

Sehr geehrte Damen und Herren!

Selten hat eine Gruppe organischer Verbindungen solch eine wissenschaftspolitische und darüber hinaus wirtschaftliche Eigendynamik entwickelt wie die der Dioxine. Es ist als Phänomen anzusehen, dass das Thema „Dioxin“ selbst nach 25 Jahren intensiver wissenschaftlicher Arbeit und Diskussion immer noch Gegenstand ausgeprägten öffentlichen Interesses ist. Vor allem Nachweise in der Nahrungskette (Futtermittel, Lebensmittel) machen schnell Schlagzeilen, wobei häufig eine emotionale Komponente mitspielt. In seinen Ausführungen **„Dioxine als Umweltproblem“** berichtet **Prof. Dr. Karlheinz Ballschmiter (Ulm)** über polychlorierte Dibenzofurane und Dibenzop-dioxine als Schadstoffe und Umweltchemikalien. Des Weiteren geht er ausführlich auf die Komplexität der Entstehung sowie auf das Vorkommen und mögliche Eintrittspfade der Dioxine in die Nahrungskette ein.

Kräuter, Gewürze und deren Auszüge werden heute vielfach mit der Erwartung eingesetzt, eine natürliche Alternative zu antibiotischen Leistungsförderern zu erhalten. Wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen zu dieser komplexen Thematik fehlen allerdings bislang. **Dr. Christina Wald (Cuxhaven)** geht in ihrem Artikel **„Gewürze & Co. – eine Übersicht“** u. a. auch dieser Frage nach. Der erste Teil ihrer Ausführungen befasst sich mit Grundlagen zur Begriffsdefinition, Zusammensetzung und Standardisierung von Gewürzpflanzen bzw. deren Auszügen. Des Weiteren wird die Geschmacksbeeinträchtigung tierischer Produkte, die Sicherheit und Hitzestabilität beim Einsatz im Tierfutter diskutiert. Im zweiten Teil stellt die Autorin ihre Erfahrungen mit dem Einsatz einer rein phytogenen Aromastoffmischung bei Ferkeln, Mastschweinen und Broilern vor und kommt zu dem Schluss, dass pflanzliche Ausgangserzeugnisse aufgrund ihrer aromatischen Eigenschaften durchaus zur Akzeptanzsteigerung von Futtermitteln beitragen können.

Algen stellen eine Gruppe mit sehr unterschiedlichen photosynthetisierenden Pflanzen dar, die von kleinen Einzellern bis hin zu 65 m langen komplexen Formen reichen. Weltweit gesehen stellt die Verwendung von Algen als Lebensmittel in Form von „Algengemüse“ werte- und volumenmäßig den größten Absatzmarkt dar. Aufgrund ihrer Inhaltsstoffe finden einige Algenarten auch in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere eine zunehmende Beachtung. In dem Beitrag **„Algen in der Tierernährung“** gibt **Vincent Lognone (Pleubian, Frankreich)** eine Übersicht über die Artenvielfalt und das Vorkommen dieser Pflanzen. Daneben stellt er die rechtlichen Grundlagen beim Einsatz von Algen in der Tierernährung dar und geht näher auf deren ernährungsphysiologisch bedeutsamen Inhaltsstoffe ein. Vor allem vor dem Hintergrund der ernährungsphysiologischen und technologischen Eigenschaften einiger Algen dürfte die Verwendung in der Tierernährung zukünftig auf zunehmendes Interesse stoßen.

Das Ei als Lebensmittel fristete lange Jahre ein Schattendasein, was insbesondere auf die größtenteils unsachgemäß geführte Cholesterindiskussion zurückzuführen ist. Aus neuerer Zeit liegen inzwischen zahlreiche klinische und epidemiologische Studien vor, die belegen, dass kein Zusammenhang zwischen dem täglichen Eierkonsum und dem Vorkommen von koronaren Herzerkrankungen besteht. In dem Beitrag von **Dr. Donald J. McNamara (Washington, USA)** **„Richtigstellung von Ernährungsmythen – die Rückkehr des guten Eies“** wird der historische Hintergrund der Cholesterinhysterie aufgezeigt sowie neuere Forschungsergebnisse dargestellt. Diese belegen eindeutig, dass der Verzehr von Eiern das Risiko für eine Herzerkrankung nicht erhöht. Dass das Ei im Gegenteil ein ernährungsphysiologisch wertvolles und gesundheitsförderndes Nahrungsmittel darstellt, erläutert der Autor am Beispiel von Lutein/Zeaxanthin und Lecithin im zweiten Teil seiner Ausführungen.

Die Histomoniasis erlangte in jüngster Zeit eine zunehmende Bedeutung sowohl bei Puten als auch bei Hühnern, wobei die Gefahr einer Erkrankung in Alternativhaltungen besonders groß ist. Da der Einsatz von Prophylaktika und Therapeutika zur Vorbeugung und Kontrolle der Erkrankung seit kurzem ganz verboten ist, muss besonders in der zunehmenden Freilandhaltung mit schwerwiegenden wirtschaftlichen Verlusten gerechnet werden. Unter dem Titel **„Aktuelle Bedeutung der Histomoniasis (Schwarzkopfkrankheit) beim Wirtschaftsgeflügel“** berichten **Prof. Dr. Michael Hess und Dr. Elvira Grabensteiner (Wien, Österreich)** über den aktuellen Kenntnisstand dieser parasitären Erkrankung. Da eine Behandlung nicht möglich ist, kommt der vorbeugenden Bekämpfung der Parasitose eine besondere Bedeutung zu. Inwieweit eine Infektion zu einer Immunität führt ist bislang noch nicht eindeutig geklärt. Die Stabilität der Antigene lässt jedoch auf die Möglichkeit einer Impfung hoffen.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Maria Seemann

Dioxine als Umweltproblem

Prof. Dr. Karlheinz Ballschmiter (Ulm)

Einleitung

Selten hat eine Gruppe organischer Verbindungen als Umweltchemikalien solch eine wissenschaftspolitische und darüber hinaus wirtschaftliche Eigendynamik entfaltet wie die der „Dioxine“, zu denen man die 135 polychlorierten Dibenzofurane (PCDF) und 75 polychlorierten Dibenzop-dioxine (PCDD) allgemein zusammenfasst. Weitreichende Regelungen als Ergebnisse der nationalen und internationalen Umweltpolitik sind mit diesen beiden Stoffgruppen verbunden.

Es ist als ein Phänomen anzusehen, dass nach 25 Jahren intensiver wissenschaftlicher Arbeit und Diskussion die „Dioxine“ zwar von den Medien in Deutschland weitgehend als „alte Nachricht“ behandelt werden, in Ländern wie den USA, Japan und vor allem auch den Schwellenländern Dioxine immer noch ein aktuelles Thema sind. Das öffentliche Interesse an Vorkommen, Quellen, Belastungspfaden und möglichen Gesundheitsschäden, die den „Dioxinen“ zuzuschreiben sind, ist aber auch in Deutschland immer noch sehr ausgeprägt. Vor allem Vorkommen in der Nahrungskette machen schnell Schlagzeilen.

Es stellt sich fast immer eine schon emotional zu nennende Komponente ein, wenn über Gehalte von Dioxinen in nahrungsnahen Produkten, und hierzu zählen unmittelbar die Tierfuttermittel, berichtet wird. Dioxine werden oft mit den Entlaubungsaktionen der US Armee im Vietnam Krieg in Verbindung gebracht und als Chemiewaffen verstanden. In Vietnam wurden für das Offenlegen von Dschungelgebieten Gemische von Chlor-phenoxy-carbonsäure-Herbiziden (Agent Orange), die das 2,3,7,8-TCDD als Verunreinigung enthielten, eingesetzt. Für die 2,4,5-Trichlor-phenoxy-carbonsäure (2,4,5-T) und ihre Derivate galt in Deutschland lange ein aus heutiger Sicht nicht akzeptabler Grenzwert für das 2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-p-dioxin in diesem Wirkstoff von 10 mg/kg (10 ppm). Dieser Wert wurde laufend zurückgesetzt, bis dem Herbizid 2,4,5-T die Zulassung nicht erneuert wurde und es damit vom Markt genommen werden musste. Das Wort „Dioxin“ steht auch für chemische Schadstoffe ganz allgemein, wobei eine Gefährdung durch diese als sehr diffus und umgreifend empfunden wird und deshalb nach Meinung der Öffentlichkeit unter allen Umständen vermieden werden sollte.

Dioxine als Schadstoffe und Umweltchemikalien

Über Fälle von Chlorakne beim Menschen durch Produkte, die bei der Chlorierung von Dibenzop-dioxin (Phenylendioxyd) gebildet werden, wurde bereits 1914 in einer Dissertation an der Universität Leipzig berichtet, ohne dass man die stoffliche Ursache direkt angeben konnte. Die Dioxine waren noch nicht entdeckt. Interessanterweise wurde das 2,3,7,8-Tetrabromdibenzofuran bereits 1941 als 2,3,6,7-Tetrabromdiphenylenoxyd beschrieben. Arbeiten über chlorierte und bromierte Dibenzop-dioxine (Diphenylendioxyde) standen in Japan im Zusammenhang mit Untersuchungen über die Trilobin-Typ Alkaloide, die die Dibenzop-dioxin-Struktur enthalten.

Das 2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-p-dioxin wurde 1957 erstmals in der chemischen Literatur beschrieben. SANDER-

MANN stieß bei seinen Arbeiten über Chlorphenol-Derivate als mögliche Holzschutzmittel unbeabsichtigt auf diese Verbindung. Bei dem Versuch, das durch Pyrolyse des Pentachlorphenols erhaltene Octachlordibenzo-p-dioxin durch Chlorierung des Dibenzop-dioxins auf einem unabhängigen Weg zu synthetisieren, blieb die Reaktion durch die Schwerlöslichkeit des 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxins (TCDD) bei diesem Chlorierungsgrad stehen. Das TCDD fiel als Niederschlag aus. Die außergewöhnliche Giftigkeit dieser vorerst unbekannten Verbindung wurde bei ihrem Umgang unmittelbar deutlich und durch die Arbeiten des Dermatologen SCHULZ schon 1957 in der Literatur vorgestellt. Aufgrund seiner für eine chlorierte Verbindung außergewöhnlich hohen Toxizität, die sich dazu noch in sehr unspezifischer und diffuser Weise äußert, hat das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TCDD, Seveso-Dioxin, Dioxin) immer wieder Schlagzeilen gemacht. Zurzeit des Seveso-Unglücks im Jahre 1976 war die außergewöhnliche Giftigkeit bestimmter Dioxine in der Wissenschaft allgemein bekannt.

Von den zusammen 210 chlorierten Dibenzop-dioxinen (PCDD: 75) und Dibenzofuranen (PCDF: 135) sind neben dem 2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-p-dioxin (Dioxin, Seveso-Gift) weitere 16 Komponenten mit Chlorsubstituenten in 2,3,7,8-Stellung, die sogenannte „2,3,7,8-Klasse“, unter toxikologischen Gesichtspunkten besonders herausragend. Ihre Gehalte in Luft, Boden oder Nahrungsmitteln werden in der Regel zu einem gewichteten Wert als so genannte toxische Äquivalente (TEQ oder TE) zusammengefasst und damit einer entsprechenden Belastung durch das 2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-p-dioxin allein gleichgestellt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) wie auch die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) stufen die kritischen Dioxin-Kongenerne als krebserregend für den Menschen ein.

Die trotz ihrer deutlich geringeren Toxizität auch zur 2,3,7,8-Klasse gerechneten jeweiligen Octachlorverbindungen, OCDD und OCDF, dienen wegen ihres relativ leichten und sicheren Nachweises bevorzugt als Leitverbindungen für das Auftreten von PCDD und PCDF überhaupt. Die mono- bis trichlorierten Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane werden nach allgemeiner Übereinkunft in ihren Vorkommen toxikologisch nicht bewertet, obwohl z. B. für das 2,3,7-Trichlordibenzo-p-dioxin für die Maus eine vergleichbare LD₅₀ vorliegt wie für das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran, einem der relevanteren Vertreter der 2,3,7,8-Klasse der Dioxine. Im Tierversuch erwies sich auch ein Trichlordibenzofuran als außerordentlich toxisch.

Neben den chlorierten Dibenzop-dioxinen und Dibenzofuranen haben durch die Anwendung bromierter Flammmittel in vielen Bereichen des Einsatzes von Kunststoffen auch die bromierten und gemischt bromiert-chlorierten Verbindungen Bedeutung in der „Dioxin-Diskussion“ erlangt. Sie werden aber in der Regel nicht in das Vorliegen einer Dioxin-Belastung aufgenommen.

Komplexität der Bildungswege der Dioxine

Bei den Dioxinen - PXDD/PXDF (X = Brom, Chlor) - handelt es sich ganz allgemein um Substanzklassen, die keine praktische Verwendung finden und daher auch nicht ge-

zielt von der chemischen Industrie produziert wurden. Als Nebenprodukte, Begleitverbindungen bzw. Verunreinigungen im mg/kg-Bereich sind sie jedoch aufgrund ihrer hohen Bildungstendenz und Stabilität in zahlreichen brom- und chlorhaltigen organischen Chemikalien zu finden, vor allem dann, wenn Chlorphenole oder Chlorbenzole als Reaktionspartner eingesetzt wurden (Bildung als Teil der Chlorchemie). Alle Prozesse, bei denen eine Chlorbleiche stattfindet, führen potenziell im Spurenbereich zu Dioxinen.

Ein weiterer großer Bereich der Bildung steht in Verbindung mit vielen thermischen Prozessen (Metallrecycling, Metallgewinnung) unter Einsatz von Chlor und Kohlenstoff als Reaktionspartner sowie chlorierten Verbindungen ganz allgemein ($T > 200$ bis $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, Pyrosynthese).

Zur Pyrosynthese, d. h. thermischen Bildung, ist die Bildung der Dioxine bei der Rückgewinnung von Metallen (Eisen, Kupfer) aus organisch belasteten Sekundärrohstoffen zu rechnen. Ein Sonderfall stellt das historische Röstreduktionsverfahren zur Kupfergewinnung dar, bei dem Koks als Zuschlag den sulfidischen Erzen zugesetzt wurde. Die angefallene Schlacke wurde lange unter der Bezeichnung „Kieselrot“ als Tennisbelag eingesetzt. Sie enthält neben anderen hochchlorierten Verbindungen (z. B. Hexachlorbenzol und höher chlorierte Biphenyle (PCB)) auch ein typisches Dioxin-Muster vor allem an hochchlorierten Dibenzofuranen, die aus den gleichfalls vorliegenden PCB gebildet wurden.

Bei der Aluminiumherstellung und speziell bei der Schrottverwertung in der Stahlindustrie wie auch beim Recycling von kupferhaltigen Kabelabfällen gelangen Kunststoffe wie PVC oder chlorhaltige Schneidöle u. ä. in die Schmelzmasse. Durch die hohen Temperaturen wird neben einem komplexen Muster chlorierter aromatischer Verbindungen auch die Bildung der PCDD/PCDF beobachtet. Dieser Bildungsweg der PCDD/PCDF erweist sich vor allem im Hinblick auf die Belastung der Arbeitskräfte und die nähere Umgebung als ein Problem, da die Verarbeitung der Rohstoffe teilweise offen erfolgt und dabei leicht Staub- und Dampfemissionen entstehen. Bei der Rückgewinnung von Metallen aus „Computerschrott“ ist gleichfalls die Bildung von PXDD/PXDF zu beachten.

Der dritte Bereich der Bildung von Dioxinen ist Teil der komplexen Chemie der unvollständigen Verbrennung bei Anwesenheit der Elemente Chlor bzw. Brom (de-novo-Synthese). 1978 wurde von Chemikern der Firma DOW Chemicals erstmals auf die bis dahin nicht bekannte Bildung von Dioxinen bei Verbrennungsprozessen aufmerksam gemacht: **„Dioxins have been present since the advent of fire, says DOW“**. Es stimmt, dass bereits der normale Hausbrand unter Verwendung von Holz und Kohle im Rauch zu einer Bildung und damit Emission von Dioxinen führt. Alle thermischen Prozesse unter Einsatz kohlenstoffhaltiger, d. h. organischer Materialien sind auf ihre potenzielle Dioxinbildung zu hinterfragen. Die sehr unterschiedlichen Bildungswege führen zu unterschiedlichen PCDD/PCDF Mustern, die zum Teil eine eindeutige Quellenzuordnung in Proben möglich machen.

