 96 W 132	24–294	Preiss et al. [65]
Deutschland (1997)	3		122–155	Schmid u. Stehle [45]
Tschechien (1997)	4		42–187	Rysava et al. [46]
Frankreich (1983) (1984)	286 264	S 44 W 97 S 23 W 93	4–894	Aumont et al. [47]
Niederlande (1985/86)	17	S 16 W 49	11–84	Koops et al. [48]
Finnland (1982)	212	S 78 W 260		Varo et al. [49]
Großbritannien (1990/91)	52	S 90 W 210	40–310	Lee et al. [50]
Polen (1988)		42		Bulinski et al. [51]
Türkei (1995)	38	87 ± 3		Gökmen u. Dagh [52]
USA (1990)	124	230 ± 90		Pennington [53]
Kanada (1993)	219	292 ± 129 <sup>a</sup> 302 ± 165 <sup>b</sup>	87–1304	Fischer u. Giroux [54]

S = Sommer; W = Winter    <sup>1</sup> in Klammer Jahr der Publikation    <sup>a</sup> teilentrahmte Milch; <sup>b</sup> Vollmilch

Verabreichung von iodenthaltenden Mineralstoffmischungen in der Tierernährung. So konnte kürzlich von einer Arbeitsgruppe in München [43] gezeigt werden, daß eine tägliche Iodzulage zum Futter von 20 mg zu einem Iodgehalt der Milch von 167 im Vergleich zu 128 µg/l ohne Iodzulage führte. In anderen Ländern konnten zum Teil noch höhere Iodkonzentrationen in der Milch nachgewiesen werden (Tabelle 6). In Kanada war es bis 1991 erlaubt, den Kühen Ethylendiamindihydroiodid zu verabreichen, um bei ihnen Fußfäule zu vermeiden. Doch hat sich nach Fischer und Giroux [54] das Verbot, diese Substanz weiterhin zu verwenden, nur geringfügig auf den Iodgehalt der Milch ausgewirkt. In Joghurt mit erniedrigtem Fettgehalt fanden sich 320 und in Erdbeer-Joghurt 190 µg/kg [55]. Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl konnte der Übergang von radioaktivem Iod aus der Milch in den Käse studiert werden. Daraus läßt sich abschätzen, in welcher Menge natürlich vorhandenes Iod in die Käsemasse übergeht. Aus der Kuhmilch traten im Mittel 29 % des Iods in den Käsebruch über [56] und aus der Schafmilch dagegen nur 13,7 % [57].

### 7. Beitrag der Milch und Milchprodukte zur Iodversorgung

Zum Schluß bleibt noch die Diskussion, welches der Beitrag der Milch und Milchprodukte inklusive Käse zur Iodversorgung ist. Dabei ist dieser Beitrag in Beziehung zu den empfohlenen täglichen Mengen zu setzen. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung [58] gibt in ihren Empfehlungen eine tägliche Iodaufnahme von 200 µg für Personen von 15 bis 50 Jahren und von 180 µg für Personen ab 51 Jahren an, die schweizerische Nährwertverordnung [22] sowie

die amerikanischen Recommended Dietary Allowances [59] liegen mit 150 µg für Jugendliche und Erwachsene etwas tiefer. Im folgenden soll für folgende Verzehrsmengen: 3 dL Milch, 150 g Joghurt, 50 g Käse und 20 g Butter die Iodzufuhr berechnet werden. Wenn von einem mittleren Iodgehalt der Milch von 100 µg/L (= Gehalt der Milch im Winter) ausgegangen wird, so entspräche der Verzehr von 3 dL Milch/Tag einer Iodaufnahme von 30 µg. Bei einem gleichen Iodgehalt kämen aus dem Verzehr von Joghurt noch 15 µg Iod hinzu. Beim Käse, der in einem Salzbad ohne iodiertes Kochsalz gehalten wird, sieht der Beitrag des aus der Milch stammenden Iods folgendermaßen aus, wenn dabei von folgenden Voraussetzungen ausgegangen wird: die zur Käsefabrikation verwendete Kuhmilch enthält einen mittleren Iodgehalt von 100 µg/kg, für 1 kg Käse werden 8 L Milch benötigt und nach Vosniakos et al. [56] gehen etwa 30 % des in der Milch vorkommenden Iods in den Käse über. Unter diesen Voraussetzungen enthielte der Käse einen Gehalt von etwa 240 µg Iod/kg. Bei einem Konsum von 50 g Käse entspräche dies einer Zufuhr von 12 µg Iod. Nach den Untersuchungen von Hoffmann et al. [64] waren es etwa 150 µg Iod/kg, die aus der Milch stammen. Im Vergleich dazu haben Pennington et al. [55] in amerikanischem Käse 350, in Cheddar 360 und in Hüttenkäse 240 µg Iod/kg und Bulinski et al. [51] in Camembert 190, Brie 232, Tilsiter 374 und Edamer 377 µg Iod/kg bestimmt. Ein höherer Iodgehalt ist jedoch bei einem Käse, der in einem iodhaltigen Salzbad gehalten wurde, zu erwarten. Wie bereits diskutiert, kann aus den Untersuchungen von Wiechen und Hoffmann [40] resp. Hoffmann et al. [64] eine ungefähre Iodkonzentration für den gesamten Käse von 200 resp. 500 µg Iod/kg berechnet werden. Bei einem täglichen Konsum von 50 g Käse/Person würden damit zusätzlich noch etwa 10 resp. 25 µg Iod aufgenommen.

