

Zur Jodanreicherung in Lebensmitteln tierischer Herkunft

Gerhard Flachowsky¹, Friedrich Schöne² und Gerhard Jahreis³, ¹Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig; ²Referat Ernährung und Produktqualität, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) und ³Institut für Ernährungswissenschaften der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Jod gehört zu den Spurennährstoffen, mit denen weltweit viele Millionen Menschen nicht ausreichend versorgt sind. Daher sind umfangreiche Bemühungen zur Verbesserung der Jodversorgung notwendig. Neben der Jodierung von Speisesalz und verschiedenen anderen Lebensmitteln wird auch versucht, die Jodversorgung der Menschen zu verbessern, indem Jod dem Futter von Lebensmittel-erzeugenden Nutztieren zugesetzt wird.

Mit dieser Problematik hat sich kürzlich auch das FEEDAP-Panel (Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed) der EFSA (2005; European Food Safety Authority) beschäftigt. In Anlehnung an diese Studie wird über den gegenwärtigen Wissensstand zur Jodanreicherung in Lebensmitteln tierischer Herkunft berichtet.

Einleitung

Das Spurenelement Jod gehört sicherlich zu den Elementen, denen sowohl in der „Ernährungs-Umschau“ [z. B. 1–4] als auch in der weltweit verfügbaren Literatur [5–7] oder in Reviews [8–12] in den zurückliegenden Jahren eine herausragende Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

Dieses Interesse an Jod resultiert aus seiner nach wie vor großen Bedeutung als defizitärer Nährstoff für die Human- und Tierernährung. Nach Einschätzung der FAO leiden weltweit immer noch etwa 800 Mio. Menschen an

einem Joddefizit [13]. Auch in West- und Zentraleuropa soll noch über die Hälfte der Einwohner eine Jod-Urין-Konzentration von <100 µg/l aufweisen, was als Kriterium für eine nicht ausreichende Jodversorgung angesehen wird [8, 14, 15]. Bei Tieren finden sich als Folge nicht ausreichender Jodaufnahme Kropf, verminderte Fruchtbarkeit und geringeres Wachstum [16–19].

Andererseits gibt es Hinweise auf Störungen bei zu hoher Jodversorgung sowohl beim Menschen (z. B. Hyperthyreose bei autonomen Adenomen, Hypothyroidismus bei Jodsupplementation nach längerfristigem Jodmangel) [12] als auch bei Nutztieren (verminderte Leistungen, Fruchtbarkeitsstörungen) [17, 19]. Allerdings bestehen deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Tierarten und Nutzungsrichtungen. Besonders sensibel sind Pferde [20–22], toleranter scheinen Schweine und Fische [19, 21, 23] gegenüber erhöhter Jodzufuhr zu sein [s. a. 24].

Aus dieser Situation resultieren verschiedene Bemühungen, die Jodversorgung der Menschen zu verbessern, wie z. B. durch

- Jodierung von Speisesalz,
- Jodanreicherung von Futtermitteln, um über einen Carry over in Milch, Fleisch und Eier den Jodgehalt in Lebensmitteln tierischer Herkunft zu erhöhen.

Andererseits sind Überschüsse an Jod bei der Versorgung von Mensch und Tier zu vermeiden.

Im vorliegenden Beitrag wird versucht, die Möglichkeiten und Grenzen der Jodanreicherung in Lebensmitteln tierischer Herkunft zu bewerten und Konsequenzen für erforderliche Untersuchungen aufzuzeigen.

Empfehlungen zur Jodversorgung des Menschen

Zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Gremien bestehen keine

Tab. 1: Empfehlungen zur Jodzufuhr beim Menschen (in µg/Tag)

Alter/physiolog. Status	Zufuhrempfehlungen		
	WHO [25]	USA DRI [26]	D-A-CH [27]
0–1 Jahre		110–130	40–80
0–6 Jahre	90		
1–8 Jahre		90	
1–15 Jahre			100–200
6–12 Jahre	120		
9–13 Jahre		120	
14–18 Jahre/Erwachsene		150	
Jugendliche/Erwachsene	150		180–200
Schwangerschaft		220	230
Schwangerschaft/Stillzeit	200		
Stillzeit		290	260