Vorkommen und Wichtung des Vorkommens der Dioxine

Immer wieder ist das Vorkommen der Dioxine nach dem Chemieunfall in Seveso in der Öffentlichkeit intensiv diskutiert worden. Der Bericht eines Untersuchungsaus-

schusses des Landtags von Baden-Württemberg vom 25.1.1991 - „Gefahren durch Dioxine in Baden-Württemberg“ - geht auf die dort bekannt gewordenen Fälle im Bereich einer Metallrecycling-Anlage und auf langjährige Emissionen aus der Chlorchemie detailliert ein [Landtag Baden Württemberg 1991]. Das Umweltbundesamt Wien hat gleichfalls in einem ausführlichen Bericht die Belastungen in der Umgebung einer Kupferschrottschmelze durch chlorierte Dioxine und Furane dokumentiert.

Solche lokal stark erhöhten Vorkommen der PCDD/PCDF haben nach intensiven Diskussionen in der Öffentlichkeit zu allgemeinen behördlichen Maßnahmen im Rahmen von Handlungswerten geführt. Diese beinhalten im Sinne einer Vorsorge Produktionseinschränkungen oder auch Stilllegungen von Betrieben sowie Anbaubeschränkungen oder Bodenaustausch beim Überschreiten bestimmter Gehalte ausgedrückt in Toxischen Äquivalenten (TEQ).

Die Bestimmung von Toxischen Äquivalenten als gewichtete Summe der 17 Komponenten der 2,3,7,8 Klasse wird dem Vorliegen von 2,3,7,8-Cl₄DD dabei gleichgestellt. Die Wichtungsfaktoren zur Umrechnung der Konzentrationen der einzelnen Kongenere eines komplexen Vorkommens der PCDD/PCDF in einen einzigen Belastungswert als sogenannte TCDD Äquivalente, d. h. „2,3,7,8-TCDD“ Äquivalente (toxic equivalents, TEQ/TE) haben sich in den letzten Jahren geändert bzw. wurden zur gleichen Zeit verschieden gehandhabt. Seit 1993 werden fast ausschließlich nur noch die internationalen Toxizitätsäquivalentfaktoren (I-TEF) verwendet. Beim Vergleich von Gehalten, die in TCDD-Äquivalente (TEQ/TE) als Nanogramm/kg angegeben sind, ist die mögliche unterschiedliche Wichtung der addierten Konzentrationen zu beachten und gegebenenfalls auf das I-TEF System umzurechnen. Das I-TEF System wurde kürzlich leicht modifiziert.

Die Zusammenfassung der Gehalte einer Vielstoffbelastung in einen Wirkungswert ist wissenschaftlich nicht unumstritten, wird aber akzeptiert und ist auch eher als pragmatische Beschreibung einer komplexen Belastung durch nur eine Maßzahl zu verstehen. In der öffentlichen Diskussion werden toxische Äquivalente jedoch häufig allein mit dem Vorkommen des 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxins gleichgestellt, was aber nicht gerechtfertigt ist.

Das Verfahren, eine komplexe Vielstoff-Belastung durch Äquivalentfaktoren addierbar zu machen, ist auch auf die in ihrer Struktur und Wirkung den Dioxinen vergleichbaren, in 2,6-Stellung nicht substituierten, mono- und di-substituierten sogenannten co-planaren polychlorierten Biphenyle (PCB) übertragen worden. Das PCB Kongener 126 (3,3',4,4',5 Pentachlorbiphenyl) hat dabei mit 0,1 den höchsten Wert erhalten und entspricht damit mit seinem Wert des I-TEF dem 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran. Das System der erweiterten TCDD-Äquivalente bekommt dadurch einen Stellenwert, der sich von seiner ursprünglichen Zuordnung zur Gruppe der Dioxine fast löst.

Eintragspfade der Dioxine

Für Bereiche, in denen eine Dioxinbildung bekannt geworden ist, gilt das Minimierungsgebot nach dem Stand der Technik. Die Gefahrstoff-Verordnung vom 26. August 1986 gab darüber hinaus für Produkte, die in den Verkehr gebracht werden Grenzkonzentrationen für acht „Dioxine“ (5 PCDD und 3 PCDF) vor. Die Chemikalienverbots-Verordnung in der Fassung vom 15.07.1994 erweiterte die

Zahl der regulierten Kongenere auf 25, wovon erstmals 8 bromierte Dioxine sind, die restlichen 17 Kongenere sind die chlorierten Dioxine der 2,3,7,8-Klasse. Die Verordnung setzte auch neue, differenzierte Grenzkonzentrationen für Produkte fest. Die Festsetzung einer Reihe weiterer erlaubter Grenzkonzentrationen folgte.

Bei den Müllverbrennungsanlagen wurde durch den Grenzwert von 0,1 ng I-TEQ/Nm³ als Emission im Reingas eine Erniedrigung um den Faktor 50 bis 100 des Eintrages über die Luft gegenüber den Emissionen in den achtziger Jahren erreicht. Ebenso hat das Verbot von verbleitem Benzin in der Bundesrepublik ab 1991 eine drastische Reduzierung des Eintrags durch den Kraftfahrzeugverkehr zur Folge gehabt.

Insgesamt spielt für die tägliche unmittelbare Aufnahme der Dioxine der Luftpfad ehemals eine untergeordnete Rolle, wie schon 1987 eine Marktkorbanalyse des Bundesgesundheitsamtes Berlin aufzeigte. Über 95 % der Dioxine werden vom Menschen über die Nahrung aufgenommen. Die Aufnahme durch die Nahrung betrug 1987 1,3 pg TEQ(BGA)/kg Körpergewicht und Tag bei Annahme eines mittleren Körpergewichts von 75 kg. Der Wert ist für das Jahr 2000 auf ca. 0,5 pg I-TEQ/kg Körpergewicht und Tag zurückgegangen (Tab. 1). Als akzeptierbarer TDI Wert (total daily intake) für Dioxine gilt für Erwachsene in Deutschland zurzeit ein Wert von 1 pg I-TEQ/kg Körpergewicht und Tag. In immer stärkerem Maße werden aber Dioxine und Dioxin-analoge Verbindungen (Dioxin-ähnliche PCBs) zu einem TDI Wert zusammengefasst. Nach WHO Empfehlungen aus dem Jahr 1998 soll dieser Wert 1 bis 4 pg/kg Körpergewicht/Tag in WHO-TEQ nicht überschreiten.

Tabelle 1: Aufnahme polychlorierter Dibenzodioxine und Dibenzofurane über die Nahrung in Deutschland in den Jahren 1992 bis 2000 in pg I-TEQ/Tag

Lebensmittelgruppe	Zeitraum				
	bis 1992	1993/1995	1997	1998	1999/2000
Milch & Milcherzeugnisse	41,7	22,1	24,0	20,0	20,0
Fleisch & Fleischwaren	39,0	38,3	14,3	14,3	14,3
Fisch & Fischerezeugnisse	33,9	10,1	21,2	6,2	5,8
Eier	-	6,4	0,9	0,9	0,9
Pflanzliche Lebensmittel	11,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Gesamt pg I-TEQ/Tag (gerundet)	127	80	63	44	44
pg I-TEQ/kg Körpergewicht (Erwachsener, 70 kg)	1,8	1,1	0,9	0,6	0,6

(Quelle: Forschungsreport Verbraucherministerium)

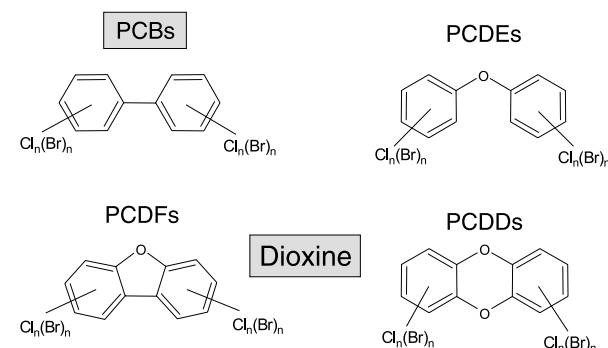
Unabhängig von der unvermeidbaren täglichen Aufnahme durch die Nahrung bleibt das grundsätzliche Problem, aus welchen Quellen und auf welchem Wege die unmittelbare oder erweiterte Belastung mit Dioxin-Äquivalenten in die Nahrung bzw. in die Nahrungsvorstufen wie Futtermittel gelangt ist oder noch immer gelangt. Der Fall der

Citrustrester aus Brasilien - hier wurde zur Neutralisation dioxinbelastetes Ca(OH)₂ eingesetzt - oder der Fall belasteter Futterfette aus Belgien - hier gelangten dioxinbelastete technische „Fette“ in den Futtermittelkreislauf - zeigen unbeabsichtigte oder fast schon kriminelle Eintragswege auf. Eine nicht vorhersagbare geogene (als geogene Prozesse werden alle diejenigen Prozesse bezeichnet, die nicht durch Lebewesen beeinflusst werden) Quelle war und ist PCDD belastete Tonerde (Kaolin), die als Fließhilfsstoff und Bindemittel (Antiklumpmittel) bei der Herstellung von Futterzusatzstoffen bzw. Futter zum Einsatz kommen. 1999 wurde festgestellt, dass Kaolin aus einer Lagerstätte in Rheinland-Pfalz eindeutig geogen bedingt mit PCDD belastet ist. 1997 war bereits ein ähnlicher Fall in den USA festgestellt worden.

Die EU Kommission hat 2001 Dioxin Höchstwerte für ein ganzes Spektrum von Futtermitteln und Futtermittel-Ausgangserzeugnissen festgelegt. Sie liegen im Bereich von 0,75 bis 2,25 Nanogramm WHO-PCDD/F-TEQ/kg. Allein für Fischöl gilt ein Wert von 6 Nanogramm WHO-PCDD/F-TEQ/kg. Es ist geplant vor Ende 2004 diese Höchstwerte mit dem Ziel einer Absenkung zu überprüfen.

Jede neue Quelle eines Dioxineintrags erregt zu Recht das öffentliche Interesse und ist mit allen notwendigen Maßnahmen zu schließen. Als schwerabbaubare Verbindungen, die dazu aufgrund ihrer Fettlöslichkeit auch ein hohes Bioakkumulationspotenzial für Tier und Mensch besitzen, ist für die Dioxine eine Umwälzung und damit ein Verbleib in Nahrungsketten für lange Zeit unvermeidbar. Jeder akute Eintrag hat langfristige Folgen. Die Halbwertszeit der Ausscheidung liegt beim Menschen bei rund 10 Jahren. Der Übergang in der Stillperiode ob beim Menschen oder bei anderen Säugern, insbesondere auch bei den Meeressäugern, wird für die Dioxine wie für alle persistenten Organochlor-Verbindungen (POPs, Abb. 1) ein wesentliches den Menschen einschließendes ökotoxikologisches Merkmal bleiben. In der internationalen Umweltpolitik werden Dioxine seit 2001 rechtlich der Gruppe der POPs, *persistent organic pollutants*, zugerechnet und unterliegen im steigenden Maße interstaatlichen Konventionen.

Abbildung 1: Struktur der „Persistent Organic Pollutants“ (POPs)



Ein Thema der Zukunft sind die dioxin-ähnlichen PCBs. Die Wichtungsfaktoren sind bezogen auf die Dioxine relativ klein, die Gehalte dafür aber deutlich höher. Die Quellen der PCBs sind eindeutig (Produktion), aber ihre Fassbarkeit ist bedingt durch die Komplexität der Anwendung der PCB-Produkte noch diffuser als die der „Dioxine“.

Weiterführende Literatur

- JANDA I., A. GRUNERT, K. BALLSCHMITER: (2000): Bioakkumulation von persistenten Organochlorverbindungen und Schwermetallen in Menschen und in der Tierwelt Baden-Württembergs. Arbeitsbericht Nr. 166 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, (TA-Akademie), Stuttgart, Dezember 2000 [ISBN 3-934629-11-3]
- BALLSCHMITER K. (1996): Persistent, Ecotoxic, and Bioaccumulative Compounds and Their Possible Environmental Effects. Pure & Applied Chemistry, 68, 1771-1780
- BACHER R., M. SWEREV, K. BALLSCHMITER (1992): Profile and Pattern of Monochloro- through Octachlorodibenzodioxins and -dibenzofurans in Chimney Deposits from Wood Burning. Environmental Science & Technology, 26, 1649-1655
- BALLSCHMITER K., R. BACHER (1996): Dioxine: Chemie, Analytik, Toxikologie und Vorkommen in der Umwelt der polychlorierten Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane. VCH Verlag, Weinheim, - vergriffen: über Bibliotheken ausleihbar
- BLUTHGEN A., U. RUOFF, P. TEUFEL: Abschätzung und Steuerung des Risikos für den Verbraucher. <http://www.verbraucherministerium.de/forschungsreport/rep2-00/dioxin.htm>

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Karlheinz Ballschmiter
Universität Ulm
Analytische Chemie und Umweltchemie
Albert-Einstein-Allee 11
89069 Ulm

E-Mail: secretariat.ancuc@chemie.uni-ulm.de

Gewürze & Co. - eine Übersicht

Dr. Christina Wald (Cuxhaven)

Einleitung

Zur Leistungsabsicherung und -steigerung bei Nutztieren werden seit Jahrzehnten erfolgreich Futterzusatzstoffe eingesetzt. In den letzten Jahren ist die Suche nach neuen Substanzen intensiviert worden, weil mit dem Verbot der Mehrzahl der antibiotischen Leistungsförderer eine wichtige Gruppe wirksamer und günstiger Futterzusatzstoffe nicht mehr zur Verfügung steht. Seitdem sind Produkte auf Basis von Kräutern, Gewürzen bzw. deren Extrakte wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Denn die gesundheitsfördernde Wirkung vieler Pflanzen ist dem Menschen schon seit der Frühzeit bekannt und spiegelt sich noch heute in den vielen Monographien und internationalen Pharmakopoen wider. Mittlerweile werden Zusatzstoffe auf pflanzlicher Basis in der Tierernährung vielfach mit der Erwartung eingesetzt, eine wirksame, natürliche Alternative zu den antibiotischen Leistungsförderern zu erhalten.

Wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen zu dieser komplexen Thematik fehlen bislang weitgehend wie z. B. von KLUTH und Mitarbeitern (2003) beschrieben. Eine systematische Näherung wird durch die Vielzahl der Pflanzen, für die (ethno-)pharmakologische Wirkungen beschrieben wurden, und deren sehr stark variierende Zusammensetzung erschwert (u. a. CHRISTOPH, 2001; SCHMIDT, 1998). Zudem sind die wirksamkeitsbestimmenden Substanzen oftmals unbekannt bzw. sind nicht zu identifizieren, weil sich die Wirksamkeit nicht auf einzelne Substanzen zurückführen lässt (JANSSEN et al., 1986; KUBECZKA, 1982). Daraus resultierend gestaltet sich die Ermittlung wirksamer Dosierungen schwierig.

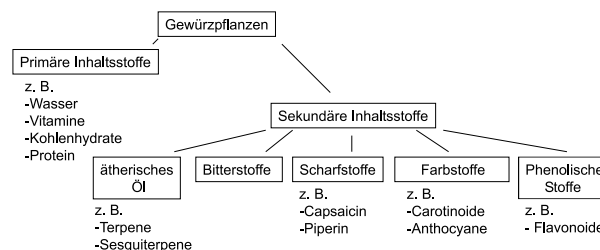
Begriffsklärung

Pflanzliche Produkte, mit deren Einsatz ein positiver Effekt auf die Leistung der Tiere verbunden wird, kann man mit der Bezeichnung **Phytobiotika** beschreiben. Im Allgemeinen sind damit pflanzliche Produkte aus der Gruppe der **Gewürze** gemeint, denn dieser Begriff umfasst definitionsgemäß mehr als die klassischerweise zugeordneten Samen und Früchten (wie Pfeffer, Kümmel etc.), sondern auch andere Pflanzenteile wie z. B. Wurzeln und Rinde und darüber hinaus noch die **Kräuter** (z. B. Salbei). Der Begriff **pflanzliche Drogen** kann - je nach Kontext - synonym für die Gewürze verwendet werden. Man versteht darunter getrocknete, lagerfähige Pflanzen, Pflanzenorgane oder deren Teile (GAEDCKE und STEINHOFF, 1999).