In Ländern, in denen gesalzener Butter zum Verkaufe gelangt, könnte auch dieser mit iodiertem Kochsalz hergestellt werden. Es ist nicht zu erwarten, daß deswegen Qualitätsprobleme entstünden. Bei einem täglichen Verzehr von 20 g gesalzener Butter, die bis zu 20 g Kochsalz/kg enthalten kann, entspräche dies einer zusätzlichen Iodmenge von 6 µg.

Bei dieser Modellrechnung würden im Winter aus dem Verzehr von Milch (3 dL Milch 30 µg) und Milchprodukten (150 g Joghurt 15 µg, 50 g Käse 22 µg, 20 g gesalzene Butter 6 µg) insgesamt etwa 70 µg Iod/Tag aufgenommen, was 35 % der deutschen Empfehlungen und knapp 50 % der schweizerischen Nährwertverordnung und der amerikanischen Empfehlungen entspricht. Daß diese Berechnungen nicht unrealistisch sind, zeigt das Beispiel Großbritannien. Dort tragen Milch und Milchprodukte 35 % (= 77 µg) zur täglichen Iodaufnahme von 219 µg bei, wobei 22 % aus dem Verzehr von Vollfettmilch stammen [50]. In den USA sind es 19 % (= 60 µg) der täglichen Iodaufnahme von 317 µg für die Altersgruppe 25–30 Jahre und 17 % (= 46 µg) von 269 µg für diejenige von 60–65 Jahren [60, 61].

zentration für den gesamten Käse von 200 resp. 500 µg Iod/kg berechnet werden. Bei einem täglichen Konsum von 50 g Käse/Person würden damit zusätzlich noch etwa 10 resp. 25 µg Iod aufgenommen.

In Ländern, in denen gesalzener Butter zum Verkaufe gelangt, könnte auch dieser mit iodiertem Kochsalz hergestellt werden. Es ist nicht zu erwarten, daß deswegen Qualitätsprobleme entstünden. Bei einem täglichen Verzehr von 20 g gesalzener Butter, die bis zu 20 g Kochsalz/kg enthalten kann, entspräche dies einer zusätzlichen Iodmenge von 6 µg.

Bei dieser Modellrechnung würden im Winter aus dem Verzehr von Milch (3 dL Milch 30 µg) und Milchprodukten (150 g Joghurt 15 µg, 50 g Käse 22 µg, 20 g gesalzene Butter 6 µg) insgesamt etwa 70 µg Iod/Tag aufgenommen, was 35 % der deutschen Empfehlungen und knapp 50 % der schweizerischen Nährwertverordnung und der amerikanischen Empfehlungen entspricht. Daß diese Berechnungen nicht unrealistisch sind, zeigt das Beispiel Großbritannien. Dort tragen Milch und Milchprodukte 35 % (= 77 µg) zur täglichen Iodaufnahme von 219 µg bei, wobei 22 % aus dem Verzehr von Vollfettmilch stammen [50]. In den USA sind es 19 % (= 60 µg) der täglichen Iodaufnahme von 317 µg für die Altersgruppe 25–30 Jahre und 17 % (= 46 µg) von 269 µg für diejenige von 60–65 Jahren [60, 61].

### 8. Schluß

Milch und Milchprodukte können einen nicht unerheblichen Beitrag zur Iodversorgung der Bevölkerung leisten. Obwohl in Käse, der in einem Salzbad mit iodiertem Kochsalz behandelt wurde, das Iod während der Reifung nur langsam in das Innere des Käses diffundiert, ist der Beitrag des Käses an der Iodversorgung nicht zu unterschätzen. Denn eine genügende Iodversorgung der Bevölkerung kann nur dann erreicht werden, wenn bei der Herstellung von Lebensmitteln ausschließlich iodiertes Kochsalz verwendet wird.

Bestrebungen, den Kochsalzgehalt von Käse aus ernährungsphysiologischer Sicht zu vermindern, sei es durch einen Ersatz von Natriumchlorid durch Kalium- und/oder Magnesiumchlorid oder durch eine verkürzte Salzbadbehandlung [62, 63], könnte jedoch auch die Iodzufuhr aus Käse beeinträchtigen. Deshalb erscheint es sinnvoll, den Iodidgehalt im Speisesalz, wie es in der Schweiz inzwischen geschehen ist, maßvoll zu erhöhen.

Literaturverzeichnis beim Autor.

### Dank

Ich danke meinem Kollegen Hans Schär für die kritische Durchsicht dieser Arbeit.

Adresse des Autors:

Dr. R. Sieber  
 Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld  
 CH-3003 Bern