

Jod in der Human- und Tierernährung

Iodine in human and animal nutrition

U. MEYER¹, K. WEIGEL¹, A. BERK¹, K. FRANKE¹, F. SCHÖNE², M. LEITERER²
und G. FLACHOWSKY¹

¹Institut für Tierernährung, Friedrich Loeffler Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Braunschweig

²Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena

Zusammenfassung

Jod ist ein essentielles Spurenelement für Mensch und Tier und weist vielfältige Funktionen im Stoffwechsel auf. Derzeit leiden weltweit über 800 Mill. Menschen und an Jodmangel. Zur Verbesserung der Jodversorgung des Menschen werden weiterhin erhebliche Anstrengungen unternommen, so wird jodiertes Speisesalz im Haushalt und bei der Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln verwendet. Zusätzlich soll die Jodversorgung über Lebensmittel tierischer Herkunft erhöht werden, indem die Nutztiere Futter mit Jod in oberhalb des Bedarfs liegender Höhe erhalten. Andererseits gehört Jod aber auch zu den Spurennährstoffen, für die aufgrund der engen Spanne zwischen Bedarf und der maximalen langfristigen Gesamtzufuhr (Tolerable Upper Intake Level, UL) das Risiko einer Überversorgung besteht. Zur Verbesserung der Datengrundlage zum Einfluss von Jodergänzungen im Futter Lebensmittel erzeugender Tiere wird am Institut für Tierernährung des Friedrich Loeffler Instituts (FLI) in Braunschweig gemeinsam mit weiteren Partnern ein Reihe von Dosis-Wirkungsversuchen durchgeführt, deren erste Ergebnisse vorgestellt werden (Mastbullen, Milchkühe). Ergebnisse von weiteren Untersuchungen sind den Beiträgen von FRANKE *et al.* (2008) und RÖTTGER *et al.* (2008) zu entnehmen.

Summary

Iodine is an essential trace element for humans and animals and has multiple functions in the metabolism. More than 800 000 000 people still suffer from iodine deficiency worldwide. Therefore there are many efforts to improve the iodine supply. Iodine is added to cooking salt and iodised salt is used in food processing. In addition iodine is supplemented to feed of food producing animals to raise the iodine content of meat, milk and eggs. On the other hand iodine belongs to the trace nutrients with a very low range between human need and tolerable upper intake level (lower than 1 : 5). It is classified in the risk category 1 (high risk of excess). To assess the influence of various levels of iodine supplementation on the iodine content of meat and milk, dose-response studies with fattening bulls and dairy cows were carried out at the Institute of Animal Nutrition (Friedrich Loeffler Institut) in cooperation with some partners. The paper presents first results of these experiments. Results of further studies are presented in the contributions by FRANKE *et al.* (2008) and RÖTTGER *et al.* (2008).

Schlüsselwörter Jod – Fleisch – Milch

Key Words iodine – meat – milk

Einleitung

Jod (I) ist für Mensch und Tier ein lebensnotwendiges Spurenelement (ANKE 2007, McDOWELL 2003). Weltweit ist gegenwärtig immer noch bei über 800 Mill. Men-

schen und auch bei vielen Tieren Jodmangel zu verzeichnen (FAO 2002). Zur Sicherstellung der Jodversorgung des Menschen gibt es nach wie vor umfangreiche Bemühungen. Neben der Jodierung von Speisesalz und dem Einsatz dieses

Salzes bei der Herstellung von Lebensmitteln wird auch versucht, die Jodversorgung der Bevölkerung über Lebensmittel tierischer Herkunft zu verbessern. Hierzu wird Jod dem Futter der Nutztiere in bedarfsübersteigenden Mengen zugesetzt. Demgegenüber gehört Jod aber auch zu den Spurennährstoffen, für die eine enge Spanne zwischen Bedarf und Überversor-

gung besteht. Eine am Institut für Tierernährung des Friedrich Loeffler Instituts (FLI) in Braunschweig gemeinsam mit anderen Partnern (Max-Rubner-Institut (MRI), Standorte Kulmbach und Kiel, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena) durchgeführte Reihe von Dosis-Wirkungsversuchen mit den wichtigsten Lebensmittel erzeugenden Tieren soll