Zurückgeführt werden die Wirkungen der Phytobiotika i. d. R. auf die sekundären Pflanzenstoffe, die zwar für den Primärstoffwechsel der Pflanze ohne Belang, jedoch für den Fortbestand der einzelnen Pflanze mitentscheidend sind. Unter dem Begriff der **sekundären Pflanzenstoffe** (Abb. 1) fasst man folgende Stoffgruppen zusammen: ätherische Öle, Scharfstoffe, Bitterstoffe, Farbstoffe und phenolische Stoffe (GERHARDT, 1994; STEINEGGER und HÄNSEL, 1992).

Ätherische Öle sind Gemische lipophiler, flüssiger, flüchtiger Verbindungen, die von Pflanzen gebildet werden (TEUSCHER, 1997). In allen Teilen der Pflanze können

Abbildung 1: Zusammensetzung von Gewürzpflanzen



ätherische Öle gebildet werden, z. B. in den Blättern (Pfefferminz), in den Früchten/Samen (Anis) oder in der Rinde (Zimt). Bei manchen Pflanzen, wie beispielsweise bei Nelke und Piment, können auch unterschiedliche Pflanzenteile (Blätter, Blüten und Samen) ätherisches Öl liefern, allerdings unterscheiden sich die ätherischen Öle dann auch hinsichtlich der Zusammensetzung (STENGELE, 1994; BECKER, 1970). Im Gegensatz zu „fetten“ Ölen, die ebenfalls in Pflanzen vorkommen (Pflanzenöle), verschwindet ein auf Filtrierpapier erzeugter Fleck ätherischen Öls aufgrund seiner Flüchtigkeit nach gewisser Zeit restlos.

Die ätherischen Öle werden in den meisten Fällen durch Wasserdampfdestillation gewonnen. Hierbei handelt es sich um die flüchtigen, nicht wasserlöslichen Bestandteile von Pflanzen. Ungefähr 3000 Verbindungen sind in ätherischen Ölen nachgewiesen. Zusammengesetzt sind die ätherischen Öle hauptsächlich aus Monoterpenkohlenwasserstoffen und Sesquiterpenkohlenwasserstoffen sowie deren sauerstoffhaltigen Derivaten. Einige Pflanzen enthalten neben den Terpenen auch Phenylpropanderivate (z. B. Anethol, Eugenol) bzw. deren sauerstoffhaltige Derivate (z. B. Anisaldehyd) (PAULI, 1994).

In manchen ätherischen Ölen kommen wenige Komponenten vor, wobei eine chemische Verbindung dominiert, andere ätherische Öle jedoch können aus bis zu 100 Komponenten zusammengesetzt sein (CHRISTOPH, 2001; SCHMIDT, 1998; STENGELE, 1994; STAHL-BISKUP, 1991).

Die Komplexität in der Zusammensetzung der ätherischen Öle erschwert eine Zuordnung der biologischen Eigenschaften zu den einzelnen Komponenten. Nicht nur die Hauptkomponenten sind für diese Eigenschaften verantwortlich, sondern auch Neben- und Spurenkomponenten kommen dafür in Frage (KUBECZKA, 1982). JANSSEN und Mitarbeiter (1986) zeigten, dass ungenügend reine Terpenkohlenwasserstoffe antimikrobielle Wirkung aufwiesen, die den entsprechenden hochreinen Verbindungen fehlten. Da bei den Phytobiotika einzelne Stoffe nicht allein für die Wirksamkeit verantwortlich sind, sind pharmakokinetische Untersuchungen zu Resorption, Metabolismus und Ausscheidung verständlicherweise aus methodischen Gründen sehr selten. Zum Wirkmechanismus ätherischer Öle ist noch wenig bekannt. Angenommen wird eine Wechselwirkung mit Zellmembranen (TEUSCHER et al., 1990).

Im Unterschied zu den ätherischen Ölen werden **Oleoresine** durch Extraktion mittels eines geeigneten Lösungs-

mittels (wie z. B. CO₂ oder Äthanol) gewonnen. Diese werden auch - missverständlich - als **Extrakte** bezeichnet. Die Zusammensetzung der Oleoresine hängt maßgeblich von der Wahl des Extraktionsmittel und des Herstellungsverfahrens ab (BLUM, 1999). Diese Unterschiede treffen auch für den Geruch und Geschmack zu.

Im Zusammenhang mit dem Einsatz pflanzlicher Inhaltsstoffe sollten die so genannten „**Active Principles**“ nicht unerwähnt bleiben. Darunter versteht man bestimmte Inhaltsstoffe von Gewürzen und Kräutern bzw. auch Pflanzen im Allgemeinen, die aus toxikologischer Sicht von gewisser Relevanz sind und für die deshalb Höchstrückstandsmengen in zum Verzehr bestimmten Lebensmitteln festgelegt wurden (88/388/EWG). Hierzu gehören z. B. Cumarin und Blausäure. Gemäß der deutschen Aromenverordnung ist auch die Verwendung von Methyleugenol und Estragol als solches verboten. In der Diskussion sind weiterhin u. a. Campher, Capsaicin und Carvacrol.

Standardisierung

Eine Standardisierung phytogener Produkte bezüglich ihrer Inhaltsstoffe ist nur in begrenztem Umfang möglich. Die Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung sind vielfältig (Klima, Boden, Pflanzenspezies, Erntezeitpunkt, Pflanzenreife etc.). Selbst wenn man versucht, diese Faktoren so stabil wie möglich zu halten, wird man Unterschiede in der Zusammensetzung nicht vermeiden können. Sicherlich sind die ätherischen Öle/Oleoresine in geringerem Umfang von Schwankungen betroffen als die Drogen. Zudem ist hier über das Verschneiden unterschiedlicher Chargen eine Standardisierung einfacher durchführbar. Denkbar ist auch eine Ergänzung der natürlichen Produkte mit einzelnen naturidentischen Substanzen, wenn es hauptsächlich um die Standardisierung eines Hauptbestandteiles geht. Inwieweit bei einer Standardisierung aber Substanzen vernachlässigt werden, die zwar nur in geringem Umfang vorhanden aber für die gewünschte Wirkung von Bedeutung sind, bleibt fraglich.

Pharmakokinetik

Der Metabolismus von ätherischen Ölen/Oleoresinen bzw. ihrer Ausgangskomponenten ist nur minimal untersucht. Die Resorption von Komponenten aus ätherischen Ölen kann mucosal, dermal und pulmonal erfolgen. Für Thymol und 1,8-Cineol beispielsweise geht man davon aus, dass eine Resorption - begünstigt durch die geringe Molekülgröße und Lipophilie - schon im oberen Dünndarmabschnitt stattfindet (KOHLERT, 2001; LANGENECKERT, 1998). Die Verteilung der Substanzen über das Blutplasma erfolgt über einen oder mehrere Metaboliten in die verschiedenen Körpergewebe (z. B. Thymol über Thymolsulfat und Thymolglucuronid). In vielen Untersuchungen wird von einer hohen sogenannten Clearance und kurzen Eliminationshalbwertszeiten berichtet (z. B. ZIMMERMANN et al., 1995; BISCHOFF, 2000), wobei die Ausscheidung über Niere, Faeces, Lunge und auch über die Haut erfolgen kann. Dabei scheint die Ausscheidung über die Niere eine wichtige Rolle zu spielen. Für unterschiedliche Substanzen wird davon ausgegangen, dass 20 bis 80 % der aufgenommenen Menge renal ausgeschieden werden. Absolute Angaben sind kaum zu machen, weil unklar ist, welche Metaboliten aus den einzelnen Substanzen gebildet werden. Diese Zusammenhänge können bedeutsam sein, wenn man die Frage nach der antimikrobiellen Aktivität von z. B. Thymol im Intestinaltrakt stellt. Wird nach bisherigen Erkenntnissen ein erheblicher Teil

der oral aufgenommenen Menge im oberen Abschnitt des Dünndarms resorbiert, kann ein direkter antimikrobieller Effekt auf die (pathogene) Mikroflora nur in sehr begrenztem Umfang möglich sein.

Geschmacksbeeinträchtigung tierischer Produkte

Theoretisch könnte durch die Fütterung sehr hoher Konzentrationen von Phytobiotika ein Übergang von Aromastoffen in Milch, Eier und Fleisch möglich sein. Bedenken, die sensorische Qualität der tierischen Erzeugnisse negativ zu beeinträchtigen, sind jedoch weitgehend unbegründet. Belege dafür existieren bislang u. a. von VOGT und Mitarbeitern (1988) und SKRABKA-BLOTNICKA und Mitarbeitern (1999) zu Geflügelfleisch. Eigene Untersuchungen bestätigen diese Ergebnisse. Der Geschmack von Eiern wurde durch Rosmarinöl erst in Dosierungen von 5000 g/t Futter eindeutig beeinträchtigt (SEEMANN, mündliche Mitteilung), die Dosierung jedoch muss als vollkommen überhöht angesehen werden.

Unbedenklichkeit

Eine Übersicht über kanzerogene Eigenschaften von Gewürzinhaltsstoffen, die vielfach in ätherischen Ölen enthalten sind, haben LAKY und Mitarbeiter (2000) zusammengestellt. Auch wenn ätherische Öle nach der Beurteilung der FDA (U.S. Food and Drug Administration) (2002) insgesamt als GRAS (generally recognized as safe) zu betrachten sind, sollte der Aspekt möglicher negativer Wirkungen (BAKHIE und ADAM, 1995) in Abhängigkeit von der Dosierung nicht gänzlich unberücksichtigt und unerwähnt bleiben. Allerdings sind die negativen Wirkungen in Abhängigkeit von der Dosierung zu betrachten. Bei der oralen Aufnahme von Oreganoöl liegt der LD₅₀-Wert (beschreibt die Konzentration, bei der die Hälfte der Versuchstiere stirbt) bei der Ratte bei rund 1,85 g/kg Körpergewicht. Diese Konzentration übersteigt die in der Praxis übliche Menge um mehr als das 100-fache.

Hier soll nochmals kurz auf die Stoffe eingegangen werden, für die in der Europäischen Union Höchstrückstandsmengen in zum Verzehr bestimmten Lebensmitteln festgelegt sind. In diesen Fällen dürfen die Stoffe, für die Höchstrückstandsmengen etabliert wurden, nicht als solches zugesetzt werden, sondern nur über die Verwendung natürlicher Ausgangsquellen wie z. B. über Gewürze, zugesetzt werden. Das bedeutet beispielsweise, dass Capsaicin einem Lebensmittel nicht als definierte Einzelsubstanz zugegeben werden darf, unabhängig von der endgültigen Einsatzrate. Denn der Einsatz von Capsaicin darf eben nur über ein natürliches Ausgangsmaterial, in diesem Fall eine natürliche Capsaicin-Quelle wie z. B. scharfe Paprika Sorten (über Pulver oder Oleoresin) erfolgen.

Hitzestabilität

Veröffentlichungen zur Hitzestabilität phytogener Stoffe sind äußerst selten. Bei den Phytobiotika, die in der Tierernährung eingesetzt werden, handelt es sich meistens um aromagibende Stoffe, die durch ihre Flüchtigkeit charakterisiert sind. Das bedeutet, dass Verluste durch Hitzeeinwirkung z. B. beim Pelletieren zu erwarten sind. Stellt man die ätherischen Öle und die getrockneten, zerkleinerten Gewürze gegeneinander, sollten die Verluste bei den erstgenannten höher ausfallen als bei den Gewürzen, da die flüchtigen Komponenten in reiner Form und somit ungeschützt vorliegen. Die im Folgenden beschriebene

Untersuchung (WALD, 2002) wurde mit 3 ätherischen Ölen durchgeführt, die sich durch ihr Flüchtigkeitsverhalten unterschieden. Die Auswahl wurde aufgrund der bekannten chemischen Zusammensetzung getroffen. Dabei repräsentierte Lemongrasöl die stark flüchtigen, Oreganoöl die mäßig flüchtigen und Pimentblätteröl die stark flüchtigen ätherischen Öle.

Mit 70 °C und 90 °C wurden zwei Konditionierungstemperaturen gewählt, die zwei Extreme im Pelletierungsprozess darstellen. Das Versuchsdesign ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Einsatzrate der ätherischen Öle betrug 500g/t Futter (handelsübliches Schweinemastalleinfutter). Die Pelletierung erfolgte am Deutschen Institut für Lebensmitteltechnik e. V. (DIL) in Quakenbrück.

Tabelle 1: Versuchsdesign zur Messung der Pelletierungsverluste

Futterform bzw. Pelletiertemperatur	Lemongrasöl	Oreganoöl	Pimentblätteröl
Mehl	L-M	O-M	P-M
Pellets 70 °C	L-70	O-70	P-70
Pellets 90 °C	L-90	O-90	P-90

Zur Quantifizierung der Pelletierungsverluste wurden zunächst die reinen ätherischen Öle per Gaschromatographie (GC) analysiert. Von den ätherischen Ölen wurden dann die Hauptkomponenten, die in der Summe ca. 80 % des jeweiligen ätherischen Öles repräsentierten, zur Kalibrierung und somit zur Gehaltsbestimmung im unpelletierten und pelletierten Futter herangezogen.

Quantifiziert wurde durch Berechnung gegen die durch lineare Regression erhaltenen Kalibriergeraden. Berechnet wurde daraus der Gehalt der einzelnen Komponenten in mg/kg Futter und dann die Summe gebildet. Da diese Komponenten ca. 80 % des ursprünglichen Öles ausmachen, wurde ausgehend von dem Wert für die Summe der kalibrierten Komponenten auf einen Wert für das gesamte Öl extrapoliert. Bezogen auf den Sollwert wurde daraus die prozentuale Wiederfindung ermittelt. Von jeder Probe wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt.

Die Ergebnisse des Pelletierungsversuchs sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Für das Lemongrasöl wird mit der angewandten Analytik kein Verlust sondern eine scheinbare Anreicherung durch die Pelletierung von 32 und 61 % in Abhängigkeit von der Temperatur festgestellt. Vernachlässigt man das Ergebnis mit Lemongrasöl, bei dem anscheinend die vorhandene Analytik fehlerbehaftet war, dann steigt mit zunehmender Pelletierungstemperatur die Höhe der Verluste, wobei die absoluten Verluste entsprechend der Flüchtigkeit der ätherischen Öle bei Pimentblätteröl mit 13 bzw. 17 % geringer ausfallen als bei Oreganoöl (21 bzw. 23 %). Die Ergebnisse mit Lemongrasöl können nur insoweit interpretiert werden, dass Verluste im Vergleich zu den beiden anderen Produkten sehr viel höher ausgefallen sind. Die Verluste ätherischer Öle nehmen abhängig von ihrer Flüchtigkeit durch die Pelletierung zu.

Aus ökonomischer Sicht sollte dieses Problem nicht unterschätzt werden. Betrachtet man exemplarisch Oreganoöl, so kann dies bei einem Produktpreis von 65 Euro/kg, einem angenommenen Verlust von 25 % und einer Einsatzrate von 100 g/t Futter zu zusätzlichen Kosten von 16 Cent je dt Futter führen. In dieser Größenordnung ent-

Tabelle 2: Prozentuale und relative Wiederfindung (%) der ätherischen Öle in den unterschiedlich behandelten Futtermischungen

Ätherisches Öl	Mehl	Pellets 70 °C	Pellets 90 °C
Lemongrasöl	11 100	14 132	18 161
Oreganoöl	84 100	67 80	64 77
Pimentblätteröl	106 100	92 87	88 83

spricht das den Kosten von antibiotischen Leistungsförderern im Futter.