Tab. 2: Tolerierbare Höchstmengen (UL) der Jodaufnahme gesunder Menschen nach verschiedenen Gremien (in µg/Tag, nach EFSA 2005)

Alter/physiolog. Status	tolerierbare Höchstmengen			
	USA [26]	SCF [11]	WHO [28]	D-A-CH [27]
1–3 Jahre	200	200	<1 mg	<500
4–6 Jahre	–	250	(1000 µg)	µg/Tag
4–8 Jahre	300	–	je Tag	
7–10 Jahre	–	300	werden als	
9–13 Jahre	600	–	sicher	
11–14 Jahre	–	450	angesehen	
14–18 Jahre	900	–		
15–17 Jahre	–	500		
>19/Erwachsene	1100	600		
Schwangerschaft	900	600		
Stillzeit	1100	600		

wesentlichen Unterschiede in den Empfehlungen zur täglichen Jodzufuhr beim Menschen (Tab. 1). Für Vorschulkinder liegen die Empfehlungen bei 100 µg, für Schulkinder bei 120–150 µg und für Erwachsene bei 150–200 µg/Tag. Während der Schwangerschaft und der Stillzeit liegen die Empfehlungen der WHO [25] deutlich unter den Angaben des US Food and Nutrition Board [26] und den D-A-CH-Empfehlungen [27] (Tab. 1).

Tolerierbare Jodaufnahme beim Menschen

Da Jodüberschüsse auch zu Nebenwirkungen führen können, hat sich die WHO [28] in der Phase intensiver Bemühungen zur Bekämpfung von Joddefiziten mit den maximal tolerierbaren Aufnahmemengen (tolerable upper intake level, UL) beschäftigt und diese mit 1 mg/Tag beim Erwachsenen festgelegt. Später wurde sowohl vom US Food and Nutrition Board [26] als auch dem SCF [11] dieser Wert weiter präzisiert (Tab. 2). Die niedrigeren UL für Jugendliche und Erwachsene des SCF im Vergleich zu den US-Werten werden mit der defizitären Situation in Europa und dem höheren Risiko für Hyperthyroidismus bei Überversorgung nach langfristigen Defizit begründet.

Empfehlungen zur Jodversorgung von Lebensmittel erzeugenden Tieren

Analog zu den Empfehlungen für die Humanernährung haben verschiedene wissenschaftliche Gesellschaften Empfehlungen zur Jodversorgung der landwirtschaftlichen Nutztiere abgeleitet. In Tabelle 3 sind exemplarisch die Versorgungsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Deutschland; GfE) und des National Research Council (USA; NRC) dargestellt. Die Empfehlungen schwanken zwischen 0,15 und 0,8 mg/kg Futtertrockensubstanz (T), wobei offensichtlich ist, dass für wachsende Tiere (Jungrinder, Schweine) niedrigere Werte angegeben werden als für laktierende bzw. Eier legende Tiere. Die Schwankungsbreiten bei Schafen und Ziegen sind Ausdruck gewisser Unsicherheiten (fehlende experimentelle Daten), berücksichtigen aber auch die verschiedenen Nutzungsrichtungen (z. B. Wachstum, Laktation).

Tab. 3: Empfehlungen zur Jodversorgung von Lebensmittel erzeugenden Tieren nach verschiedenen wissenschaftlichen Gesellschaften (Angaben in mg/kg Futtertrockensubstanz)

Tierarten/ Kategorien	GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) [29–34]	NRC (National Research Council) [35–38]
Wiederkäuer		
-Milchkühe	0,50	0,50
-Mastbullen	0,25	0,50
-Jungrinder	0,25	0,25
-Schafe	k. A.	0,1–0,8
-Ziegen	0,3–0,8	k. A.
Schweine		
-Mastschweine	0,15	0,16
-Zuchtsauen	0,5–0,6	0,16
Geflügel		
-Junghennen	0,4	0,33–0,35
-Legehennen	0,5	0,32–0,48
-Broiler	0,5	0,35
-Puten	0,5	0,4