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

Alter/physiolog. Status	Zufuhrempfehlungen		Tolerierbare Höchstmengen		
	WHO (2001)	DACH ¹⁾ (2000)	WHO (1994)	DACH ¹⁾ (2000)	SCF ²⁾ (2000)
0 - 1 Jahr		40-80	1 mg	< 500 µg/	200
0 - 6 Jahre	90		(1000 µg)	Tag	250
1 - 15 Jahre		100-200	je Tag	gelten als	
7 - 10 Jahre			werden als	sicher	300
6 - 12 Jahre	120		sicher		
11 - 14 Jahre			angesehen		450
15 - 17 Jahre					500
Jugendliche/Erwachsene	150	180-200			600
Schwangerschaft		230			600
Schwangerschaft/Stillzeit	200				
Stillzeit		260			600

¹⁾DACH (Gemeinsamer Ausschuss der Deutschen, Österreichischen und Schweizer Gesellschaften für Ernährung)

²⁾SCF (Scientific Committee on Food), wissenschaftlicher Ausschuss der EU-Kommission

Tab. 2: Empfehlungen zur Jodversorgung von Lebensmittel erzeugenden Tieren nach Angaben verschiedener wissenschaftlicher Gesellschaften (in mg/kg T)

Tierarten/Kategorien	GfE ¹⁾	NRC ²⁾
	(1995, 1999, 2001, 2003, 2004, 2006)	(1994, 1998, 2001)
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
Pute	0,5	0,4

¹⁾Gesellschaft für Ernährungsphysiologie

²⁾National Research Council

zur Verbesserung der Datengrundlage auf diesem Gebiet beitragen und somit helfen, sowohl eine Unter- als auch eine Überversorgung beim Menschen zu vermeiden.

Jodbedarf bei Mensch und Tier

Beim Menschen liegen die Empfehlungen zur Jodzufuhr in Abhängigkeit von Alter bzw. Lebendmasse und dem physiologischen Status zwischen 40 und 260 µg/Tag (Tab. 1).

Unter Berücksichtigung der Menge an aufgenommener Nahrung entsprechen diese Empfehlungen etwa 0,4 bis 0,5 mg/l kg Nahrungstrockenmasse (T). Die Größenordnung der Empfehlungen für die Jodzufuhr beim Menschen ist mit den Versorgungsempfehlungen von Lebensmittel erzeugenden Tieren vergleichbar (Tab. 2).

Jodmangel und Jodüberschuss

Jod ist Bestandteil der Schilddrüsenhormone Trijodthyronin (T₃) und Thyroxin (T₄). Bei nicht ausreichender Jodaufnahme kommt es bei Mensch und Tier in Abhängigkeit vom Ausmaß der Unterversorgung zu Mangelerscheinungen, die sich u. a. in Kropfbildung, geringem Wachstum, verminderter Fruchtbarkeit und anderen Störungen, beim Menschen zusätzlich in herabgesetzten geistigen Fähigkeiten äußern (DELANGE und DUNN 2004). Als Indikator für ein Joddefizit beim Menschen gilt eine Jodkonzentration im Harn von weniger als 100 µg/L (Delange 2002). Jedoch sind

auch Jodüberschüsse in der Ernährung von Mensch und Tier zu vermeiden. Bei zu hoher Jodversorgung treten sowohl beim Menschen (z. B. Hyperthyreose) als auch bei Nutztieren (z. B. verminderte Leistungen, Fruchtbarkeitsstörungen) negative Auswirkungen auf (STANBURY *et al.* 1998, McDOWELL 2003).

Um die Versorgungssituation mit Spurennährstoffen zu klassifizieren, kann ein System genutzt werden, das für die verschiedenen Spurennährstoffe sowohl die Versorgung (Defizit bis Überversorgung) als auch das Risiko einer Überversorgung (geringe bis hohe Differenz zwischen Versorgungsempfehlung und maximal zulässiger Aufnahme) beschreibt (Tab. 3). Jod zählt zu den Spurennährstoffen, für die eine enge Spanne zwischen Bedarf und maximaler langfristiger Gesamtzufuhr (upper level, UL) besteht (kleiner als 1 zu 5), so dass das Element in die Risikokategorie 1 einzuordnen ist. Zusätzlich wird Jod, bedingt durch die weltweit in verschiedenen Regionen vorkommende Unterversorgung, der Versorgungskategorie „Hoch“ zugeordnet.