Erfahrungen mit Cuxarom Spicemaster

Am Beispiel von Cuxarom Spicemaster soll im Folgenden über die Effekte eines natürlichen, rein pflanzlichen Aromastoffs bei Schwein und Geflügel berichtet werden. Bei Cuxarom Spicemaster handelt es sich um eine Kombination aus einer spezifischen Braunalge und den Gewürzen Anis, Basilikum, Fenchel, Knoblauch, Thymian und Zimt, wobei sowohl Pflanzen als auch ätherische Öle Verwendung finden. Die Mischung zeichnet sich durch eine weiche, süßliche Kräuternote aus und enthält neben den oben genannten aromagebenden Komponenten Trägerstoffe und Antioxidantien. Diese sind ebenfalls natürlichen Ursprungs, weshalb Cuxarom Spicemaster als vollständig natürliches Produkt anzusehen ist.

Die Qualität der Rohstoffe sowie des Endproduktes wird regelmäßig nach internen Standards geprüft. Zur Routine zählen u. a. mikrobiologische und GC-Untersuchungen zur Inhaltsstoffbestimmung. Zur Feststellung der antimikrobiellen Aktivität wurde im Labor Tiergesundheit an der Landwirtschaftskammer Weser-Ems ein Agardiffusionstest durchgeführt. Dabei wurde keine antibiotische Aktivität nachgewiesen und somit ein damit evtl. verbundenes Gefährdungspotenzial ausgeschlossen.

Einige Ergebnisse von Wachstumsversuchen mit Cuxarom Spicemaster sind in den Tabellen 3 bis 5 zusammengefasst.

In den **Ferkelversuchen** (Tab. 3) wurden unterschiedlichen Dosierungen von Cuxarom Spicemaster an 120 bzw. 80 Tieren im Gewichtsabschnitt von 8 bis 33 bzw. 7 bis 25 kg gegen eine Kontrolle geprüft. Die Futteraufnahme war in beiden Versuchen gegenüber der Kontrolle tendenziell erhöht. Das Endgewicht bzw. die tägliche Zunahme waren ebenfalls signifikant verbessert ($p \leq 0,05$).

Tabelle 3: Ergebnisse von Ferkelversuchen an der Uni Kiel und der LVA Iden mit Cuxarom Spicemaster (Dosierungen 1,0 bzw. 0,5 kg/t Futter)

	Uni Kiel (2000)	LVA Iden (2001)
Futteraufnahme (g/d)	+ 4 %	+ 5 %
Tägliche Zunahme (g/d)	+ 3 %	+ 6 %*
Endgewicht (kg)	+ 3 %*	+ 3 %
Futterverwertung (1:)	- 4 %	- 1 %

* signifikanter Unterschied $p \leq 0,05$

Auch auf die Leistung von **Mastschweinen** hatte der Zusatz von 500 g Cuxarom Spicemaster pro t Futter einen positiven Effekt (Tab. 4). Geprüft wurden 61 Tiere je Behandlung. Die Fütterung erfolgte über Abrufautomaten, so dass von allen Tieren die Einzeldaten vorlagen. Der Effekt auf die tägliche Zunahme war aufgrund der hohen Varianz der Mittelwerte nicht signifikant. Allerdings war das Endgewicht signifikant um 4,5 kg bzw. 4 % erhöht. Für alle Parameter waren die Effekte in der Vormast ausgeprägter als über die Gesamtperiode betrachtet.

Tabelle 4: Ergebnisse eines Mastschweineversuchs an der Universität Rostock 2002 (30-110 kg LG)

	Kontrolle	Cuxarom Spicemaster (0,5 kg/t)	Relativ zur Kontrolle
Tierzahl	61	61	
Futterraufnahme (kg/d)	2,22 ± 0,20	2,28 ± 0,31	+ 3%
tägliche Zunahme (g/d)	720 ± 68	762 ± 91	+ 6%
Endgewicht (kg)	110,9 ^a ± 5,6	115,3 ^b ± 8,3	+ 4%
Futterverwertung (1:)	3,10 ± 0,23	2,99 ± 0,24	- 4%

In Feldversuchen mit **Broilern** wurde Cuxarom Spicemaster mit Dosierungen von 500 und 300 g/t Futter geprüft, wobei als Vergleich einmal eine unsupplementierte Kontrolle diente und im zweiten Fall gegen ein im Markt etabliertes Produkt auf phyto gener Basis verglichen wurde (Tab. 5). Bei der Interpretation des ersten Versuchs ist zu beachten, dass die Ausstattung der Versuchsgruppe einen Tag früher erfolgte als bei der Kontrollgruppe und deswegen alle Ergebnisse extrapoliert werden müssten, um die Höhe der Effekte tatsächlich vergleichen zu können. Doch selbst bei der Betrachtung der unkorrigierten Zahlen wird ein Vorteil für die mit Cuxarom Spicemaster supplementierte Gruppe ersichtlich. Bei gleichem Endgewicht und reduzierter Futterraufnahme verbesserte sich die Futterverwertung um 3 %. Im zweiten Versuch sind die Ergebnisse der beiden Behandlungen vergleichbar für alle erfassten Parameter.

Tabelle 5: Ergebnisse von Feldversuchen an Broilern mit Cuxarom Spicemaster

	Versuch 1		Versuch 2	
	Kontrolle	Cuxarom Spicemaster (0,5 kg/t)	Positiv-kontrolle	Cuxarom Spicemaster (0,3 kg/t)
Tierzahl	130.000	130.000	44.000	44.000
Mastalter (d)	33,8	32,5	34	34
Futterraufnahme (kg)	2,50	2,44	2,28	2,35
Endgewicht (g)	1.491	1.496	1.493	1.480
Futterverwertung (1:)	1,72	1,67	1,65	1,69
Verluste (%)	7,1	5,8	4,1	5,0

Fazit

Bei der Herstellung und Lagerung des Futters ist beim Einsatz pflanzlicher Aromen wie auch bei Verwendung klassischer Aromen (überwiegend Mischungen chemisch definierter Einzelwirkstoffe) der natürlichen Flüchtigkeit der Substanzen Rechnung zu tragen.

Aufgrund ihres aromatischen Charakters können pflanzliche Ausgangsprodukte durchaus einen Beitrag zur Aromatisierung von Futtermitteln leisten wie am Beispiel von Cuxarom Spicemaster aufgezeigt wurde. Um die Sicherheit von Mischungen mit phyto genen Ausgangsstoffen beim Einsatz in der Tierernährung zu garantieren, sollten nur solche Stoffe zum Einsatz kommen, die für die Anwendung in Lebensmitteln erlaubt sind. Über die sorgfältige Komponentenwahl gekoppelt mit einer umfassenden Qualitätsüberwachung sowie die Vorgabe eines Dosierungsrahmens ist eine sichere Anwendung beim Tier gewährleistet.

Literaturverzeichnis

- BAKHIE, A. O., S.E. ADAM (1995): Therapeutic utility, constituents and toxicity of some medicinal plants: a review. *Vet. Human Toxicol.* 37, 255-258
- BISCHOFF, R. (2000): Non-invasive exhalation monitoring - analysis of volatile compounds at the ppb and sub-ppb level. *Phytomedicine* 7 Suppl. II:29
- BLUM, C. (1999): Analytik und Sensorik von Gewürzextrakten und Gewürzölen. Dissertation Universität Hamburg
- CHRISTOPH, F. (2001): Chemische Zusammensetzung und antimikrobielle Eigenschaften der ätherischen Öle von *Leptospermum scoparium* J. R. et G. Forst: und anderer Teebaumöle der Gattungen Kunzea, *Leptospermum* und *Melaleuca* unter besonderer Berücksichtigung von Handelsölen. Dissertation, Universität Hamburg
- FDA (U. S. Food and Drug Administration) (2002): www.cfsan.fda.gov/~dms/opa-gras.html
- FORMACEK, V., K.-H. KUBECZKA (1982): „Essential oils analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon-13NMR Spectroscopy“. John Wiley & Sons, Chichester New York Brisbane Toronto Singapore
- GAEDCKE, F., B. STEINHOFF (1999): Phytopharmaka. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- JANSEN, A.M., J.J.C. SCHEFFER, A. BAERHEIM SVENDSEN (1986): Antimicrobial screening of essential oils - aspects of the agar overlay technique. In „International Symposium on Essential Oils“ (Brunke, E.-J., ed.), 401-419. Walter de Gruyter Verlag
- KLUTH, H., E. SCHULZ, I. HALLE, M. RODEHUTSCORD (2003): Zur Wirksamkeit von Kräutern und ätherischen Ölen bei Schwein und Geflügel. *Lohmann Information* 2/2003, 9-13
- KOHLERT, C. (2001): Systemische Verfügbarkeit und Pharmakokinetik von Thymol nach oraler Applikation einer thymianhaltigen Zubereitung im Menschen. Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- KUBECZKA, K.-H. (1982): Qualitätsbeurteilung arzneilich verwendeter ätherischer Öle. *Deutsche Apotheker Zeitung* 122, 2309-2316
- LAKY, B., G. HIETSCH, S. KNASMULLER (2000): Gewürzinhaltstoffe - kanzerogene und chemoprotektive Eigenschaften. *ERNO* 1, 55-61
- LANGENECKERT, A. (1998): Untersuchungen zur Pharmakokinetik und relativen Bioverfügbarkeit von alpha-Pinen, 1,8-Cineol, und Menthol nach dermalen, inhalativer und peroralen Applikation Ätherischer Öle. Dissertation, Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
- PAULI, A. (1994): Chemische, physikalische und antimikrobielle Eigenschaften von in ätherischen Ölen vorkommenden Phenylpropanen. Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- SCHMIDT, A. (1998): Polychemismus bei den ätherischen Öl führenden Arten *Thymus pulegioides* L. und *Thymus praecox* Opiz ssp. *arcticus* (E. Durand) Jolas (Lamiaceae) im nordatlantischen Europa. Dissertation, Universität Hamburg
- SKRABKA-BLOTNICKA, T., A. ROSINSKI, E. PRZYSIEZNA, J. WOLOSZYN, G. ELMINOWSKA-WENDA (1999): Effect of dietary formulation supplemented with herbal mixture on goose abdominal fat quality. *Arch. Geflügelk.* 63(3), 122-128
- STAHL-BISKUP, E. (1991): The chemical composition of Thymus oils: A review of the literature 1960-1989. *Journal of Essential Oil Research* 3, 61-82

- STEINEGGER, E., R. HANSEL (1992): Lehrbuch der Pharmakognosie und Phytopharmazie. 5. Auflage, Springer Verlag
- STENGEL, M. (1994): Beitrag zur Rolle glykosidisch gebundener flüchtiger Komponenten in ätherisches Öl führenden Pflanzen. Dissertation, Universität Hamburg
- TEUSCHER, E., M. MELZIG, E. VILLMANN, K.U. MORITZ (1990): Untersuchungen zum Wirkmechanismus ätherischer Öle. Zeitschrift für Phytotherapie 11: 87-92
- TISSERAND, R., T. BALACS (1995): „Essential oil safety - a guide for health care professionals,“ Churchill Livingstone, Edinburgh
- VOGT, H., S. HARNISCH, H.-W. RAUCH, G. HEIL (1988): Der Einsatz von Zwiebelpulver im Geflügelmastfutter. Arch. Geflügelk. 52 (4), 156-162
- WALD, C. (2002): Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener ätherischer Öle im Futter von Aufzuchtferkeln und Broilern. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- ZIMMERMANN, T., M. SEIBERLING, P. THOMANN, D. KARABELNIK (1995): Untersuchungen zur relativen Bioverfügbarkeit und zur Pharmakokinetik von Myrtol standardisiert. Arzneimittel Forschung 45 (11): 1198-1201

Anschrift der Verfasserin

Dr. Christina Wald
Heinz-Lohmann-Straße 4
27472 Cuxhaven

E-Mail: christina.wald@lah.de

Algen in der Tierernährung

Vincent Lognone (Pleubian, Frankreich)

1. Einleitung

Zur Gruppe der Algen gehören sehr unterschiedliche photosynthetisierende Pflanzen ohne Wurzeln, Stängel und Leitbündel. Algen kommen als kleine Einzeller vor, aber auch als komplexe, vielzellige Formen, die bis zu 65 m lang werden können. Ihr Lebensraum reicht von Meeren über Binnenseen bis zu terrestrischen Böden, von heißen bis zu eisigen Klimaten. Man unterteilt Algen in verschiedene Algenklassen, wobei die Farbe einen Hinweis auf die Zugehörigkeit liefert. Aber auch der Lebenszyklus und die chemische Zusammensetzung der Reservestoffe sowie der Zellwände werden hier berücksichtigt.

Weltweit werden jährlich 8 Millionen Tonnen Algenfrischmasse umgeschlagen. Die wichtigsten Algenproduzenten sind China, Korea und Japan (Tab. 1), die zusammen drei Viertel der Gesamtzeugung innehaben. 90 % davon entfällt auf Kulturen.

Tabelle 1: Top Ten der Algenproduzenten

Land	Produktionsmenge (t) im Jahr 2000
China	4.646.263
Philippinen	657.044
Japan	619.281
Nordkorea	401.000
Südkorea	385.956
Chile	280.844
Indonesien	223.143
Norwegen	192.426
Indien	100.000
Frankreich	70.354

Weltweit gesehen stellt die Verwendung von Algen als Lebensmittel in Form von „Algengemüse“ wert- und volumenmäßig den größten Absatzmarkt dar. 75 % der Gesamtproduktion entfällt auf diesen Bereich, wobei die südwestlichen Länder Asiens über einen hohen direkten Verbrauch den größten Anteil daran haben. Algen sind dort seit Jahrtausenden bekannt und dank ihrer organoleptischen Eigenschaften ein sehr geschätztes Produkt (Algenblätter).

Im Okzident ist der direkte Verzehr von Algen relativ unbedeutend, nimmt aber in letzter Zeit zunehmend an Popularität zu. Algen sind zwar seit den sechziger Jahren häufig als Nahrungsbestandteil zu finden, aber mehr aufgrund ihrer technologischen Eigenschaften. Agar-Agar, Alginate und Carrageen sind wichtige Komponenten/Zusätze der Nahrungsmittelindustrie. Auch in Kosmetika bzw. in Futtermitteln werden Algen meist in Form von Extrakten als Emulgatoren, Stabilisatoren, Verdickungs- und Geliermittel eingesetzt. Makroalgen werden aufgrund ihres hohen Gehaltes an Mineralien und Faserstoffen, Mikroalgen wegen ihres Gehaltes an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Form von Mehlen dem Tierfutter beigemischt.

Mit den nachfolgenden Ausführungen sollen einige wichtige Informationen und ein besseres Wissen über den Rohstoff „Alge“ im Hinblick Taxonomie, rechtliche Regelung

sowie ernährungsphysiologische Eigenschaften vermittelt werden. Darüber hinaus sollen einige Beispiele für den Einsatz in der Tierernährung gegeben werden.

2. Artenvielfalt

Algen stellen eine große Artenvielfalt dar. Unter dem Begriff Alge sind nicht nur Prokaryonten und Eucaryonten, sondern auch Mikroalgen und Makroalgen zusammengefasst. Insgesamt gibt es schätzungsweise 30.000 oder 40.000 Arten, die Diatomee (Kieselalge) umfasst sogar 100.000 Arten (Tab. 2).