Diese Versorgungsempfehlungen (Tab. 3) liegen deutlich über dem Nettobedarf der Tiere. Bei Rindern auf Erhaltungsniveau werden beispielsweise täglich 0,2 bis 0,3 mg Thyroxin je 100 kg Körpergewicht synthetisiert; dieses enthält 0,13 bis 0,2 mg Jod [40]. Unter Berücksichtigung der Jodverfügbarkeit für die Schilddrüse und des Jodrecyclings aus dem Thyroxinabbau wird der Jodbedarf je 100 kg Lebendmasse und Tag mit ≈ 0,6 mg geschätzt [41]. Für ein 600 kg schweres Rind würde der Jod-Erhaltungsbedarf demnach ≈ 3,6 mg/Tag betragen, bei 10–12 kg T-Aufnahme/Tag resultiert daraus ein Jodgehalt von 0,3 mg/kg T. Bei hoher Milchleistung wurde ein Anstieg der Thyroxinsynthese auf das 2,5-Fache ermittelt [42]. Daraus ergibt sich ein Tagesbedarf von ≈ 9 mg Jod. Bei einer täglichen Trockensubstanzaufnahme von ≈ 20 kg kann dieser Tagesbedarf mit einer Jodkonzentration im Futter von ≈ 0,5 mg/kg T gedeckt werden (Tab. 3). Wenn die Futtermischungen Jod-Antagonisten enthalten (z. B. Produkte von Kreuzblütlern mit Glucosinolaten wie Raps, Rüben oder Krambe), sollten die Empfehlungen zur Jodversorgung (Tab. 3) etwa verdoppelt werden [43].

Obergrenzen für die Jodzufuhr in der Tierernährung

Der Jodbedarf der Lebensmittel erzeugenden Nutztiere beträgt folglich <1 mg je kg Futtertrockensubstanz (Tab. 3). Um eine Verbesserung der Jodversorgung über Lebensmittel tierischer Herkunft zu ermöglichen, gestattet der Gesetzgeber relativ hohe Maximalwerte für Jod in der Tierernährung (Tab. 4). Die Obergrenzen liegen zwischen 4 (Pferde) und 20 mg/kg Alleinfutter (für Fische) und entsprechen etwa dem 10- bis 20-Fachen der von wissenschaftlichen Gesellschaften empfohlenen Zufuhrmengen (Tab. 3). Die Spanne zwischen den Versorgungsempfehlungen für Jod und den zulässigen Maximalwerten ist auch deutlich höher als bei allen anderen Spurenelementen. So beträgt sie für Cu und Zn maximal das 2,5-Fache [45].

Jodgehalt von Lebensmitteln tierischer Herkunft

Neben Fisch sind vor allem Milch [1, 24] und Eier [24] bedeutsame Jodquellen für den Menschen. Nachfolgend wird dargestellt, wie der Jodgehalt von

Tab. 4: Bedingungen für die Nutzung von Jodsalzen in der EU [44]

Zugelassene Salze	Chemische Formel
Calciumjodat, Hexahydrat	Ca(IO ₃) ₂ × 6 H ₂ O
Calciumjodat, Anhydrat	Ca(IO ₃) ₂
Natriumjodid	NaI
Kaliumjodid	KI
Maximaler Gehalt an Jod in mg/kg Alleinfutter (Wassergehalt 12 %)	
Milchkühe und Legehennen: 5 (gesamt) ¹	
Fische: 20 (gesamt)	
sonstige Tierarten und Kategorien: 10 (gesamt)	
¹ vor dem 09.09.2005 war auch für Milchkühe und Legehennen ein maximaler Gehalt von 10 mg gestattet	
Dauer der Zulassung	
ohne zeitliche Begrenzung	

Milch, Fleisch und Eiern durch die Jodversorgung der Tiere beeinflusst werden kann. Bei dieser Zusammenstellung wird offenbar, dass nur wenige Dosis-Wirkungs-Studien vorliegen. Außerdem können kaum Aussagen über den Transfer von Jod aus verschiedenen Jodquellen (z. B. Jodid, Jodat, organisch gebundenes Jod aus Algen u. a.) in die Lebensmittel tierischer Herkunft getroffen werden.

Milch

In Lebensmitteltabellen [z. B. 46] wird der mittlere Jodgehalt von Vollmilch mit $\approx 27 \mu\text{g/l}$ angegeben; die Variationsbreite liegt zwischen 20 und $60 \mu\text{g/l}$. Diese Werte stimmen annähernd mit denen von Milchproben überein, die vor der Jodsupplementation des Futters ermittelt wurden [z. B. 47, Tab. 5].

