

Neue Untersuchungen zum Jodtransfer aus dem Futter ins Fleisch und Hühnerei

New investigations of the carry over of iodine from the feed into meat and hen eggs

A. S. RÖTTGER¹, H. WAGNER, I. HALLE¹, A. BERK¹, K. FRANKE¹ und G. FLACHOWSKY¹

¹Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Braunschweig

Zusammenfassung

Jod ist ein essentielles Spurenelement. Die Jodversorgung eines Großteils der deutschen Bevölkerung liegt zurzeit im unteren Bereich der Versorgungsempfehlungen. Im Jahre 2005 forderte die EFSA mehr aktuelle Studien im Bezug auf den Transfer von Jod aus dem Futter in Lebensmittel tierischer Herkunft. Als Konsequenz wurden am Institut für Tierernährung des Friedrich-Loeffler-Instituts, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch des Max Rubner-Instituts zu diesem Thema verschiedene Versuche mit Schweinen und Legehennen gestartet, von denen ein Teil an dieser Stelle vorgestellt werden soll. Legehennen und Schweinen wurden Futtermischungen mit gestaffelten Jodkonzentrationen verabreicht. Mittels ICP-MS wurde die Jodkonzentration in Eiern, Fleisch, Blutserum, Schilddrüse und Innereien gemessen. Außer im Fleisch war die Jodkonzentration der untersuchten Proben durch die Jodmenge im Futter signifikant beeinflussbar. In der Schilddrüse wurde die höchste Jodkonzentration nachgewiesen, was auf die physiologische Bedeutung zurückzuführen ist. In Eiern, speziell im Eidotter, wurde eine wesentlich höhere Jodkonzentration als in Fleisch nachgewiesen. Daraus lässt sich schließen, dass Eier wesentlich mehr als Fleisch zur Jodversorgung des Menschen beitragen können.

Summary

Iodine is an essential trace element. The iodine status of the German population is just at the lower level of the recommended value. In the year of 2005 the EFSA stated that more dose-response studies about the iodine transfer from the feed into comestibles of animal origin are necessary. In consequence, the Institute of Animal Nutrition of the Friedrich-Loeffler-Institute conducted different studies with laying hens and fattening pigs. The iodine analyses were carried out at the Department of Safety and Quality of Meat of the Max Rubner-Institute. Fattening pigs and laying hens were provided with feed containing staggered iodine concentrations. The iodine concentrations of eggs, meat, blood, thyroid gland and innards were measured via ICP-MS. Except in meat, the iodine concentration of the investigated samples was influenced significantly by the feed iodine concentration. The highest iodine concentration was measured in the thyroid gland, due to its physiological function. Eggs, especially the yolk, showed a considerably higher iodine concentration than meat. Therefore it can be concluded that eggs have a higher potential to contribute to the iodine supply of humans than meat.

Schlüsselwörter Ei – Fleisch – Geflügel – ICP-MS – Jod – Schwein

Key Words egg – ICP-MS – iodine – meat – pork – poultry

Einleitung

Jod (I) ist ein essentielles Spurenelement für Mensch und Tier und wird für die Bildung der Schilddrüsenhormone Trijodthyronin und Tetrajodthyronin (Thyroxin) benötigt. Sowohl Mangel als auch Überschuss kann sich negativ auf die Gesundheit auswirken. Da dieser Bereich relativ gering ist, wird Jod in die Versorgungskategorie „1“ (hohes Risiko einer Unterversorgung) und die Risikokategorie „hoch“ (enger Bereich zwischen empfohlener Aufnahme und Überversorgung) eingestuft. Die Deutsche, Österreichische und Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (D-A-CH, 2000) geben für Erwachsene einen Tagesbedarf von 180 bis 200 µg und eine Höchstmenge von 500 µg/d an. Trotz der Einführung von jodiertem Speisesalz liegt die Versorgung der deutschen Bevölkerung, mit einer durchschnittlichen Jodurie von 117 µg/L, noch immer an der unteren Grenze des empfohlenen Bereiches von 100-200 µg Jod/L (HAMPEL *et al.*, 2008; THAMM *et al.*, 2007). Eine weitere Möglichkeit, die Jodversorgung der Bevölkerung zu verbessern, wäre die Anreicherung tierischer Produkte wie Fleisch, Eier oder Milch über Futtermitteljodierung (FRANKE *et al.*, 2008; HE *et al.*, 2002; KAUFMANN & RAMBECK, 1998; KAUFMANN *et al.*, 1998; RYŠAVÁ *et al.*, 2007; TRAVNICEK *et al.*, 2006).