Tabelle 2: Botanische Einteilung der Algen

Klasse	lat. Bezeichnung	Arten
Braunalgen	Phaeophyceae	<i>Laminaria sp.</i> , <i>Macrocystis sp.</i> , <i>Ascophyllum sp.</i>
Rotalgen	Rhodophyceae	<i>Chondrus sp.</i> ,
Grünalgen	Chlorophyceae	<i>Chlorella sp.</i> , <i>Ulva sp.</i>
Blaualg	Cyanophyceae	<i>Spirulina sp.</i>
Diatomeen	Bacillariophyceae	

- Die Cyanobakterien (Blau-/Blau-Grünalgen) leben vorwiegend aquatisch und zwar eher in Süßwasser als in Meerwasser und können sich aktiv gleitend fortbewegen. Zu ihnen gehört *Spirulina*.
- Bei den Rotalgen kann man grundsätzlich unterscheiden zwischen den Kalkbildnern wie Lithothamnion und den Carrageen produzierenden Arten wie z. B. *Chondrus crispus*. Sie kommen hauptsächlich in marinen, tropischen Gewässern vor und wachsen dort auf festen Untergründen.
- Die Braunalgen leben ähnlich wie die Rotalgen, bevorzugen aber die gemäßigten Küstenregionen. Braunalgen können eine Länge von 100 m erreichen (z. B. *Macrocystis*), die großen Arten nennt man Tang (Kelp).
- Auch bei den Grünalgen gibt es große Unterschiede zwischen Mikroalgen wie z. B. *Chlorella* und Makroalgen wie z. B. *Ulva*.

Die extreme Artenvielfalt dieser Organismen ist erstaunlich und auch die Tatsache, dass die *Ulva* stammesgeschichtlich der Pappel näher steht als der Braunalge *Ascophyllum nodosum*.

Algen zählen zu den photosynthetischen Organismen, die ihre organischen Moleküle aus Kohlendioxid, Wasser und Mineralien herstellen. Auf diese Art und Weise produzieren sie eine große Menge Sauerstoff, die für das Leben auf der Erde notwendig ist. Cyanobakterien stehen am Beginn der Sauerstoffproduktion auf der Erde und somit auch am Anfang tierischen Lebens.

Algen sind das erste Glied in der Nahrungskette, sie werden über Zooplankton aufgenommen oder direkt von den Fischen verzehrt.

Im Orient stehen Algen seit Menschengedenken auf dem Speisezettel; im Okzident dienen sie seit Jahrhunderten als Lieferant der Rohstoffe Soda, Jod und Hydrokolloiden.

3. Rechtliche Regelung

Gemäß EU-Recht (98/67/EG) dürfen Seealgen und auch kohlensaurer Algenkalk (Maërl aus Kalkalgen wie Lithotham) als Einzelfuttermittel in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere eingesetzt werden. Diese beiden Quellen können in Deutschland auch von QS zertifizierten Betrieben verwendet werden, da sie in der umfangreichen Rohstoff-Positivliste der Normenkommission für Einzelfuttermittel (DLG) gelistet sind. Der Einsatz von Algen aus anderer Quelle (z. B. Süßwasseralgen aus industrieller Erzeugung) ist nicht gestattet.

Wie bereits weiter oben erwähnt finden Algenprodukte auch als Futterzusatzstoffe (als Emulgatoren, Stabilisatoren, Verdickungs- und Gelmittel) in der Tierernährung Verwendung und sind über die EU-Richtlinie 70/524/EWG geregelt.

Der bedeutende Jodgehalt der Braunalgenmehle ist der Grund für den begrenzten Einsatz in Futtermitteln, um so die futtermittelrechtlich erlaubten Höchstmengen an Jod in Futtermitteln einzuhalten (70/524/EWG). Die nachstehend genannten Werte sind von einer kürzlich veröffentlichten EU-Verordnung (1334/2003/EG) zur Änderung von Höchstgehalten für einige Spurenelemente nicht betroffen:

- * Pferde: 4 mg/kg
- * Fische: 20 mg/kg
- * Andere Arten: 10 mg/kg

Bei einem erlaubten Maximalgehalt von 10 mg Jod pro kg Futter darf *Laminaria*, die einen Jodgehalt von 5000 mg/kg hat, im Futter nur mit 2 kg/t eingesetzt werden. Für *Fucus*, dessen Jodgehalt zwischen 500 und 1000 mg/kg liegt, errechnet sich ein Maximalgehalt von 10 bis 20 kg/t Futter.

4. Ernährungsphysiologische Eigenschaften

4.1 Mineralstoffe

Algen schöpfen aus dem Meer einen unvergleichlichen Reichtum an Mineralien, der sich durch eine große Vielfalt auszeichnet: Makroelemente wie Natrium, Kalzium, Magnesium, Kalium, Chlor, Schwefel, Phosphor, außerdem Spurenelemente wie Jod, Eisen, Zink, Kupfer, Selen, Molybdän, Fluor, Mangan, Bor, Nickel und Kobalt.

Rot-, Braun- und Grünalgen ähneln sich in ihrem Gesamtgehalt an Mineralien. Bei den braunen und roten Algen beträgt der Anteil an Mineralien 36 % in der Trockenmasse und bei den grünen 30 %.

Unter den vielen Mineralien sind zwei von besonderem Interesse - nämlich Jod und Kalzium. Für beide Elemente sind weltweit gesehen Mangelerscheinungen in der Bevölkerung bekannt.

4.2 Jod

In unserer Nahrung stellen Getreide und Gemüse eine nur mäßige Jodquelle dar (0,01 bis 0,2 mg/kg in der Bruttomasse). Die wichtigsten Jodquellen sind nach wie vor Fisch und Krustentiere (0,3 bis 3 mg/kg in der frischen

Ware) und auch Lebertran (8 mg/kg). Diese Werte sind aber vergleichsweise gering, wenn man dagegen den Jodgehalt von Algen betrachtet. Die höchsten Werte finden sich in Braunalgen mit den Arten *Laminaria* und *Fucus* mit 1.500 bis 8.000 mg/kg TM bzw. 500 bis 1.000 mg/kg TM. Rot- und Grünalgen weisen zwar nur eine mäßige Jodkonzentration von 100 bis 300 mg/kg TM auf, im Vergleich zu den klassischen Nahrungsquellen ist dies allerdings immer noch als hoch anzusehen.

Das Jod der Algen gibt es in verschiedenen Formen. In mineralischer Form, in organischer Form an Aminosäuren (Mono- und Di-Jod Thyrosin) oder an andere Kohlenstoffmoleküle gebunden. In welcher Form Jod vorliegt, hängt von der Algenklasse ab.

Bei den Braunalgen ist der mineralische Jodgehalt am höchsten (80 % des Gesamtjodgehaltes), wohingegen das Verhältnis bei den Grünalgen genau umgekehrt ist. Rotalgen enthalten etwa 40 % mineralisches Jod und 60 % organisch gebundenes Jod.

4.3 Kalzium

Unter den Makroalgen sind Algen mit einem Ca-Gehalt von 7 % in der Trockenmasse die wichtigste pflanzliche Quelle für Kalzium. Von besonderem Interesse ist hier die Kalkalge *Lithotham* mit einem Kalzium-Gehalt von 25 bis 34 %. Kalkalgen haben die Besonderheit, dass sie in ihren Zellwänden Kalk in Form von Kalziumkarbonat, das mit Magnesiumkarbonat verbunden ist, einzulagern. Wenn die Alge abstirbt, bleibt ihr Kalkskelett bestehen und bildet ein Meeressediment, das man Maërl nennt und einen wichtigen Betriebszweig an der bretonischen Küste (ungefähr 500.000 Tonnen/Jahr) darstellt. Maërl wird hauptsächlich als Düngemittel genutzt. Seit einigen Jahren wird es auch als Mineralstoff für Futtermittel und für Kosmetik verwendet.

Das Kalzium des Maërls löst sich unter gastrointestinalen Bedingungen hervorragend auf (pH = 1,5). Es ionisiert bei Anwesenheit von Wasser, d. h. es geht in die kleinste atomare Form über, weshalb Kalzium aus Maërl eine gut verfügbare Kalziumquelle darstellt.

4.4 Protein

Meeresalgen weisen einen stark schwankenden Proteingehalt auf (Tab. 3). Während Braunalgen nur über eine geringe Proteinkonzentration (5 bis 11 %) verfügen, so gibt es unter den Rotalgen Sorten mit Proteingehalten von 30 bis 40 %, die quantitativ vergleichbar sind mit denen von proteinreichen Pflanzen (z. B. Soja). Grünalgen, die zurzeit nur wenig geschätzt sind, haben ebenfalls einen nicht unbeachtlichen Proteingehalt, der immerhin bis zu 30 % in der Trockenmasse betragen kann. Die *Spirulina*, eine Süßwasser-Mikroalge, ist für ihren hohen Proteingehalt (70 % in der Trockenmasse) bekannt.

Tabelle 3: Rohnährstoffgehalte von Algen (% der Trockenmasse)

	Rohfaser	Rohprotein	Rohfett
Braunalgen	33-47	5-11	1,5-6,5
Rotalgen	33-37	10-30	0,6-3,4
Grünalgen	33-38	10-30	1,8-2,0
Blualgen	13-17	60-71	6,0-7,0

4.5 Vitamine

Trotz großer saisonaler Schwankungen ist die Zusammensetzung an Vitaminen in den Algen wegen ihrer vorbildlichen Ausgewogenheit sehr interessant. Hauptaugenmerk liegt auf dem Provitamin A (Rotalgen), auf Vitamin C (Braun- und Grünalgen) und auf Vitamin E (Braunalgen). Die B-Vitamine (B₂ und B₃ insbesondere) sind im allgemeinen gut vertreten. Eine Besonderheit stellt Vitamin B₁₂ dar: Algen enthalten einen nicht unbeachtlichen Gehalt dieses Vitamins, wohingegen andere Pflanzen so gut wie kein Vitamin B₁₂ aufweisen. Mit Ausnahme von Vitamin B₁₂ liegen nur wenige Erkenntnisse über die Bioverfügbarkeit von Vitaminen in Algen vor. Im Falle von Vitamin B₁₂ sind die Meinungen geteilt. Neuere Untersuchungen deuten jedoch darauf hin, dass Vitamin B₁₂ aus Algen eine gute Bioverfügbarkeit aufweist.

Vitamin C kommt in beträchtlichen Mengen in bestimmten Rot- und Grünalgen vor, die Gehalte schwanken hier zwischen 50 und 300 mg/100 g TM (vergleichbar mit der Tomate), womit man mit ungefähr 10 g die empfohlene Tagesdosis (30 mg) deckt.

Das Provitamin A in den Algen besteht hauptsächlich aus β -Carotin und β -Carotin. Rot- und Braunalgen haben die höchsten Gehalte (2 bis 17 mg/100 g), womit man ebenfalls die empfohlene Tagesdosis decken kann.

Obwohl in Algen einige Vitamine in beachtlichen Mengen enthalten sind, liegt das Hauptaugenmerk nicht auf dem absoluten Vitamingehalt sondern vielmehr auf ihrem Verhältnis zueinander.

4.6 Fett

Der Fettgehalt von Algen ist sehr gering (1 bis 3 % TM). Lediglich bei den von unserer Küste stammenden Algen, *Ascophyllum nodosum*, kann der Gehalt bei bis zu 5 % liegen. In der Qualität unterscheiden sich die Algenfette von den Fetten in Pflanzen. Sie weisen deutlich höhere Gehalte an essenziellen Fettsäuren auf. Dies scheint besonders für *Ascophyllum nodosum* charakteristisch zu sein.

Auch Grünalgen, deren Fettsäuren-Zusammensetzung ähnlich der von höheren Pflanzen ist, zeigen einen viel höheren Gehalt an Oleinsäure (C 18:1) und an essenzieller Alpha-Linolensäure (ω 3-C18:3), welche vom Menschen nicht synthetisiert werden kann.

Eine Besonderheit der Rotalgen ist, dass sie zu einem großen Teil mehrfach ungesättigte Fettsäuren bis zu einer Kettenlänge von 20 Kohlenstoffatomen enthalten, denn diese Fettsäuren sind hauptsächlich in der Tierwelt zu finden. Bei *Porphyra* besteht die bekannte Eicosapentaensäure (ω 3-C20:5) zu 50 % aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Arachidonsäure (ω 6-C20:4) kommt auch vor. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit 18 Kohlenstoffatomen wie die Linolensäure und Linolsäure sind ebenfalls enthalten (10 % des gesamten Fettsäuregehaltes bei *Porphyra*).

Bei den Braunalgen ist die Zusammensetzung der Fettsäuren vergleichbar mit der der Rotalgen.

4.7 Rohfaser

Der Gehalt an Rohfaser bezogen auf die Trockenmasse ist bei Algen sehr hoch (32 bis 50 %). Die unlösliche Roh-

faser, die für eine Verringerung der Passagerate im Intestinaltrakt bekannt ist, besteht zu einem erheblichen Teil aus Zellulose. Die unlöslichen Faserstoffe sorgen in klassischer Weise für eine verringerte Passagerate im Intestinaltrakt (Tab. 4).

Tabelle 4 : Rohfaser-Gehalte in Algen

	Gesamt (% TM)	Lösliche Rohfaser (% TM)	Unlösliche Rohfaser (% TM)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	47,4	35,4	12,0
<i>Laminaria digitata</i>	37,3	32,6	4,7
<i>Himanthalia elongata</i>	32,7	25,7	7,0
<i>Undaria pinnatifida</i>	35,3	30,0	5,3
<i>Porphyra tenera</i>	34,7	17,9	16,8
<i>Palmaria palmata</i>	33,5	18,9	14,6
<i>Gracilaria verrucosa</i>	36,6	26,9	9,7
<i>Ulva sp.</i>	38,1	21,3	16,8
<i>Enteromorpha sp.</i>	33,4	17,2	16,2

Sehr interessant ist, dass der Anteil der löslichen Faserstoffe bei den Grün- und Rotalgen 51 bis 56 % des gesamten Faserstoffanteils beträgt und bei den Braunalgen 67 bis 87 %.

Spezielle lösliche Polysaccharide in Rotalgen (*Gracilaria verrucosa*, *Chondrus crispus*, *Porphyra umbilicalis*, *Palmaria palmata*) sind Agar-Agar, Carrageen und Xylane (Tab. 5). Agar-Agar und Carrageen sind Sulfatpolymere der Galaktose und der Anhydrogalaktose. Xylane sind neutrale Polymere der Xylose.

Bei den Braunalgen (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*) sind Laminaran, Alginate und Fucane die löslichen Faserstoffe (Tab. 5). Das Laminaran (β -Glucan) besteht aus neutralen Polymeren der Glukose. Die Alginate sind die Polymere der Mannuron- und Guronsäure.

Tabelle 5: Lösliche NSPs in Algen

Algen	NSPs der Zellwände	Speicher-NSPs
<i>Laminaria digitata</i> <i>Laminaria saccharina</i> <i>Fucus vesiculosus</i> <i>Himanthalia elongata</i> <i>Undaria pinnatifida</i> <i>Ascophyllum nodosum</i>	Fucane Alginate	Laminaran
<i>Gracilaria verrucosa</i> <i>Porphyra umbilicalis</i>	Agar-Agar	
<i>Chondrus crispus</i>	Carrageen	
<i>Palmaria palmata</i>	Xylan	
<i>Ulva sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>	Ulvan	

Die löslichen Faserstoffe stehen im Allgemeinen im Zusammenhang mit dem Hydrationsverhalten (Absorption, Retention, Quellen), das die Passage des Nahrungsbreis im Magen-Darm-Trakt beeinflusst und die hypocholesterinämisch und hypoglykämische Effekte zeigen. Bezogen

auf die Abbaubarkeit durch Bakterien im Intestinaltrakt kann man drei Kategorien unterscheiden:

- die leicht und vollständig abbaubaren Substanzen wie Xylan und Laminaran,
- die schlecht abbaubaren Bestandteile wie Agar-Agar, Carrageene, Ulvane und Fucane,
- die teilweise abbaubaren Alginat, aus denen durch β -Eliminierung Oligomere entstehen.

Die ebenfalls anfallenden Oligomere, Oligo-Alginat und Oligo-Laminarane zeigen in vitro sogenannte bifidogene Effekte, die eine präbiotische Nutzung möglich erscheinen lassen.

In der folgenden Tabelle 6 sind die unlöslichen NSPs von Algen aufgelistet.