Die Jodsupplementation führte zu einem deutlichen Anstieg des Jodgehalts der Milch, der im Mittel bei in den letzten Jahren gewonnenen Praxisproben bei $> 100 \mu\text{g/l}$ liegt und erheblich streut (Tab. 5). Bei allen diesen Proben ist die tatsächlich vorgenommene Jodsupplementation unklar. Nach Auskunft des Deutschen Verbandes für Tiernahrung [52] ist die Jodergänzung des Kraft- bzw. Mineralfutters für Milchkühe sehr variabel. Bei Extrapolation der für Schweine und Geflügel üblichen Supplementation dürfte die Ergänzung des Milchviehmischfutters bei $\approx 1 \text{ mg/kg}$ liegen. Bei einem Kraftfutteranteil von $\approx 50\%$ kann demnach eine Jodsupplementation von $0,5 \text{ mg/kg}$ Futtertrockensubstanz unterstellt werden, die zu den in Tabelle 5 zusammengestellten Jodgehalten in Milch aus Praxisproben führt.

Ähnliche Jodgehalte in Milchproben aus der Praxis sind auch aus anderen Ländern bekannt. DAHL et al. [53] verglichen in Norwegen die Jodgehalte der Milch von 1971 (Sommer: $65 \mu\text{g/l}$; Winter: $120 \mu\text{g/l}$) mit Proben von 2000 (Sommer: $88 \mu\text{g/l}$, Variationsbreite: $63\text{--}122 \mu\text{g/l}$; Winter: $232 \mu\text{g/l}$, Variationsbreite $103\text{--}272 \mu\text{g/l}$) und konnten vor allem im Winter einen deutlichen Anstieg beobachten. Die Ursache dafür ist in einer erhöhten Mineralfuttermittelaufnahme bei Stallfütterung im Winter zu suchen (s. a. Tab. 5 [48] sowie ALS et al. [5]). Nach den Schätzungen von LINDMARK-MANSSON et al. [54] erhöhte sich in Schweden infolge der Jodsupplementation der Jodgehalt der Milch von 1975 bis 1995 um 80% (auf $140 \mu\text{g/l}$). Laut MAFF [55] stieg in Großbritannien der Jodgehalt

der Milch von 150 (1991/92) auf $311 \mu\text{g/l}$ (1998/99) an. Über noch höhere Werte berichten KURSA et al. [56] aus der Tschechischen Republik. Sie untersuchten Milch von 187 Höfen und fanden im Mittel $324 \mu\text{g Jod/l}$. $4,3\%$ der Proben enthielten <20 und $18,7\%$ $>500 \mu\text{g Jod/l}$. Als Maximalwert werden $2512 \mu\text{g Jod/l}$ Milch angegeben. Wie bereits bei der Bewertung der Proben aus Deutschland angemerkt, gestatten auch die aus dem Ausland stammenden Werte nicht die Ableitung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen, da bei den Praxisproben keine klaren Angaben zur Jodaufnahme der Milchkühe vorliegen. Die wenigen zur Thematik vorliegenden Exaktversuche lassen gewisse Schlussfolgerungen auf die Dosierungshöhe unter Feldbedingungen zu.

KAUFMANN und RAMBECK [57] supplementierten die Tagesration von Milchkühen mit $20, 60$ bzw. 150 mg Jod (entspricht bei 20 kg T -Aufnahme etwa $1,3$ bzw. $7,5 \text{ mg/kg T}$) und ermittelten einen deutlichen Anstieg im Jodgehalt der Milch (Tab. 6). Eine noch stärkere Response der Jodzulagen konnten wir in einem noch nicht abschließend ausgewerteten Versuch feststellen (Tab. 7). Die dabei ermittelten Höchstgehalte in der Milch sind mit den von KURSA et al. [56] gemessenen Werten vergleichbar.