In der vorliegenden Studie wurde der Transfer von Jod aus dem Futter ins Ei, verschiedene Organe, Blut sowie in Schweine- und Geflügelfleisch untersucht, um einschätzen zu können, inwieweit diese zur täglichen Jodversorgung des Menschen beitragen können. Das Projekt wurde vom BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) in Folge eines EFSA-Berichts (EFSA, 2005), welcher aktuelle ausführliche Daten zu diesem Thema forderte, initiiert.

Material und Methoden

Legehennen

24 weiße Lohmann Selected Leghorn Legehennen wurden in vier Gruppen zu je sechs Tieren eingeteilt, die über vier Wochen Futter mit gestaffelten Calciumjodatgehalten ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$) erhielten. Gruppe 1 bekam als Kontrollgruppe keine Jodzulage, der native Jodgehalt des Futters betrug hier 0,4 mg/kg. In ansteigenden Stufen erhielten die Tiere der anderen Gruppen 2; 4 und 6 mg I/kg Futter. Die Futteraufnahme wurde auf 120 g/d begrenzt, die Wasseraufnahme war *ad libitum*. Die Hennen standen in Einzelkäfigen, um Futteraufnahme und Eier zuordnen zu können. Die in der vierten Woche gelegten Eier wurden gesammelt und gewogen, Eiklar und Eidotter wurden getrennt, um pro Tier und Woche je eine Mischprobe aus Eiklar bzw. Eidotter herzustellen. Am 28. Tag wurden die Hennen geschlachtet und Blutserum, Leber, Schilddrüse, Fett, Brust- und Oberschenkefleisch entnommen. Die Proben wurden am Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch des Max-Rubner Institut (MRI) in Kulmbach mittels ICP-MS (Induktiv Gekoppelte Plasma-Massen Spektrometrie, AGILENT 7500c) analysiert.

Mastschweine

In zwei Versuchen wurde an insgesamt 60 Mastschweinen der Übergang unterschiedlicher Jodmengen ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$) in verschiedene Fraktionen des Körpers untersucht. Hierbei wurde das gesamte Spektrum bis zur gesetzlich erlaubten Höchstmenge eingesetzt. Die Kontrollgruppe erhielt keine Jodzulage, somit war die geringste Stufe der native Futterjodgehalt von 0,17 mg I/kg. Die höchste eingesetzte Zulage waren 8 mg I/kg Futter, um die gesetzliche Obergrenze von 10 mg I/kg nicht zu überschreiten. Im ersten Versuch wurden folgende Jodstufen verwendet: Kontrolle; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 mg I/kg (n=4), im zweiten Versuch wurden die Konzentrationen 2,0 und 8,0 mg I/kg (n=20) getestet.

Im ersten Versuch wurde den Tieren die zu testenden Futtermischungen in dem Lebendmasseabschnitt von 27 bis 115 kg verabreicht. Je nach individueller Gewichtszunahme wurde demnach die Versuchsdiät 97 bis 125 Tage gefüttert. Der zweite Versuch erstreckte sich über einen Lebendmasseabschnitt von 35-115 kg. Die Tagesrationen wurden angepasst an eine tägliche Lebendmassezunahme von mehr als 800 g. Wasser wurde zur *ad libitum* Aufnahme bereitgestellt. Die Tiere wurden in Einzelständen gehalten. Detaillierte Versuchsbedingungen und Datenerhebung wurden von FRANKE *et al.* (2008) beschrieben.