Tabelle 6: Unlösliche NSPs in Algen

Algen	Polysaccharide der Zellwände
<i>Laminaria digitata</i> <i>Laminaria saccharina</i> <i>Fucus vesiculosus</i> <i>Himanthalia elongata</i> <i>Undaria pinnatifida</i> <i>Ascophyllum nodosum</i>	Cellulose
<i>Gracilaria verrucosa</i> <i>Chondrus crispus</i> <i>Palmaria palmata</i>	Cellulose Fucane
<i>Porphyra umbilicalis</i>	Mannane Xylane
<i>Ulva sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>	Cellulose Glucosylane Glucuronane

5. Verwendung

In Küstenregionen werden Algen in großem Umfang für die Fütterung von Tieren verwendet. Im ersten Weltkrieg führte der Hafer- und Futtermangel dazu, dass stattdessen Algen als Rohstoffe verwendet wurden. In den Jahren 1960 bis 1980 wurden bedeutende Mengen Fucusmehl für die Tierernährung produziert. In letzter Zeit sind auch für spezifische Anwendungen in der Tierernährung technische Produkte entwickelt worden.

Die Braunalge *Macrocystis pyrifera* dient zur Herstellung von komplexen Oligoelementen. Sie wird in feuchter Form mit Sulfaten der Spurenelemente Kupfer, Zink, Eisen und Mangan vermischt. Die Mischungen werden dehydriert und zermahlen. Diese Produkte, die man SQM nennt, sollen die Bioverfügbarkeit der Spurenelemente verbessern. Die Alginat, die in den Zellwänden der Algen angesiedelt sind, führen zur Chelatbildung mit den zweiwertigen und vielwertigen Ionen. Die Stabilität dieser Komplexe ist auf die Struktur der Alginat zurückzuführen. Die Guluronat-Blöcke bilden Chelate, während die reinen Mannuronat-Blöcke und die Guluronat-/Mannuronat-Blöcke weniger stabile Komplexe bilden. Im Laufe der Verdauung werden die Spurenelemente dann durch die herrschenden physisch-chemischen Bedingungen wieder freigesetzt.

Eine andere Braunalge, *Ascophyllum nodosum*, wird als technische Komponente verwendet, um Futtermittel für

Garnelen zu binden. Das Algenmehl wird mit Kalziumfänger gemischt. Der Ionenaustausch (Kalzium ersetzt Natrium) entsteht, während sich das Mehl im Wasser auflöst. Die rheologischen Eigenschaften der Alginat werden somit aktiviert: Verdickung und Gelierung. Konkret heißt das, dass die Algensuspension mit dem Futter gemischt wird und das ganze unter Zugabe von Kalzium geliert. Dieses Verfahren vermeidet eine Dispersion des Futters im Meereswasser, womit die Aufnahme des Futters durch die Garnelen begünstigt und der Umweltverschmutzung vorgebeugt wird.

Die Verwendung mancher Algen als Wurmmittel in der traditionellen Medizin ist heute nicht mehr ganz zeitgemäß, obwohl die Algenart *Alsidium helminthocorton*, auch „Mousse de Korsika“ genannt, seit Jahrhunderten bei Kindern gegen den Madenwurm eingesetzt wird. Das gleiche gilt für *Diginea simplex*, welche in getrockneter oder abgekochter Form in Asien verwendet wird, und auch für die *Ulva* auf Kuba und die *Durvillea* in Neuseeland.

Zwei Stoffwechselprodukte, die als Wurmmittel genutzt werden, finden sich häufig auch im Gewebe bestimmter Algenkörper: Kainsäure (2-Carboxymethyl-4-Isopropenyl-Prolin) und Domoinsäure (3-Carboxyl-4-(5-Carboxylmethylhexa-1,3 Dienyl)-Prolin), die von ihrer Struktur her den Aminosäuren ähneln und hier insbesondere der Glutaminsäure. Diese Moleküle wirken gegen Würmer.

In der Aquakultur werden Mikroalgen nur zum Zeitpunkt des Schlupfes verwendet. Sie dienen als Ernährungsgrundlage für die Lebendnahrung der Larven/Fingerlinge.

Die Mikroalge *Haematococcus pluvialis* produziert bis zu 5 % der Trockenmasse an Astaxanthin. Dieser Farbstoff wird zur Färbung von Lachsen verwendet. Mikroalgen werden u. a. auch dem Legehennenfutter beigemischt, um den Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den Eiern zu erhöhen.

6. Zusammenfassung

Seit Jahrhunderten werden Algen traditionell in der Tierernährung eingesetzt. Aktuell ist ihre Verwendung eher nebensächlich - aufgrund relativ hoher Kosten des Rohstoffes. Trotzdem werden Algen als Zusatzstoff aufgrund ihrer technologischen und ernährungsphysiologischen Eigenschaften mit einigen Kilogramm pro Tonne Futter eingesetzt. Unter diesem Gesichtspunkt sollten Algenmehle nach ihren rheologischen Eigenschaften und ihrem Aktivgehalt standardisiert werden.

Zukünftig scheint der Sektor der Aquakultur ein vielversprechendes Einsatzgebiet zu sein. In der Tat ist der Fischfang zur Vermarktung von Fischmehlen und -ölen bereits heute sehr wichtig und wird in den kommenden Jahren nicht den Bedarf in der Aquakultur decken können. Man muss also alternative, für die Ernährung von Krustentieren und Fischen geeignete Futterrohstoffe finden.

Anschrift des Verfassers

Vincent Lognone
CEVA
Presqu'île de Pen - Lan B.P. 3
L'Armor Pleubian
22610 Pleubian - Frankreich
E-mail: algue@cera.fr

Richtigstellung von Ernährungsmythen Die Rückkehr des Guten Eies

Dr. Donald J. McNamara (Washington, USA)

Einleitung

Kardiovaskuläre Erkrankungen sind weltweit die häufigste Todesursache in Industrieländern. Rauchen, Bluthochdruck und ein hoher Cholesterinspiegel im Blut sind die hauptsächlichsten Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen; mit zahlreichen, öffentlichen Gesundheitsvorsorgemaßnahmen sollen diese Risikofaktoren minimiert werden.

In diesem Zusammenhang wird immer wieder die Rolle des Cholesterins diskutiert. Um einen ausgeglichenen Plasma-Cholesterinspiegel zu erreichen, bedarf es einer Ernährungsumstellung, hauptsächlich durch eine reduzierte Gesamtfettaufnahme sowie eine reduzierte Aufnahme von gesättigten Fettsäuren und Cholesterin. Als gesichert gilt, dass der Plasma-Cholesterinspiegel - insbesondere der „low-density“ Lipoprotein-Spiegel (LDL, das so genannte „schlechte Cholesterin“) - durch den übermäßigen Verzehr von gesättigten Fettsäuren erheblich ansteigt, wohingegen ein Zusammenhang zwischen dem Cholesteringehalt von Nahrungsmitteln und dem Cholesterinspiegel im Plasma bisher nicht nachgewiesen werden konnte und daher Thema umfassender Diskussionen bleibt.

Zahlreiche klinische Studien und epidemiologische Umfragen während der letzten zwei Jahrzehnte haben sich mit der Beziehung von Cholesterin in der Nahrung und einer kardiovaskulären Erkrankung beschäftigt und haben keinerlei Zusammenhang zwischen Cholesterin in der Nahrung und dem Auftreten einer kardiovaskulären Erkrankung ergeben (McNAMARA, 2000). Es hat sich klar herausgestellt, dass der Verzicht auf Nahrungsmittel mit hohem Cholesteringehalt (z. B. Eier) das Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung wenig reduziert und einen negativen Einfluss auf die qualitative Ernährung hat. Da das Cholesterin Stigma des Eies an Bedeutung verloren hat, konzentriert sich die Aufmerksamkeit von Ernährungsphysiologen jetzt auf den positiven Nährwert von Eiern (McNAMARA et. al., 2000).

Historischer Hintergrund

Über 30 Jahre lang wurde eine Aufnahme von weniger als 300 mg Cholesterin pro Tag empfohlen. Diese Empfehlung basierte auf drei Säulen:

1. Tierversuche die zeigten, dass Cholesterin in der Nahrung den Cholesterinspiegel im Blut erhöht und zu Arteriosklerose führt;
2. Daten epidemiologischer Studien, die eine Beziehung zwischen Cholesterin in der Nahrung, Cholesterin im Blutplasma und kardiovaskulären Erkrankungen zeigen sollten,
3. klinische Versuche, die zeigten, dass der Verzehr von Cholesterin die Cholesterin-Konzentration im Plasma verändert.

Aus diesen Daten wurden in den 70er Jahren Empfehlungen für eine Reduzierung der Cholesterinaufnahme über die Nahrung abgeleitet. Heute gibt es neuere Erkenntnisse, die die theoretische Beziehung von Nahrungs-

Cholesterin und einer kardiovaskulären Erkrankung in Frage stellen.

Die Interpretation von Tierversuchen wird durch zwei Faktoren beeinträchtigt: zum einen durch extrem hohe Gaben von Cholesterin, um bei einigen Tierarten eine Hypercholesterolemie und dem gegenüber bei anderen Tierarten eine extreme Sensibilität gegenüber Cholesterin in der Nahrung zu erzielen, und zum anderen durch die artenspezifischen, mit dem Menschen nicht vergleichbaren Lipoproteinprofile im Blut in den meisten Tiermodellen. Überwiegend kommt bei den meisten Tieren das cholesterinhaltige „high-density“ Lipoprotein (HDL, das so genannte „gute Cholesterin“) vor, wohingegen bei Menschen hauptsächlich das LDL vorkommt. In Tierversuchen konnte nur unzureichend dargelegt werden, dass Cholesterin in der Nahrung ein Grund für Arteriosklerose ist.

Epidemiologische Studien nutzen einfache Korrelationen für statistische Datenanalysen, die darauf schließen lassen, dass das Cholesterin in der Nahrung in einer positiven Beziehung zum Cholesterinspiegel im Plasma und dem Auftreten einer kardiovaskulären Erkrankung steht. Bedingt durch die Co-Linearität von Cholesterin mit den gesättigten Nahrungsfettsäuren ist dies jedoch eine ungeeignete Methode zur Datenanalyse. Die Daten sollten daher vorzugsweise mit einer mehrfachen Korrelationsanalyse ausgewertet werden. Eine entsprechende Datenberechnung zeigt eindeutig, dass keine signifikante Korrelation zwischen Nahrungs-Cholesterin und dem Auftreten einer kardiovaskulären Erkrankung besteht (HEGSTED et al., 1988). Mittels Regressionsanalyse konnte bei keiner epidemiologischen Studie der 90er Jahre eine positive Beziehung zwischen Cholesterin in der Nahrung und dem Auftreten einer kardiovaskulären Erkrankung belegt werden.

Während der letzten 40 Jahre gab es mehr als 166 klinische Ernährungsversuche über den Effekt von Cholesterin in der Nahrung auf den Gesamt-Lipoprotein-Cholesterin-Spiegel im Blut. Meta-Analysen dieser Daten belegen, dass das Nahrungs-Cholesterin beim Menschen einen geringen, kaum feststellbaren Effekt auf dessen Plasma-Cholesterinspiegel hat (HOWELL et al., 1997; CLARKE et al., 1997; WEGGEMANS et al., 2001). Die Daten deuten darauf hin, dass der Nahrungs-Cholesteringehalt den Plasma-Cholesteringehalt um durchschnittlich 0,022 bis 0,025 mg/dl pro mg/Tag Cholesterin verändert. Somit würde eine Cholesterinergänzung von 100 mg pro Tag den durchschnittlichen Cholesterinspiegel im Plasma um ungefähr 1 % erhöhen. Dieser Effekt scheint unabhängig von anderen ernährungsphysiologischen Faktoren wie beispielsweise Fettart und Fettgehalt zu sein und betrifft Probanden mit normalen und hohen Plasma-Cholesterinkonzentrationen.

Cholesterin-Forschung in den 90er Jahren

Eine Auswertung von 166 Studien zur Cholesterinaufnahme (mit 3.498 Testpersonen) lässt den Schluss zu, dass das mit der Nahrung aufgenommene Cholesterin den Gesamt-Cholesteringehalt im Blutplasma um 0,023 mg/dl pro mg/Tag Cholesterin verändert (McNAMARA, 2000). Da-

von entfallen 0,019 mg/dl auf das LDL-Cholesterin und 0,004 mg/dl auf das HDL-Cholesterin. Die Daten zeigten, dass das Cholesterin in der Nahrung sowohl die atherogene LDL-Fraktion als auch die anti-atherogene HDL-Fraktion mit geringem Einfluss auf das Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung erhöhte, da das LDL:HDL Verhältnis - ein ausschlaggebender Faktor für das Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung - von der Nahrungs-Cholesterinaufnahme unbeeinflusst blieb.

Dies kann an einem Beispiel verdeutlicht werden: Eine Person mit einem Gesamt-Cholesterinspiegel von 240 mg/dl und einem HDL-Cholesterinspiegel von 45 mg/dl, die ein Ei pro Tag (+200 mg Cholesterin) isst, würde ihren Gesamt-Cholesterinspiegel im Blut um 5 mg/dl, den LDL-Cholesterinspiegel um 4 mg/dl und den HDL-Cholesterinspiegel um 1 mg/dl erhöhen. Basierend auf diesen Änderungen würde das LDL:HDL Verhältnis bei 3,67 gleich bleiben und da das LDL:HDL Verhältnis sich nicht ändert, würde sich auch das Risiko für eine Herzerkrankung nicht ändern. Dieser fehlende Effekt des Nahrungs-Cholesterins auf das LDL:HDL Verhältnis erklärt die Befunde von epidemiologischen Studien, wonach das Cholesterin in der Nahrung keinen Einfluss auf das Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung hat.

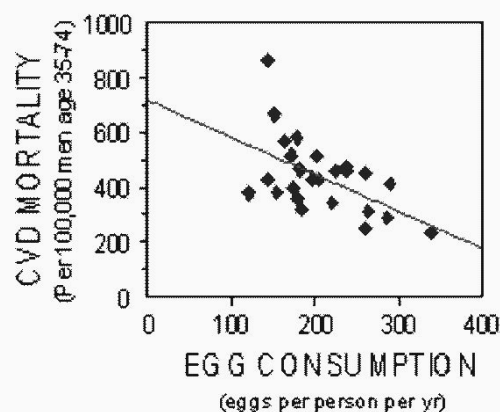
Einige Studien ergaben, dass manche Menschen genetisch bedingt auf eine Zufuhr von Cholesterin mit der Nahrung mit einem stärkeren Anstieg des Plasma-Cholesterinspiegels reagieren. Die Daten belegen, dass ungefähr 20 % der Bevölkerung zu dieser Hyperreaktion neigen, wohingegen 80 % der Bevölkerung eine abgeschwächte Reaktion (Hypo-Responder) auf Cholesterin in der Nahrung aufweisen. Änderungen des Plasma-Cholesterinspiegels in Folge von Cholesterin in der Nahrung ist nahezu 3 Mal höher bei einer Hyperreaktion (0,039 mg/dl pro mg/Tag Cholesterin) als bei einer Hyporeaktion (0,014 mg/dl pro mg/Tag Cholesterin) (McNAMARA, 2000). Das bedeutet, dass eine Erhöhung des Cholesterins in der Nahrung um 200 mg/Tag (ein Ei am Tag) den Plasma-Cholesterinspiegel bei 20 % der Bevölkerung (Hyperreaktion) um 8 mg/dl erhöhen würde. Bei den restlichen 80 % der Bevölkerung (Hyporeaktion) würde der Cholesterinspiegel im Plasma lediglich um 3 mg/dl steigen.