Neben der Jodsupplementation des Futters wird der Jodgehalt in der Milch

Tab. 5: Jodkonzentration in Milchproben aus der Praxis nach verschiedenen Autoren

Quelle, Bedingungen, Stichprobe [Lit.]	$\mu\text{g/kg}$ Milch
Praxisproben vor (1985) und nach Jod-Supplementation (1987/89) in Ostdeutschland [47]	17 ± 10 (1985) 53 ± 35 (1987) 81 ± 11 (1989)
Proben aus Bayern (Einfluss der Jahreszeit) [48]	
Januar, n = 33	102 (48–188)
Februar, n = 31	100 (42–177)
März, n = 31	119 (60–181)
April, n = 33	138 (53–298)
Mai, n = 33	87 (45–168)
Juni, n = 32	111 (24–202)
Juli, n = 31	98 (32–181)
August, n = 29	87 (30–181)
September, n = 29	84 (26–154)
Oktober, n = 27	98 (31–171)
November, n = 29	161 (79–259)
Dezember, n = 30	180 (80–294)
Proben aus Thüringen (gleiche Region) [49]	91
n = 34 [50]	178 (48–661)
Rohmilch, n = 23 [51]	94 (9–189)
past. Milch, n = 9 [51]	100 (33–157)
[2]	174

auch von weiteren Faktoren beeinflusst, wie z. B. vom Gehalt an Antagonisten des Jodstoffwechsels im Futter oder vom Jodgehalt der Euterpflege- bzw. Melkanlagen-Reinigungsmittel. Durch den Einsatz glucosinolatreicher Futtermittel ist eine Verringerung des Jodgehaltes in der Milch zu erwarten, wie für Krambe-Nebenprodukte gezeigt wurde (Tab. 8). Wie bereits erwähnt, sollte unter solchen Bedingungen

Tab. 6: Einfluss unterschiedlicher Jodgaben auf die Jodkonzentration der Kuhmilch, n = 6 [57]

Jodgabe	Jodgehalt der Milch ($\mu\text{g/l}$)
Kontrolle ($\approx 0,5 \text{ mg/kg T}$)	130
+ 20 mg/Kuh und Tag	180
+ 60 mg/Kuh und Tag	400
+ 150 mg/Kuh und Tag	480

Tab. 7: Einfluss unterschiedlicher Jodsupplementation auf die Jodkonzentration der Kuhmilch und die Jod-Wiederfindung in der Milch, n = 5 [58]

Jodzulage (mg/kg T)	Jodgehalt der Milch ($\mu\text{g/kg}$)	Wiederfindung in der gesamten Milch (% des insgesamt zugelegten Jods)
0 (Grundgehalt der Ration, $0,2 \text{ mg/kg T}$)	101 ± 32	keine Angabe ¹
1,2	343 ± 109	47
5,5	1215 ± 222	41
10	2762 ± 852	35

¹Milchjod entstammt überwiegend den Speichern (Schilddrüse)

Tab. 8: Einfluss glucosinolatreicher Futtermittel (Krambe-Kuchen bzw. Krambe-Extraktionsschrot mit 50,4 bzw. 77,4 mmol Glucosinolaten/kg T) auf den Jodgehalt von Kuhmilch, n = 10, Jodgehalt der Ration: 0,8 mg/kg T [59]

Krambe-Gehalt im Kraftfutter (%)	Krambe-Kuchen Aufnahme (kg/Tag)	µg Jod/l Milch	Krambe-Extraktionsschrot Aufnahme (kg/Tag)	µg Jod/l Milch
0	0	271 ± 64	0	182 ± 30
15	0,77	142 ± 40	0,83	95 ± 28
30	1,35	117 ± 33	1,53	77 ± 14

gen die empfohlene Jodzufuhr etwa verdoppelt werden.

Die Aussagen zum Einfluss jodhaltiger Euterpflegemittel (Dipp-Mittel) auf den Jodgehalt der Milch sind widersprüchlich. Während mehrere Forschergruppen [60–63] einen deutlichen Einfluss der Euterpflege auf den Jodgehalt der Milch ermittelten (Anstieg um 40 bis 100 µg Jod/l), fand GALTAN [64] in einer neueren Studie keinen Effekt. HAMANN und HEESCHEN [65] berichten von einem Anstieg im Jodgehalt der Milch (+ 52 µg/l), wenn jodhaltige Reinigungs- und Desinfektionsmittel zur Reinigung der Melkanlage verwendet wurden. Die Bioverfügbarkeit des Jods aus Euterpflegemitteln ist allerdings möglicherweise eingeschränkt [66].