Jodversorgung

Der native Jodgehalt der Futtermittel liegt häufig unter 0,1 mg/kg T, so dass die Deckung des Bedarfs der Tiere nur durch Zusätze gesichert werden kann. Um über die Bedarfsdeckung der Tiere hinaus auch eine Verbesserung der Jodversorgung des Menschen durch Lebensmittel tierischer

Tab. 3: Versorgungs- und Risikokategorien von Spurenelementen und Vitaminen beim Menschen (nach BfR 2004, EFSA 2006, GASSMANN 2006)

Versorgungskategorie	Kriterium	Beispiele
1	Hohes Risiko eines Defizits	Jod, Vit. D,
2	Mögliches Risiko eines Defizits	Eisen, Selen, Folsäure
3	Ausreichende Aufnahme	Kupfer, Vit. E
4	Aufnahme über Empfehlungen	Vit. B ₆
Risikokategorie		
Hoch	Geringe Differenz zwischen Versorgungsempfehlungen und maximal zulässiger Menge (UL ¹ ; Faktor < 5)	Jod, Eisen, Kupfer, Selen, Vit. A und D
Mittel	Mittlere Differenz (Faktor 5-100)	Vit. E und B ₆ , Folsäure
Gering	UL ist nicht definiert oder Faktor > 100	Vit. C

¹Upper Level (Höchstmenge)

Herkunft zu ermöglichen, sind den Bedarf erheblich übersteigende Maximalwerte für Jod im Futter rechtlich zulässig. Beispielsweise ist für Milchkühe und Legehennen ein maximaler Jodgehalt von 5, für Fische von 20 und für sonstige Tierarten und Kategorien von 10 mg/kg Alleinfutter gestattet (EU 2005).

Zur Vermeidung von Überschüssen in der Humanernährung haben verschiedene wissenschaftliche Gremien tolerierbare Höchstmengen (upper levels) für die Jodaufnahme vorgeschlagen (Tab. 1). Da eine Deklaration des Spurennährstoffgehalts von Lebensmitteln tierischer Herkunft und somit die Einschätzung der Aufnahme durch den Menschen auf diesem Weg kaum möglich sein wird, sollte vor allem bei Substanzen der hohen Risikokategorien (wie z. B. Jod) zurückhaltend mit hohen Supplementierungen in der Tierernährung umgegangen werden.

Aufgrund von Hinweisen auf eine erhebliche Erhöhung des Jodgehalts in Lebensmitteln tierischer Herkunft (z. B. Milch, Eier) hat sich das FEEDAP-Panel (Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed) der EFSA (2005; European Food Safety Authority) mit der Problematik der Jodsupplementierung des Tierfutters befasst. Als Ergebnis dieser Analyse wurden die Höchstwerte im Alleinfutter für Milchkühe und Legehennen von 10 auf 5 mg/kg Alleinfutter vermindert (EU 2005). In den Schlussfolgerungen der EFSA-Ausarbeitung (EFSA, 2005) wurde das Fehlen von verlässlichen Daten zum Carry over von Jod in Lebensmittel tierischer Herkunft sowie von neueren Daten zum Jodbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere unter Berücksichtigung des höheren Leistungsniveaus und veränderter Haltungsbedingungen festgestellt.

Untersuchungen zum Einsatz von Jod am Institut für Tierernährung, Braunschweig in Zusammenarbeit mit dem Max-Rubner-Institut (Standort Kulmbach) und der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Einen Beitrag zur Beantwortung der genannten offenen Fragen im Spannungsfeld

zwischen der Überwindung einer Jodunterversorgung und der Vermeidung von Jodüberschüssen sollen die Dosis-Wirkungsversuche mit den wichtigsten Lebensmittel erzeugenden Tieren (Milchkühe, Mastschweine, Legehennen, Masthähnchen) leisten, die am Institut für Tierernährung des Friedrich Loeffler Instituts (FLI) in Braunschweig gemeinsam mit anderen Partnern (Max-Rubner-Institut (MRI), Standorte Kulmbach und Kiel, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena) durchgeführt werden (s. auch Beiträge FRANKE *et al.* (2008), RÖTTGER *et al.* (2008) und WAGNER (2008) im vorliegenden Heft).