Epidemiologische Studien

Die Ausgabe des Journal of the American Medical Association vom 21. April 1999 (HU et al., 1999) berichtete über eine von der Harvard School of Public Health durchgeführte Untersuchung mit 177.000 Männern und Frauen, in der keine Beziehung zwischen dem Verzehr von Eiern und einer koronaren Herzerkrankung nachgewiesen werden konnte. Es gab keinen Unterschied in Bezug auf das Risiko für eine Herzerkrankung zwischen denjenigen, die ein Ei in der Woche aßen und denjenigen, die mehr als ein Ei am Tag aßen. Die Wissenschaftler beobachteten 80.082 Frauen über einen Zeitraum von 14 Jahren und 37.851 Männer über einen Zeitraum von 8 Jahren und untersuchten das Auftreten von tödlichen und nicht-tödlichen koronaren Herz-Krankheiten und die Häufigkeit von Schlaganfällen. Der wöchentliche Verzehr von Eiern hatte nachweislich keinen Einfluss auf eine kardiovaskuläre Erkrankung. Die Autoren folgerten: Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass der Verzehr von bis zu einem Ei pro Tag bei gesunden Männern und Frauen keinen Einfluss auf das Risiko hat, an einer koronaren Herzerkrankung oder an einem Schlaganfall zu erkranken.

Dies ist nur eine von vielen Untersuchungen die zeigt, dass der Verzehr von Eiern und die tägliche Aufnahme von Cholesterin mit der Nahrung in keinem Verhältnis zum Auftreten einer Hypercholesterolämie oder einer kardiovaskulären Erkrankung stehen. Sowohl die Lipid Research Clinics Follow-Up Studie (ESREY et al., 1996) als auch die Framingham Heart Studie (DAWBER et al., 1982) und die Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Studie (PIETIENEN et al., 1997) zeigten ähnliche Ergebnisse einer nicht-signifikanten Beziehung zwischen Cholesterin in der Nahrung und dem Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung. Daten aus dem Multiple Risk Factor Intervention Versuch (MRFIT) zeigten eine negative Beziehung zwischen der Cholesterinaufnahme mit der Nahrung und dem Plasma-Cholesterinspiegel (bei Grundversorgung) sowie eine negative Korrelation zwischen dem Verzehr von Eiern und dem Plasma-Cholesterinspiegel (TILLOTSON et al., 1997).

Abbildung 1: Der Einfluss des Eierverzehrs auf die durch kardiovaskuläre Herzerkrankungen verursachte Sterblichkeitsrate



Die Ergebnisse dieser epidemiologischen Studien stimmen mit denen anderer Untersuchungen überein. Eine Analyse zum Zusammenhang zwischen dem Pro-Kopf-Verbrauch von Eiern (Daten der Internationalen Eier Kommission) und der Sterblichkeitsrate in Folge einer koronaren Herz-Krankheit unter Einbeziehung von 24 Ländern (Daten der Weltgesundheitsorganisation) ergab eine signifikant negative Korrelation ($r = 0,54$, $P = 0,0053$). Drei der Länder mit dem höchsten Eier-Verbrauch der Welt sind Japan, Spanien und Frankreich; in diesen Länder ist die Sterblichkeitsrate in Folge einer kardiovaskulären Erkrankung am niedrigsten! Obwohl diese einfachen Korrelationsanalysen die ernährungsphysiologischen Unterschiede zwischen diesen Ländern unberücksichtigt lassen, so zeigen sie doch, dass Eier das Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung nicht erhöhen.

Eier: Vom „Giftimage“ zu Health Food

Da die Veröffentlichung zum Thema Ei sich in der Vergangenheit hauptsächlich auf den Cholesterinaspekt konzentrierten, fanden die zahlreichen positiven, ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Eies bislang kaum Beachtung. Die Forschung beschäftigt sich nun jedoch

zunehmend mit dem Ei nicht nur als Lieferant für hochwertiges Eiweiß sondern auch als Quelle für natürliche Antioxidantien und Fettsäuren.

In der letzten Zeit wird häufig über zwei auch im Ei vorkommende Carotinoide, Lutein und Zeaxanthin, berichtet. Verbraucher werden zunehmend mit Produkten umworben, die mit Lutein angereichert sind. Warum sind diese Carotinoide plötzlich so interessant? Aufgrund verschiedener Untersuchungen kann davon ausgegangen werden, dass Lutein und Zeaxanthin im Hinblick auf die Reduzierung des Risikos von Katarakten (Glaukom) und von altersgebundener Makuladegeneration (MOELLER et al., 2000) sowie von kardiovaskulären Erkrankungen (DWYER et al., 2001) sehr bedeutsam sein können. In den Vereinigten Staaten von Amerika ist die altersabhängige Makuladegeneration die häufigste Ursache für den Verlust des Augenlichts und betrifft bis zu 30 % der über 75 Jährigen.

Die Carotinoide Lutein und Zeaxanthin reichern sich in der Makularegion im Auge an. Die antioxidativen Eigenschaften dieser beiden Carotinoide sollen helfen, das Auge vor Schäden in Folge von ultravioletten Strahlen zu bewahren. Einige Studien lassen darauf schließen, dass eine hohe Aufnahme von Lutein und Zeaxanthin aus der Nahrung (z. B. aus Spinat oder aus Brokkoli) helfen können, dass Risiko für Katarakte und altersbedingte Makuladegeneration zu senken. Es gibt deutliche Zusammenhänge zwischen dem Luteinspiegel im Blut und dem Luteingehalt in der Makularregion des Auges.

Sowohl Lutein als auch Zeaxanthin findet man im Ei. Eier in den USA enthalten im Durchschnitt 30 µg Lutein/100 g Ei und 25 µg Zeaxanthin/100 g Ei. Der Gehalt an Lutein und Zeaxanthin in Eiern ist sehr variabel und hängt vom verwendeten Futter ab. Wie verschiedene Untersuchungen zeigen, enthält das Ei diese beiden Carotinoide in einer für den menschlichen Organismus sehr gut verfügbaren Form. Lutein und Zeaxanthin aus Hühnereiern werden vom Körper besser verwertet als aus grünblättrigem Gemüse. Die Untersuchungen zeigen, dass die Zugabe von 1,3 Eigelben pro Tag zur Nahrung den Lutein- und Zeaxanthin-Gehalt im Blut signifikant um 38 % bzw. 128 % erhöht (HANDELMAN et al., 1999). Basierend auf diesen Daten kann man annehmen, dass dieser Anstieg ein geringeres Risiko für eine altersbedingte Makuladegeneration bedeutet.

Daten aus der *Beaver Dam Eye* Studie belegten eine negative Korrelation zwischen dem Verzehr von Eiern und dem Risiko für Katarakte bei Personen, die jünger als 65 Jahre waren (LYLE et al., 1999). Das relative Risiko für Katarakte lag bei 0,4 für Menschen mit höchstem Eier-Verzehr und bei 1,0 für diejenigen mit dem geringsten Eier-Verzehr. Diese Studie belegt eindeutig, dass der Verzehr von Eiern einen günstigen Einfluss auf das alternde Auge hat. Eine Einschränkung des Eierkonsums bei älteren Menschen würde daher bedeuten, dass man dieser Gruppe ein ernährungsphysiologisch wertvolles Produkt mit hoher Nährstoffdichte und wenig Kalorien und einer wichtigen Quelle für zwei bedeutsame Xantophylle vorenthält.

Weitere wichtige Nährstoffe des Eies sind das Cholin und auch das Phospholipid, besser bekannt als Lecithin oder auch als Phosphatidylcholin. Die National Academy of Sciences wies kürzlich darauf hin, dass Cholin ein essenzieller Nährstoff ist, für den eine angemessene Aufnahme sowohl für Männer als auch Frauen und Kinder empfohlen wird.

Empfehlungen für eine angemessene Cholinaufnahme

Neugeborene	125 mg pro Tag
Kleinkinder	bis zu 375 mg pro Tag
Erwachsene (Frauen)	425 mg pro Tag
Erwachsene (Männer)	550 mg pro Tag

Schwangere und stillende Frauen sollten ihre Cholinzufuhr erhöhen.

Ein großes Ei enthält 215 mg Cholin, was bereits 50 % der empfohlenen Tagesdosis entspricht (ZEISEL, 2000).

In Tierversuchen konnte nachgewiesen werden, dass Cholin eine essenzielle Rolle in der Entwicklung der Gehirnfunktion und des Gedächtnisses spielt. Bei Ratten führte die Ergänzung von Cholin während der Trächtigkeit zu einem verbesserten räumlichen Gedächtnis im Erwachsenenalter. Andere Untersuchungen zeigten langfristige allgemeine Funktionssteigerungen durch eine pränatale Nahrungsergänzung mit Cholin beispielsweise die räumliche Vorstellungskraft, das räumliche Gedächtnis und Effekte auf Änderungen im cholinergischen Vorderhirn-System (ZEISEL, 2000). Die Daten zeigten ebenfalls, dass eine Behandlung mit Cholin dazu führen kann, dass das Erinnerungsvermögen durch eine Unterbrechung des Lernvorganges in geringerem Maße beeinträchtigt wird.

Die Verabreichung von Lecithin an Mäuse mit Demenz verbesserte deren Gedächtnis und erhöhte die Cholin- und Acetylcholin-Konzentrationen im Gehirn gegenüber der Kontrollgruppe mit gesunden Mäusen. Dass die Serumcholin-Konzentration bei Mäusen, die Lecithin erhielten, bei beiden Mäusestämmen auf ein ähnliches Niveau anstieg, zeigte, dass die Absorption von Lecithin bei Mäusen mit Demenz nicht beeinträchtigt war. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Verabreichung von Ei-Lecithin an Mäuse mit Demenz zu einer erhöhten Acetylcholin-Konzentration im Gehirn führte und die Gedächtnisleistung verbesserte.

Diese Untersuchungen belegen, dass Cholin in der Nahrung eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Gehirns und dessen Funktionen hat. Eier stellen eine hervorragende Cholinquelle dar, die gleichzeitig fettarm ist. Ernährungsexperten empfehlen sogar, dass Schwangere und stillende Frauen den Verzehr von Eiern erhöhen sollten, um eine optimale Cholinaufnahme zu gewährleisten.

Zusammenfassung

In den 90er Jahre gab es eine Reihe sehr positiver Veröffentlichungen zu Eiern, zum Thema „Nahrungs-Cholesterin und Herzerkrankungen“ sowie über den wertvollen Beitrag von Eiern in der menschlichen Ernährung (McNAMARA, 2000). Sowohl klinische als auch epidemiologische Untersuchungen zeigten, dass Eier nur einen geringen Einfluss auf den Plasma-Cholesterinspiegel haben und in keiner Beziehung zum Risiko für Herzkrankheiten stehen. Dass Cholesterin in der Nahrung sowohl den LDL- als auch den HDL-Cholesterinspiegel ohne negative Effekte auf das LDL:HDL Verhältnis erhöht, stimmt mit den Ergebnissen von epidemiologischen Versuchen überein, die zeigen, dass der Verzehr von Eiern das Risiko für eine Herzerkrankungen nicht beeinflusst. Die Daten unterstützen die These: „Ein Ei am Tag oder zwei ist vollkommen unbedenklich“. Sogar der „American Heart“ Verband hat

inzwischen eingestanden, dass Cholesterin aus Eiern kein Risiko für eine Herzerkrankung darstellt. Infolgedessen hat der Verband in seinen neuen Ernährungsrichtlinien nun empfohlen, lieber ein Ei am Tag als 3 Eier in der Woche zu essen (KRAUSS et al., 2000).

Da die negative Cholesterindiskussion an Bedeutung verloren hat, findet das Ei jetzt endlich als ernährungsphysiologisch wertvolles Nahrungsmittel Beachtung, das einen wichtigen Beitrag für eine ausgewogene und gesunde Ernährung liefert. Dieser Aspekt spielt einer aktuellen Studie zufolge (SONG et al., 2000) insbesondere in Familien mit geringem Einkommen und bei älteren Menschen sowie in sozial schwachen Schichten der Bevölkerung eine bedeutende Rolle. Die Befunde über die potenzielle vorbeugende Wirkung von Eidottercarotinoiden gegen die altersbedingte Makuladegeneration belegen, dass das Ei nicht nur ein hochwertiges Nahrungsmittel ist, sondern sich auch positiv auf die Gesundheit auswirken kann.

Die im Zusammenhang mit Eiern oftmals vorhandene Assoziationen von „zu viel Fett“ und „zu viel Cholesterin“ werden hoffentlich bald der Vergangenheit angehören und dem Image des Eis als gesundes, qualitativ hochwertiges und bezahlbares Nahrungsmittels Platz machen.

Literatur

- ASCHERIO A., E. B. RIMM, E. L. GIOVANNUCCI, D. SPIEGELMAN, M. STAMPFER, W. C. WILLETT (1996): Dietary fat and risk of coronary heart disease in men: Cohort follow up study in the United States. *Bmj* 313, 84-90
- CLARKE, R., C. FROST, R. COLLINS, P. APPLEBY, R. PETO (1997): Dietary lipids and blood cholesterol: Quantitative meta-analysis of metabolic ward studies. *Bmj* 314, 112-117
- DAWBER, T. R., R. J. NICKERSON, F. N. BRAND, J. POOL (1982): Eggs, serum cholesterol, and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 36, 617-625
- DWYER J. H., M. NAVAB, K. M. DWYER et al. (2001): Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis - The Los Angeles Atherosclerosis Study. *Circulation* 103, 2922-2927
- ESREY K. L., L. JOSEPH, S. A. GROVER (1996): Relationship between dietary intake and coronary heart disease mortality: Lipid research clinics prevalence follow-up study. *J. Clin. Epidemiol.* 49, 211-216
- HANDELMAN, G. J., Z. D. NIGHTINGALE, A. H. LICHTENSTEIN, E. J. SCHAEFER, J. B. BLUMBERG (1999): Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk. *Am. J. Clin. Nutr.* 70, 247-251
- HEGSTED, D. M., L. M. AUSMAN (1988): Diet, alcohol and coronary heart disease in men. *J. Nutr.* 118, 1184-1189
- HOWELL, W. H., D. J. McNAMARA, M. A. TOSCA, B. T. SMITH, J. A. GAINES (1997): Plasma lipid and lipoprotein responses to dietary fat and cholesterol: A meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 65, 1747-1764
- HU F. B., M. J. STAMPFER, E. B. RIMM et al. (1999): A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *JAMA* 281, 1387-1394
- HU F. B., M. J. STAMPFER, J. E. MANSON et al. (1997): Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *N. Engl. J. Med.* 337, 1491-1499
- KRAUSS, R. M., R. H. ECKEL, B. V. HOWARD et al. (2000): AHA Dietary Guidelines. Revision 2000: A statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Circulation* 102, 2296-2311
- LYLE, B. J., J. A. MARES-PERLMAN, B. E. KLEIN, R. KLEIN, J. L. GREGER (1999): Antioxidant intake and risk of incident age-related nuclear cataracts in the Beaver Dam Eye Study. *Am. J. Epidemiol.* 149, 801-9
- McNAMARA, D. J. (2000): Dietary cholesterol and atherosclerosis. *Biochim Biophys Acta* 1529, 310-320
- McNAMARA, D. J. (2000): The impact of egg limitations on coronary heart disease risk: Do the numbers add up? *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 540-548
- McNAMARA, D. J. (2000): Where would we be without the egg? A conference about nature's original functional food. *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 495-562
- MOELLER, S. M., P. F. JACQUES, J. B. BLUMBERG (2000): The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration. *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 522-527
- PIETINEN, P., A. ASCHERIO, P. KORHONEN et al. (1997): Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men - The alpha-tocopherol, beta-carotene cancer prevention study. *Am. J. Epidemiol.* 145, 876-887
- SONG, W. O., J. M. KERVER (2000): Nutritional contribution of eggs to American diets. *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 556-562
- TILLOTSON, J. L., G. E. BARTSCH, D. GORDER, G. A. GRANDITS, J. STAMLER (1997): Food group and nutrient intakes at baseline in the Multiple Risk Factor Intervention Trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 65 (1) Suppl, 228-257
- WEGGEMANS, R. M., P. L. ZOCK, M. B. KATAN (2001): Dietary cholesterol from eggs increases the ratio of total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol in humans: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 73, 885-891
- ZEISEL, S. H. (2000): Choline: Needed for normal development of memory. *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 528-531

Anschrift des Verfassers

Dr. Donald J. McNamara
Egg Nutrition Center
1050 17th Street, NW
Suite 560
Washington, DC 20036
USA

E-Mail: enc@enc-online.org

Aktuelle Bedeutung der Histomoniasis (Schwarzkopfkrankheit) beim Wirtschaftsgeflügel

Prof. Dr. Michael Hess und Dr. Elvira Grabensteiner (Wien, Österreich)

Einleitung

Die Histomoniasis erlangt in jüngster Vergangenheit eine zunehmende Bedeutung, sowohl bei Puten als auch bei Hühnern, insbesondere bei Tieren in der Freilandhaltung (HAFEZ et al. 2001; ESQUENET et al., 2003). Hintergrund ist die zunehmende Alternativhaltung von Legehennen in Verbindung mit dem Verbot geeigneter Prophylaktika und Therapeutika, mit deren Hilfe die Erkrankung über Jahrzehnte gezielt bekämpft wurde. Während bei Puten die prophylaktische Verwendung von Nifursol als Futterzusatzstoff bis zum 31.03.2003 noch erlaubt war (EWG/1756/2002), sind hochwirksame Therapeutika (Nitroimidazol und Dimetridazol) schon vor Jahren verboten worden (EWG/1798/1995; EWG/2205/2001), da die Unbedenklichkeit dieser Stoffe (Karzinogenität und Genotoxizität) für den Verbraucher nicht auszuschließen ist. Auch das in Nordamerika zur Prophylaxe eingesetzte Nitarsone (4-Nitrophenylarsonic acid) besitzt in Europa keine Zulassung.