Fleisch

Der Jodgehalt im Muskelfleisch von Schweinen wird in Lebensmitteltabellen mit 45 (g/kg (Variationsbreite: 26–52 µg/kg) angegeben [46]. Für Muskelfleisch vom Rind werden 54 µg Jod/kg als Mittelwert mitgeteilt (Variationsbreite: 17–68 µg/kg). Sowohl diese Werte als auch die nach Jod-Zulageversuchen erzielten Befunde (Tab. 9) zeigen keine so deutlichen Schwankungen bzw. Erhöhungen des Jodgehaltes, wie sie bei Milch (vgl. Tab. 5–8) oder bei Eiern (s. Tab. 10 u. 11) beobachtet wurden [24].

In Tabelle 9 sind Ergebnisse einer der wenigen Dosis-Wirkungs-Studien zusammengestellt. Nach Zulage von 5 bzw. 8 mg Jod/kg Mischfutter stieg der Jodgehalt von Schweinefleisch von 32 auf 38 bzw. 51 µg/kg an. Stammte das Jod aus Algen, war der Effekt der Zulage deutlicher (Anstieg auf 86 bzw. 94 µg/kg). Ähnlich geringe Wirkungen wie bei Schweinen wurden nach Jodzulage auch für Rinder, Schafe, Ziegen und Geflügel berichtet [68–70].

Andererseits gibt es Hinweise, dass mit älteren Methoden zur Jodbestimmung der Gehalt im Fleisch deutlich überschätzt wird [71]. Neuere, mit ICP-MS erzielte Ergebnisse deuten auf Jodgehalte im Fleisch in der Größenordnung von 2–5 µg/kg hin. Unabhängig von diesen Unsicherheiten kann der Beitrag von Fleisch zur Jodversorgung des Menschen als relativ gering (<5 % der Aufnahme) eingeschätzt werden.

Eier

Hühnereier enthalten nach der Lebensmitteltabelle SOUCI-FACHMANN-KRAUT [46] im Mittel 95 µg Jod/kg; als Variationsbreite werden 10–400 µg Jod/kg angegeben. Der Gehalt im Eidotter ist dabei deutlich höher als der im Eiklar (≈ 15 % der Gehalte des Dotters). Auch bei Jodzulagen steigt er im Dotter stärker an als im Eiklar (Tab. 10). Unter Berücksichtigung der Pro-

portionen zwischen Dotter und Eiklar (≈ ein Drittel zu zwei Drittel) kann die Jodkonzentration im Hühnerei abgeleitet werden. Über noch höhere Werte im Ei als JALCIN et al. [72] (Tab. 10) informiert RICHTER [73] (Tab. 11). Unter Berücksichtigung von Futter- und Jodaufnahme sowie Legeleistung und Jodausscheidung mit dem Ei kalkulierte RICHTER [73] den Übergang des aufgenommenen Jods ins Ei und ermittelte dabei Werte zwischen 11,6 und 18,6 % der Zufuhr (Tab. 11). Diese Werte liegen unter den für Kuhmilch mitgeteilten Transferzahlen (Tab. 7). Demnach sind neben der Harnausscheidung bei laktierenden bzw. legenden Tieren Milch bzw. Eier bevorzugte Wege der Jodabgabe.

Schlussfolgerungen

Durch Jodzulagen, die den Bedarf (≈ 0,5 mg/kg T) der Lebensmittel erzeugenden Tiere übersteigen, ist eine deutliche Erhöhung des Jodgehaltes in Milch und Eiern möglich (Tab. 12). Bei der bisher futtermittelrechtlich möglichen Dosierung von 10 mg Jod je kg Trockenfutter (88 % Trockensubstanz) kann der Jodgehalt in Milch und Eiern auf >1000 µg/kg ansteigen. Somit könnte bereits mit 0,5 l Milch die maximal tolerierbare Jodaufnahme (Tab. 2) vor allem bei Kindern und Jugendlichen deutlich überschritten werden, wie die Worst-case-Szenarien der EFSA [24] belegen. Obwohl diese Situation in der Praxis nicht eintreten dürfte, da bisher kaum mehr als 2 mg Jod je kg Mischfutter supplementiert werden [52], könnte eine so hohe mögliche Jod-Dosierung ein potenzielles Risiko für bestimmte Bevölkerungsgruppen darstellen.