Untersuchungen mit Mastbullen und Milchkühen

In einer Untersuchung mit 34 Mastrindern der Rasse Deutsche Holstein (Lebendmassebereich von 223 bis 550 kg, 3 Gruppen mit 12, 11 bzw. 11 Bullen) erhielten die Tiere täglich 3 kg Konzentrat und Maissilage *ad libitum* (MEYER *et al.* 2008). Als Jodzulagen wurden für die drei Gruppen 0,5; 4 bzw. 10 mg/kg Trockenmasse (T) angestrebt. Die mittels ICP-MS analysierten Jodkonzentrationen im Futter betrugen 0,79; 3,52 bzw. 8,31 mg/kg T und erreichten somit die angestrebten Größenordnungen.

Die Jodzulagen hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Mastergebnisse, wobei für die Gruppe mit der höchsten Jodergänzung 110 g geringere tägliche Lebendmassezunahmen im Vergleich zu der annähernd entsprechend der Empfehlungen der GfE (1995) versorgten Gruppe ermittelt wurden (Tab. 4). Mit Ausnahme der höheren Schilddrüsenmasse bei der maximal supplementierten Gruppe verursachte die steigende Jodzulage keine signifikanten Effekte auf die Schlachtergebnisse.

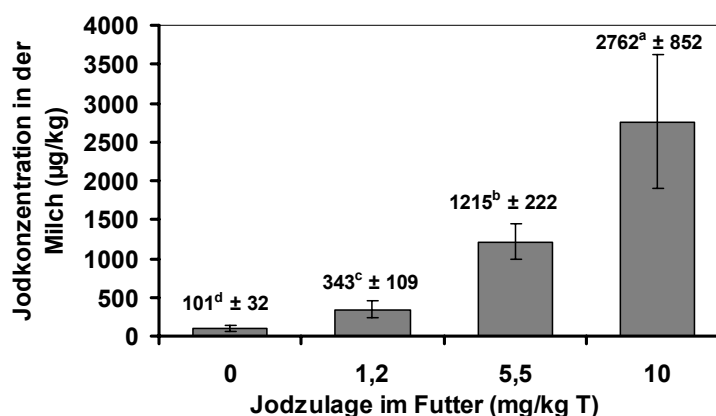
Der Jodgehalt in allen untersuchten Gewebeproben stieg mit höherer Jodzulage signifikant an, wobei die mit Abstand höchste Konzentration in der Schilddrüse gefunden wurde (Tab. 4). Niere und Leber waren im Verhältnis zu den Muskelproben ebenfalls relativ jodreich. Beim Vergleich der beiden Muskelproben ist auffällig, dass

Tab. 4: Einfluss unterschiedlicher Jodversorgung auf Mast- und Schlachtdaten von Mastbullen und den Jodgehalt in ausgewählten Körperteilen
(n = 12/11/11; Anfangsmasse: 223 kg, Endmasse: 550 kg; MEYER *et al.*, 2008)

Jodzulage/Jodgehalt nach Analyse im Futter (mg/kg T)	0,5/0,79	4,0/3,52	10,0/8,31
Futteraufnahme (kg T/Tier und Tag)	7,79 ± 0,64	7,66 ± 0,45	7,70 ± 0,60
Lebendmassezunahme (g/Tier und Tag)	1453 ± 179	1419 ± 172	1343 ± 208
Ausschlachtungsergebnis (% der Mastendmasse)	52,0 ± 0,8	52,3 ± 1,0	52,4 ± 1,3
Schilddrüsenmasse (g/Tier)	32 ^a ± 11	26 ^a ± 6	42 ^b ± 10
Jodkonzentration (µg/kg Frischmasse; Schilddrüse: µg/g Frischmasse)			
Leber	73 ^a ± 10	138 ^b ± 15	245 ^c ± 6
Niere	93 ^a ± 16	231 ^b ± 43	450 ^c ± 67
Schilddrüse	378 ^a ± 91	495 ^a ± 125	844 ^b ± 558
<i>M. longissimus dorsi</i>	16 ^a ± 3	45 ^b ± 11	80 ^c ± 20
<i>M. glutaeus medius</i>	32 ^c ± 25	83 ^b ± 27	147 ^c ± 34

^{a, b, c} unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile kennzeichnen sign. Differenzen (P < 0,05)

Abb. 1: Jodkonzentration in der Milch in Abhängigkeit von der Jodkonzentration im Futter (5 Kühe, Ration: Gras-/Maissilage, Kraftfutter; SCHÖNE *et al.* 2006)



im *Musc. glut. med.* mehr Jod vorkommt als im *Musc. long. dorsi*. In Lebensmitteltabellen wird der Jodgehalt des Muskelfleisches beim Rind in einer Größenordnung von 50 µg/kg Frischmasse angegeben, für verschiedene Organe liegen die Höchstwerte bei bis zu 300 µg/kg (SOUCI *et al.* 2000, 2008). In der vorliegenden Untersuchung liegen die Ergebnisse bei den beiden höheren Jodzulagen teilweise oberhalb dieser Werte.