Am Versuchsende wurden 2 Kastraten und 2 weibliche Tiere pro Gruppe geschlachtet. Zuerst wurde die Schilddrüse entnommen, danach wurde der restliche Schweinekörper in die Fraktionen Innereien/Blut, Muskel/Fett und Knochen eingeteilt. Ausgenommen waren hierbei Borsten, Klauen sowie Inhalt von Magen, Darm, Harn- und Gallenblase. Die Innereien/Blut-Fraktion bestand aus dem geleerten Gastrointestinaltrakt, der geleerten Gallen- und Harnblase, Niere mit Flomen, Leber und Herz, gemischt mit dem beim Schlachten aufgefangenem Blut.

Der Jodgehalt der Proben des ersten Versuchs wurde mittels ICP-MS (SCIEX ELAN® DRC-e, Perkin Elmer) an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) untersucht (Methode siehe FRANKE *et al.*, 2008), die Proben des zweiten Versuchs ebenfalls mittels ICP-MS am Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch des MRI in Kulmbach.

Statistische Auswertung

Zur Datenauswertung wurden SAS 9.1 und Statistika 8 verwendet. Die Verteilung der Daten wurde mittels Kolmogorov-Smirnov Test geprüft. Normalverteilte Daten wurden mittels Student-Newman-Keuls Test, nichtparametrische Daten mittels Kruskal-Wallis Test ausgewertet.

Ergebnisse

Geflügel

Das Eigewicht ($58,1 \pm 3,8$ g) wurde durch die Futterjodzulage nicht signifikant beeinflusst. Die Jodsupplementation zeigte jedoch einen Einfluss auf den Jodgehalt der Proben, so wurden mit steigendem Futterjodgehalt auch steigende Jodgehalte in den Proben gemessen. Im Fleisch wurde ein tendenzieller Anstieg der Jodkonzentration festgestellt, der jedoch nicht signifikant war. Die Jodsupplementation zeigte jedoch einen signifikanten Einfluss auf den Jodgehalt von Serum, Leber, Schilddrüse, Eiklar und Eigelb, sowie dem Gesamtei. In Fleisch und Fett wurde die niedrigste Jodkonzentration gemessen ($10-37 \mu\text{g}/\text{kg}$), gefolgt von Leber ($17-60 \mu\text{g}/\text{kg}$) und Serum ($20-130 \mu\text{g}/\text{kg}$). Das Gesamtei wies eine Jodkonzentration von $170-2000 \mu\text{g}/\text{kg}$ auf. Die Jodkonzentration im Eidotter ($419-5522 \mu\text{g}/\text{kg}$) war signifikant höher als im Eiklar ($66-481 \mu\text{g}/\text{kg}$). 84 % des im Ei detektierten Jods waren im Eidotter akkumuliert. Ein Ei einer Henne, die 6 mg I/kg erhalten hatte, enthielt im Mittel $104 \pm 29 \mu\text{g}$ Jod. Geht man von der in der EU zulässigen Höchstmenge für Legehennen von 5 mg I/kg Futter aus, so ergibt sich aus der Regression des Ei-Jodgehaltes mit dem Futterjodgehalt eine Jodmenge von 81 μg pro Ei (58 g). Die höchste Jodkonzentration wurde in der Schilddrüse gefunden ($1400-2500 \mu\text{g}/\text{g}$).

Mastschweine

Die ansteigende Jodkonzentration der einzelnen Futtermischungen führte, außer in der Innereien/Blut-Fraktion, in den untersuchten Fraktionen der verschiedenen Gruppen zu ansteigenden Jodmengen. Der Großteil des aufgenommenen Jods wurde in der Schilddrüse nachgewiesen (3% bis 20%/5-51 mg). In der Blut/Innereien-Fraktion waren 1,6-2,6 mg Jod enthalten, somit war die Jodmenge in dieser Fraktion am zweithöchsten. In den zum Verzehr bestimmten Geweben (Muskel/Fett) wurden 0,1 % bis 1,3 % des auf-

genommenen Jods wieder gefunden (331-3747 µg). Die geringste Jodmenge wurde in den Knochen nachgewiesen (148-929 µg).