Daraus resultierte die Empfehlung der EFSA [24], die Höchstgrenzen für Jod im Futter für Milchkühe und Legehennen zu senken. Diesem Vorschlag

Tab. 9: Einfluss unterschiedlicher Jodzulagen auf den Jodgehalt in verschiedenen Organ- und Gewebeprobe beim Schwein, n = 12 [67]

Organ/Gewebe	Jodgehalt (µg/kg Frischmasse)			
	Muskel	Herz	Leber	Niere
Kontrolle (0,22 mg J/kg)	32	32	53	56
+ 5 mg J/kg (KJ)	38	51	86	94
+ 8 mg J/kg (KJ)	51	63	115	105
+ 5 mg J/kg (Algen)	86	54	127	97
+ 8 mg J/kg (Algen)	94	73	164	128

Tab. 10: Einfluss unterschiedlicher Jodzulagen auf den Jodgehalt im Eiklar bzw. Eidotter, n = 120, Versuchsdauer: 30 Wochen [72]

Jodgehalt der Mischung (mg/kg)	Jodgehalt (µg/kg Frischmasse) Eiklar	Jodgehalt (µg/kg Frischmasse) Eidotter
0,8	48	443
2,9	107	664
5,2	180	1122
11,1 ¹	290	1953
21,5 ¹	511	3352

¹Werte liegen über EU-Obergrenze

Tab. 11: Einfluss unterschiedlicher Jodzulagen auf den Jodgehalt in Eiklar, Eidotter und Gesamtei und die Jod-Wiederfindung im Ei, n = 10 [73]

Jodgehalt der Futtermischung (mg/kg T)	Jodgehalt (µg/kg Frischmasse)			Wiederfindung im Ei (% der Jodaufnahme)
	Eiklar	Eidotter	Gesamtei	
0,4	17	350	140	18,6
0,9	28	950	330	17,3
5,4	140	5 750	1 460	12,5
20,4 ¹	600	18 500	7 000	16,3
40,4 ¹	1 260	19 250	10 670	11,6

¹Werte liegen über EU-Obergrenze

Tab. 12: Jodgehalt ausgewählter Lebensmittel tierischer Herkunft unter Berücksichtigung der Jodversorgung der Tiere, Angaben auf der Basis vorliegender Daten, s. Tabellen 5–11 sowie [24]

Jodgehalt der Futtermischung (mg/kg T)	Jodgehalt in Lebensmitteln tierischer Herkunft (µg/kg Frischmasse)		
	Milch	Schweinefleisch	Hühnereier
0,5 (≈ Bedarf)	60–130	(30) ¹	100–150
1	100–270	–	200–350
5	400–1 200	(60) ¹	500–1 400
10	(?–) ¹ 2 800	(100) ¹	(1 400–3 000) ¹

¹Werte in Klammern aus vorliegenden Daten extrapoliert

folgte die EU-Kommission dann wenig später (Tab. 4).

Durch die Absenkung dieser Obergrenzen sind keinerlei Auswirkungen auf Gesundheit und Leistung der betroffenen Tierarten zu erwarten, da auch die „neuen“ Obergrenzen etwa 10-fach über dem Bedarf der Tiere lie-

gen (Tab. 3). Auch bei Einsatz von Futtermitteln mit höherem Gehalt an Jod-Antagonisten reichen die Jodzulagen aus. Der Jodgehalt von Milch und Eiern wird in der Praxis auch etwa auf dem bisherigen Niveau bleiben, da die Obergrenzen nicht annähernd ausgeschöpft wurden.

Zusammenfassung

Zur Jodanreicherung in Lebensmitteln tierischer Herkunft

G. Flachowsky, F. Schöne, G. Jahreis, Braunschweig/Jena

Jod ist für Mensch und Tier ein lebensnotwendiges Spurenelement. Weltweit gehört es zu den Spurennährstoffen, bei denen viele Menschen Defizite aufweisen. Aus diesem Grund sind Bemühungen erforderlich, die Jodversorgung zu verbessern.