Die geringeren Lebendmassezunahmen ($p > 0,05$) und die schwereren Schilddrüsen ($p < 0,05$) bei der höchsten Joddosierung sollten Anlass sein, die gegenwärtig

in der EU zulässigen Höchstgehalte für Mastriinder einer weiteren Überprüfung zu unterziehen.

Zur Untersuchung des Effekts von steigenden Jodzulagen im Futter auf den Jodgehalt der Milch wurde ein Versuch mit 5 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein durchgeführt (SCHÖNE *et al.* 2006). Die Tiere erhielten täglich 8,7 kg T einer Mischung aus Gras- und Maissilage sowie 4,5 kg T Konzentrat. In vier aufeinander folgenden 14-tägigen Versuchsperioden stiegen die Jodzulagen von 0 über 1,2 und 5,5 auf 10 mg/kg T. Die Jodkonzentration in der Milch stieg mit höherem Jodgehalt

im Futter signifikant an und erreichte beim höchsten Jodgehalt von 10 mg/kg T einen Wert von 2762 µg/kg (Abb. 1). Inzwischen ist eine Reduzierung des Höchstwertes im Futter von Milchkühen (und Legehennen) von 10 auf 5 mg I/kg erfolgt (EU 2005). Selbst das Ergebnis der unsupplementierten Periode liegt mit 101 µg/kg Milch noch weit über dem in Lebensmitteltabellen (SOUCI *et al.* 2000, 2008) angegebenen Mittelwert von 27 µg/kg.

Die ermittelten hohen Jod-Konzentrationen in der Milch sollten allerdings auch nicht überbewertet werden, da unter Praxisbedingungen dem Futter erheblich weniger Jod zugesetzt wird. GRÜNEWALD *et al.* (2006) führten Erhebungen zum Jodgehalt im Mischfutter durch und fanden im Mittel 1,27 mg/kg im Futter von Milchkühen. Da das Mischfutter nicht allein, sondern immer gemeinsam mit anderen Futtermitteln vorgelegt wird, lagen die Jodgehalte in den gefütterten Mischungen im Mittel deutlich niedriger (0,8 mg/kg T für Milchkühe).

Ergebnisse weiterer Untersuchungen mit Milchkühen sind dem Beitrag von FRANKE *et al.* (2008) im vorliegenden Heft zu entnehmen.

Schlussfolgerungen

Bei Mastrindern sollten die Konsequenzen einer Hochdosierung (10 mg I/kg Futter) aus Sicht der Tiergesundheit geprüft werden.

Jodzulagen zum Futter von Milchkühen bewirken einen deutlichen Anstieg im Jodgehalt der Milch, so dass eine Reduzierung des Höchstgehalts im Futter von Milchkühen von 10 auf 5 mg I/kg Futter gerechtfertigt war. Die Jodkonzentration der Milch kann beim derzeit futtermittelrechtlich gestatteten Jodgehalt von 5 mg/kg Futter noch 1000 µg/kg überschreiten.

Eine Deklaration des Jodgehaltes in Lebensmitteln tierischer Herkunft ist aus praktischer Sicht kaum möglich.

Literatur

Anke, M. (2007): Jod, In: Dunkelberg, H.; T. Gebel und A. Hartwig (Hrsg.): *Handbuch der Lebensmitteltoxikologie*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KG, Weinheim, 2317-2379

BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2004): Teil I: Verwendung von Vitaminen in Lebensmitteln. Teil II: Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln. Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte. BfR-Presestelle, Berlin, BfR-Wissenschaft 03 und 04/2004

DACH – Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE), Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE) (2000): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr: Jod. Umschau Braus Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main, 1. Auflage, 179-184

Delange, F. (2002): Iodine deficiency in Europe anno 2002. *Thyroid International* 5, 1-19

Delange, F. und J.T. Dunn: Iodine Deficiency. In: Braverman, L.E. and Utiger, R.D. (eds.) (2004): *The Thyroid. A fundamental and clinical text*. Lippincott, Williams and Wilkins publ., Philadelphia, 731-744

EFSA (European Food Safety Authority) (2005): 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

EFSA (European Food Safety Authority) (2006): Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals, Parma, 478 p.