Aus den ansteigenden Jodmengen der einzelnen Fraktionen ergab sich zusammengefasst für den extrathyreoidalen Bereich ebenfalls eine ansteigende Jodmenge. Der Anstieg der Jodgehalte der Schilddrüse und des extrathyreoidalen Bereichs, führten zu einem signifikanten Anstieg der Jodmenge des Leerkörpers (7-60 mg Jod).

Diskussion und Fazit

Die Experimente zeigten, dass die Jodkonzentration der untersuchten tierischen Produkte signifikant durch die Futterjodkonzentration beeinflussbar ist. Der Anteil, der im Muskelfleisch gespeichert wird, ist jedoch so gering, dass dieses nicht maßgeblich zur Jodversorgung der Bevölkerung beitragen kann. Im Gegensatz hierzu kann ein Ei eines Huhns, welches 5 mg Jod/kg Futter erhalten hat, etwa 40-50 % des Tagesbedarfs eines Erwachsenen decken. Eier sind als Zutat in den verschiedensten Lebensmitteln enthalten. Umgerechnet auf den jährlichen Pro-Kopf-Verzehr der deutschen Bevölkerung würde dies noch ca. 23 %, also fast $\frac{1}{4}$ des Tagesbedarfs ausmachen.

Bei Futtermittelsupplementierung im Hinblick auf Anreicherung sollte das Tolerable Upper Intake Level nicht aus den Augen verloren werden. Jedoch werden zurzeit in der Schweine- und Legehennenfütterung die zugelassenen Höchstmengen nicht ausgeschöpft, sondern bedarfsdeckend gefüttert. Außerdem werden mehr und mehr Rapsnebenprodukte in der Tierfütterung eingesetzt, da Raps als nachwachsender Rohstoff zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die im Raps enthaltenen Glukosinolate wirken antagonistisch auf die Jodaufnahme. Aus diesen Gründen ist zurzeit das Risiko einer Jod-Überversorgung durch Eier und Fleisch als gering einzuschätzen.

Literatur

- EFSA (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 - Question No EFSA-Q-2003-58. *The EFSA Journal*, 168, 42
- Franke, K., Schöne, F., Berk, A., Leiterer, M. & Flachowsky, G. (2008) Influence of dietary iodine on the iodine content of pork and the distribution of the trace element in the body. *European Journal of Nutrition*, 47, 40-46
- Hampel, R., Bennöhr, G., Gordalla, A. & Below, H. (2008) Jodidurie bei Erwachsenen in Deutschland 2005 im WHO Zielbereich. *Proceedings of the German Nutrition Society* 12, 20-21
- He, M.L., Hollwich, W. & Rambeck, W.A. (2002) Supplementation of algae to the diet of pigs: a new possibility to improve the iodine content in the meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 86, 97-104
- Kaufmann, S. & Rambeck, W. (1998) Iodine supplementation in chicken, pig and cow feed. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 80, 147-152
- Kaufmann, S., Wolfram, G., Delange, F. & Rambeck, W.A. (1998) Iodine supplementation of laying hen feed: A supplementary measure to eliminate iodine deficiency in humans? *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 37, 288-293
- Ryšavá, L., Kubackova, J. & Stransky, M. (2007) Jod und Selengehalte in der Milch aus 9 europäischen Ländern. *Proceedings of the German Nutrition Society* 10, 46
- Thamm, M., Ellert, U., Thierfelder, W., Liesenkotter, K.P. & Volzke, H. (2007) Iodine intake in Germany. Results of iodine monitoring in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 50, 744-749
- Travnicek, J., Kroupova, V., Herzig, I. & Kurša, J. (2006) Iodine content in consumer hen eggs. *Veterinarni Medicina*, 51, 93-100