Durch bedarfsübersteigende Jodzulagen zum Futter der Tiere kann vor allem in Milch und Eiern der Jodgehalt erhöht werden, so dass bei Ausschöpfung der bis vor kurzem zulässigen Höchstgehalte von 10 mg Jod/kg Futter in beiden Lebensmitteln >1 000 µg Jod je kg vorkommen können. Da andererseits auch Jodüberschüsse – vor allem nach längerfristigem Jodmangel – bei Menschen Störungen des Schilddrüsenstoffwechsels verursachen können, wurde auf EU-Ebene bei Milchkühen und Legehennen aufgrund einer Studie (EFSA 2005) eine Reduzierung der zulässigen Höchstgehalte von 10 auf 5 mg/kg Mischfutter (mit 88 % T) vorgenommen.

Im Beitrag wird auf den Einfluss unterschiedlicher Joddosierungen im Futter auf den Jodgehalt der Lebensmittel tierischer Herkunft eingegangen. Infolge der unbefriedigenden Datenbasis sind weitere Dosis-Wirkungs-Versuche mit Lebensmitteln erzeugenden Tieren erforderlich.

Ernährungs-Umschau 53 (2006), S. 17–21

Sowohl aus den Schlussfolgerungen des EFSA-Berichtes als auch aus den hier zusammengefassten Befunden ergibt sich dringend die Forderung nach weiterführenden Dosis-Wirkungs-Versuchen mit Lebensmittel erzeugenden Tieren, um den Einfluss von Jodzulagen auf den Jodgehalt in Lebensmitteln besser abschätzen zu können und vorhandene Wissenslücken zu schließen (Tab. 12).

Literatur:

Das Verzeichnis der 73 zitierten Literaturstellen findet sich im Internet unter www.ernaehrungs-umschau.de (Stichwort Service/Literaturverzeichnis). Interessenten ohne Internetzugang können die Literaturangaben auch von der Redaktion oder den Verfassern anfordern. Zur Einführung folgen einige ausgewählte Literaturstellen:

1. *Großklaus, R.; Jahreis, G.*: Universelle Salzjodierung für Mensch und Tier. *Ernährungs-Umschau* 51: 138-143 (2004).
8. *Delange, E.*: Iodine deficiency in Europe anno 2002. *Thyroid International* 5: 1-19 (2002).
11. *SCF (Scientific Committee on Food)*: Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake level of Iodine. Expressed on 26. September 2002 (2002).
17. *McDowell, L.R.*: Minerals in animal and human nutrition. Iodine 2nd Ed., Elsevier, pp. 305-334 (2003).
19. *Underwood E.J.; Suttle, N.F.*: Iodine, p.343-374. The mineral nutrition of livestock, 3rd ed. (reprinted with corrections). CAB International, Wallington, UK. PB ISBN 0 85199 557 8; 624 pp (2001).
21. *NRC*: Mineral Tolerance of Animals, Nat. Acad. Press, Washington, D.C. (1980).
24. *EFSA*: Opinion of the Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed on the request from the Commission on the use of iodine in feedingstuffs. *The EFSA Journal* 168: 1-42 (2005).
44. *EU*: Verordnung (EG) Nr. 1459/2005 der Kommission zur Änderung der Bedingungen für die Zulassung der Spurenelemente. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 233/8-10 vom 09.09.2005.
46. *Souci, F.W.; Fachmann, W.; Kraut, H.*: Food Consumption and Nutrition Tables, 6th rev. ed. Medpharm, Scientific Publishers, Stuttgart, Germany (2000).
47. *Anke, M.; Groppe, B.; Scholz, E.*: Iodine in the food chain. *Proc. Trace Elements in Man and Animals (TEMA 8)*, pp. 1049-1053 (1993).
48. *Preiss, U.; Alfaro Santos, C.; Spitzer, A.; Wallnöfer, P.R.*: Iodine content of Bavarian consumer milk. *Z. Ernährungswiss.* 36: 220-224 (1997).
72. *Yalcin, S.; Kahraman, Z.; Yalcin, S.; Yalcin, S.S.; Dedeoglu, H.E.*: Effects of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 45: 499-503 (2004).

Für die Verfasser:

Prof. Dr. Gerhard Flachowsky

Institut für Tierernährung

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

E-Mail: gerhard.flachowsky@fal.de