EU (2005): Verordnung (EG) Nr. 1459/2005 der Kommission vom 08.09.2005 zur Änderung der Bedingungen für die Zulassung einer Reihe von zur Gruppe der Spurenelemente zählenden Futtermittelzusatzstoffen. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 233/8-10

FAO (2002): *The state of food insecurity in the world 2002*, Rome, 36 pp

Franke, K., H. Wagner, U. Meyer und G. Flachowsky (2008): Neue Untersuchungen zur Beeinflussung des Milchjodgehaltes durch Joddosis, Jodantagonisten und Jodspezies in der Milchkuhration. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 181, 199-202

Gaßmann, B. (2006): Zum Festlegen von Höchst- und Mindestmengen an Vitaminen und Mineralstoffen in Lebensmitteln. *Ernährungs-Umschau* 53, 336-343

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1995): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 6. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastriinder, DLG-Verlag, Frankfurt, 95 pp.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). Nr. 7, DLG-Verlag, Frankfurt, 185 pp.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Nr. 8, DLG-Verlag, Frankfurt, 136 pp.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2003): Requirements for energy and nutrients of goats. Nr. 9, DLG-Verlag, Frankfurt, 121 pp.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2004): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Mastputen. *Proceedings Society Nutrition Physiology*. 13, 199-233

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Nr. 10, DLG-Verlag, Frankfurt, 247 p.

Grünwald, K.-H.; G. Steuer und G. Flachowsky (2006): Praxiserhebungen zum Jodgehalt im Mischfutter. *Proc. 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung*, 28.-30.11.2006, Halle, 176-178

McDowell, L.R. (2003): Minerals in animal and human nutrition. *Iodine* 2nd Ed., Elsevier, pp. 305-334

Meyer, U., K. Weigel, F. Schöne, M. Leiterer und G. Flachowsky (2008): Effect of dietary iodine on growth and iodine status of growing fattening bulls. *Livestock Science* 115, 219-225

NRC (1994): Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition. Nat. Acad. Press, Washington, D.C.

NRC (1998): Nutrient Requirements of Swine. 10th Ed. Nat. Acad. Press, Washington, D.C.

NRC (2001): Nutrient Requirement in Dairy Cattle. 7th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, D.C.

Röttger, A.S., H. Wagner, I. Halle, A. Berk, K. Franke und G. Flachowsky (2008): Neue Untersuchungen zum Jodtransfer aus dem Futter ins Fleisch und Hühnerei. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 181, 203-206

SCF (Scientific Committee on Food) (2002): Opinion of the Scientific Committee on Food on the tolerable upper intake level of iodine. Expressed on 26. September 2002

Schöne, F., P. Lebzien, D. Bemann, M. Leiterer, M. Spolders und G. Flachowsky (2006): Influence of increasing dietary iodine supplements on the iodine concentration in blood serum and milk of dairy cows. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 15, 172

Souci, F.W.; W. Fachmann und H. Kraut (2000): Food Consumption and Nutrition Tables, 6th rev. edn. Medpharm, Scientific Publishers, Stuttgart, Germany

Souci, F.W.; W. Fachmann und H. Kraut (2008): Food Consumption and Nutrition Tables, 7th rev. edn. Medpharm, Scientific Publishers, Stuttgart, Germany

Stanbury, J. B.; A.E. Ermans; P. Bourdoux, C. Todd; E. Oken; R. Tonglet; G. Vidor; L.E. Braverman und G. Medeiros-Neto (1998): Iodine-induced hyperthyroidism: occurrence and epidemiology. *Thyroid* 8, 83-100

H. Wagner (2008): Zur Iodanalytik in Lebens- und Futtermitteln *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 181, 195-198

WHO (1994): Iodine and health. Eliminating iodine deficiency disorders safely through salt iodization. WHO publ. Geneva

WHO; UNICEF; ICCIDD (2001): Assessment of the Iodine Deficiency Disorders and monitoring their elimination. Geneva: WHO publ. WHO/NHD/01.1. 1-107 pp.