Unter Berücksichtigung aktueller Gegebenheiten kann die Histomoniasis als beispielhaft dafür gelten, dass die Änderung von Haltungsformen und das gleichzeitige Verbot von Arzneimitteln immer im Gesamtkontext der gesamten Tierproduktion gesehen werden müssen und keine isolierten Entscheidungsprozesse darstellen dürfen. In diesem Zusammenhang muss darauf verwiesen werden, dass die Nicht-Behandlung klinisch kranker und damit leidender Tiere eine nicht unerhebliche Tierschutzrelevanz besitzt.

Im Folgenden soll der aktuelle Kenntnisstand der Schwarzkopfkrankheit dargestellt werden, wobei auch auf die Notwendigkeit zukünftiger Forschungsarbeiten eingegangen wird.

Ätiologie der Histomoniasis

Die Schwarzkopfkrankheit, Typhlohepatitis oder Histomoniasis bei Puten wurde von SMITH (1895) zum ersten Mal beschrieben. Wesentliche Erkenntnisse zur Ätiologie konnten durch die Untersuchungen von TYZZER (1920) gewonnen werden. In dieser Arbeit werden zum ersten Mal Flagellen und Pseudopodien als morphologisches Hauptkriterium des Erregers beschrieben, weshalb der Erreger in die Gruppe der Protozoen eingestuft wurde. Die Morphologie des Parasiten und das Vorkommen bei Puten führten zur Bezeichnung *Histomonas meleagridis*. Die Erkenntnis, dass der Parasit bei Hühnern ebenfalls vorkommen kann, führte zur Empfehlung diese Tierarten getrennt zu halten. Als weitere empfängliche Vogelarten werden insbesondere Perlhuhn, Fasan, Pfau und Wachtel beschrieben, während das Wassergeflügel als nicht empfänglich gilt (McDOUGALD, 1997). Durch die Pathogenese und die hohe Prävalenz der Erkrankung bei Puten ist diese Spezies sicherlich als empfänglichster Wirt anzusehen.

Je nach Lokalisation im Darm hat der Parasit eine unterschiedliche Morphologie. So besitzt die im Darmlumen lebende invasive Form eine abgerundete Gestalt mit 1 oder 2 Geißeln, während die ins Gewebe eindringende Form unbegeißelt ist. Die Vermehrung beider Formen geschieht durch Zweiteilung (HONIGBERG und KULDOVA, 1969).

Epidemiologie

In der Außenwelt weist der Erreger nur eine sehr geringe Tenazität auf, weshalb eine direkte Übertragung von Tier zu Tier eher unwahrscheinlich ist. Hinzu kommt die große Anfälligkeit unter den Bedingungen der Magen-Darm-Passage. Allerdings berichten HIEPE und JUNGSMANN (1983) sowie NORTON und Mitarbeiter (1999) über einen Ausbruch ohne Begleitinfektion mit einem möglichen Zwischenwirt, was durch eigene Beobachtungen bei Legehennen bestärkt wird. Diese Befunde wurden kürzlich von HU und McDOUGALD (2003) experimentell bestätigt. In diesem Experiment wurden nur einige Puten einer Versuchsgruppe infiziert, jedoch erkrankten auch nicht-infizierte Kontakttiere, was die direkte Übertragung innerhalb einer Tierpopulation unterstreicht. Unbestritten kommt aber der Übertragung durch Zwischenwirte eine besondere Bedeutung zu, wobei der Blinddarmwurm (*Heterakis gallinarum*) eine Sonderstellung einnimmt. Es konnte gezeigt werden, dass schon die Wurmeier des *Heterakis gallinarum* bei der Kopulation mit den Protozoen infiziert werden (LEE, 1969; LEE, 1971). Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass Regenwürmer in den Ausläufen als Stapelwirte für *Heterakis gallinarum* fungieren (LUND und CHUTE, 1973). Die besondere Epidemiologie bei der Übertragung bedingt, dass einmal mit infizierten Tieren besiedelte Ausläufe nur schwierig saniert werden können. Hinzu kommt die sehr hohe Infektiosität der Histomonaden in den Heterakiseiern, was eine jahrelange Infektionsgefahr bei der Nutzung von Ausläufen bedeutet.

Pathogenese

Nach Aufnahme des Parasiten kommt es zu einer Besiedlung der Blinddärme, wobei der Erreger nach Eindringen in die Blinddarmschleimhaut eine Konformationsänderung, von der Invasions- zur Gewebeform, durchführt. Im Anschluss daran gelangt die Gewebeform über den Pfortaderkreislauf in die Leber, was zu ausgeprägten Nekrosen führen kann. Zusätzlich kommt es zur Beeinflussung verschiedener Blutparameter (McDOUGALD und HANSEN, 1970). Die Inkubationszeit beträgt 7 bis 11 Tage und ist unabhängig von der Infektionsart, d. h. direkt oder indirekt über Vektoren. Die gleichzeitige Koinfektion mit *Clostridium perfringens* oder *Escherichia coli* führt zu einer Verstärkung der klinischen Symptome. (BRADLEY and REID, 1966). Die Gewebeschäden werden besonders durch eine Koinfektion mit Kokzidien verstärkt (McDOUGALD und HU, 2001).

Pathologie

Die Sektion verendeter Tiere erlaubt eine erste Verdachtsdiagnose, nachdem sämtliche Differentialdiagnosen abgegrenzt wurden. Hier ist insbesondere die Blinddarmkokzidiose zu berücksichtigen. Aus den typischen Veränderungen in Blinddarm und Leber, Entzündungsreaktion mit Nekrosen und Schwellung, ergibt sich die Diagnose: Typhlohepatitis. Während allerdings bei der Pute die Infektion mit *Histomonas meleagridis* mit einer ausgeprägten Hepatitis einhergeht, zeigen erste eigene Untersuchungen bei Legehennen, dass die Leber bei die-

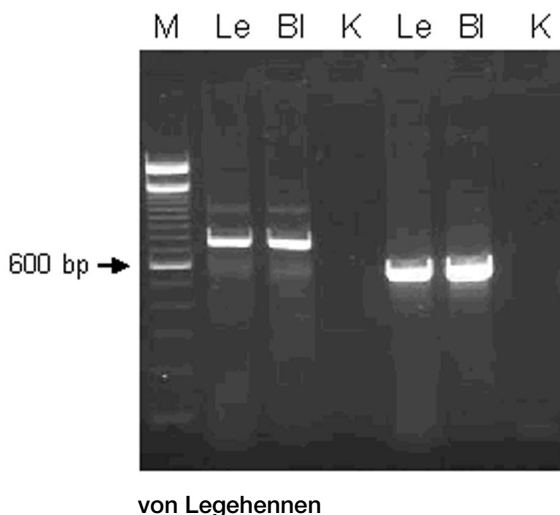
sen Tieren wesentlich weniger geschädigt ist. Das Fehlen multipler nekrotischer Herde in der Leber infizierter Hühner erschwert die (Verdachts-) Diagnose oder macht sie ohne weitere Untersuchungen unmöglich. Zumindest scheint es den Rückschluss zu erlauben, dass bei Legehennen viel häufiger milde bis subklinische Verlaufsformen vorkommen, die im Feld zu Leistungsabfall führen und oftmals nicht diagnostiziert werden.

Diagnose

Die Diagnostik wird besonders dadurch erschwert, dass der Parasit in der Außenwelt rasch abstirbt und dann nicht mehr nachzuweisen ist. Es besteht zwar die Möglichkeit der Kultivierung des Erregers aus körperl warmen Tieren, jedoch sind besondere Bedingungen notwendig, um das Überleben des Trophozoiten zu gewährleisten (DWYER, 1970; McDOUGALD und GALLOWAY, 1973). Der direkte Erregernachweis kann somit nur mittels Histologie durchgeführt werden. Hierfür sind mehrere Methoden beschrieben, insbesondere die Perjodsäure-Schiff-Reaktion (PAS-Reaktion), mittels derer der im Gewebe unbegeißelte Erreger nachgewiesen werden kann (KEMP und REID, 1966). Allerdings ist diese Methode arbeits- und zeitaufwendig, was die Notwendigkeit nach Alternativen unterstreicht. Erschwert wird die Histologie auch dadurch, dass der Erreger von Makrophagen und Pilzzellen nicht leicht differenziert werden kann, was den Bedarf nach besseren Diagnosemöglichkeiten zusätzlich unterstreicht. ESQUENET und Mitarbeiter (2003) beschreiben den zytologischen Nachweis mittels Direktfärbung von Abklatschpräparaten.

Ein weiterer Ansatzpunkt könnte der Nachweis mittels molekularer Methoden sein, insbesondere der Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Basierend auf der in der Datenbank zugänglichen Nukleotidsäuresequenz (AF293056) (GERBROD et al., 2001) ist es möglich, Oligonukleotide zu konstruieren, die in einer PCR zum Nachweis von ribosomaler RNA Sequenzen des Flagellaten benutzt werden können (Abb. 1) (GRABENSTEINER und HESS, in Vorbereitung). Allerdings bedürfen diese Verfahren noch der weiteren Evaluierung und Optimierung.

Abbildung 1: Molekularer Nachweis von *Histomonas meleagridis* mittels PCR in Organproben



Mit Ausnahme der Erregerisolierung, die sehr aufwendig

ist, gibt es keine Methode die ausgeschiedene Erregermenge zu quantifizieren. Für die Isolierung gibt es eine Vielzahl von Protokollen, was auch die Schwierigkeit der Isolierung widerspiegelt. Eine Standardmethode mit Untersuchung unterschiedlichster Einflüsse auf das Wachstumsverhalten wurde von STEPKOWSKI und KLIMONT (1979) beschrieben. Die nicht bewegliche Gewebeform lässt sich bis dato überhaupt nicht quantifizieren, was die Untersuchung von Schutzmechanismen sehr schwierig macht.

Als indirekter Erregernachweis steht bis heute nur ein Agargelpräzipitationstest (AGPT) zur Verfügung (CLARKSON, 1963). Nachteilig für den AGPT ist die geringe Sensitivität, welche für unterschiedliche Infektionserreger, einschließlich der Parasiten, beschrieben ist (SWARUP et al., 1987; JITHENDRAN et al., 1996). Beispielhaft fanden JITHENDRAN und Mitarbeiter (1996), dass nur 28,3 % der mit *Dicrocoelium dendriticum* infizierten Tiere serologisch positiv waren, während mit der Immunelektrophorese nahezu 70 % der Tiere positiv waren. Damit ist AGPT auch für die Histomoniasis eher ungeeignet, um Bestände effektiv zu kontrollieren und den Immunstatus aufzuklären.

Immunität

Nach einer Infektion mit *Histomonas meleagridis* kommt es zu einer Immunantwort des Wirtes. So können präzipitierende Antikörper 10 bis 12 Tage nach experimenteller intrakloakaler Infektion von Puten und Hühnern nachgewiesen werden (JOYNER, 1966). Allerdings basieren solche Daten größtenteils auf Untersuchungen bei Puten, wobei behandelte Tiere benutzt wurden, da die Mortalitätsrate ansonsten zu hoch wäre. Eher kritisch zu beurteilen ist, ob sich die entwickelnde Immunität auch protektiv auswirkt (CLARKSON, 1963). Die geringe Anzahl von Versuchen bei Hühnern erfordert hierzu weitere Untersuchungen, um diese Fragestellung näher zu erörtern. So konnte nach intrakloakaler Infektion mit passagierten Histomonaden eine Schutzwirkung gegen die alleinige Infektion mit Histomonaden erzielt werden, die nach Infektion mit Heterakis-Eiern nicht möglich war (LUND et al., 1966). Allerdings beruhen diese Untersuchungen nahezu ausschließlich auf klinischen Beobachtungen, d. h. einer reduzierten Mortalität. Weitergehende Untersuchungen zur Erregerausscheidung im Kot und der Erregeransammlung in Geweben, Leber und Blinddärmen liegen bis dato nicht vor. Dies ist darin begründet, dass es kein einfaches quantifizierbares Nachweissystem für Histomonaden gibt, welches auch eine entsprechende Verlässlichkeit aufweist.

AUGUSTINE und LUND (1970) konnten trotz Passagierung keine Veränderungen der Hauptantigene im Immunfluoreszenztest feststellen, was für eine Stabilität dieser Antigene spricht und die Möglichkeit einer Impfung unterstreicht. Damit scheint es aber auch durchaus möglich, eine Immunantwort zu nutzen, um Bestände zu überprüfen und epidemiologische Daten zu erheben.

Bekämpfung

Zur Bekämpfung der Parasitose wurden in den letzten Jahrzehnten vermehrt Amöbostatika (Imidazolpräparate) eingesetzt (JOYNER et al., 1963). Dabei wurden diese Stoffe sowohl prophylaktisch als auch therapeutisch angewandt. Sie sind selbst in geringen Dosen äußerst wirksam und eine Resistenzentwicklung ist nicht bekannt (CALLAIT et al., 2002). Da sämtliche Prophylaktika und Thera-

peutika mittlerweile verboten sind, gibt es keine Möglichkeit mehr die Erkrankung vorbeugend zu bekämpfen und erkrankte Tiere zu therapieren, was einem Therapienotstand gleichkommt. Auch stehen keine Impfstoffe als spezifische Prophylaktika zur Verfügung, um die Erkrankung gezielt zu verhindern. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, den Erregereintrag zu verhindern oder weitgehend zu reduzieren. Hier kommt der Bekämpfung des Blinddarmwurms und etwaiger bakterieller Begleitinfektionen eine besondere Bedeutung zu.

Ziel zukünftiger Forschungsarbeiten

Der oben dargestellte Abriss über die Histomoniasis spiegelt den aktuellen Kenntnisstand wider. Dabei ist auffallend, dass die Mehrzahl der vorhandenen Arbeiten älteren Datums ist. Die jahrzehntelange Verwendung wirksamer prophylaktischer und therapeutischer Substanzen ließ Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Histomoniasis als wenig plausibel erscheinen. Dies hat sich unter den eingangs erwähnten Bedingungen dramatisch verändert, so dass mittlerweile eine Vielzahl von Fragestellungen der Klärung bedarf.

Dazu zählen primär Fragen der Epidemiologie und somit des Erregereintrages in die Bestände. Damit im Zusammenhang stehen Fragen der Prävalenz bei Puten und insbesondere bei Hühnern, da in älteren Arbeiten nahezu ausnahmslos Puten für entsprechende Forschungsarbeiten verwendet wurden. Um diese Fragestellungen zu beantworten, bedarf es einer Verbesserung der diagnostischen Möglichkeiten. Fragen der Pathogenese bilden die Grundlage, um effektive Bekämpfungsstrategien zu entwickeln. Dabei müssen für eine Vielzahl von Themen molekulare Methoden angewandt werden, um das vorhandene Defizit schnellstmöglich aufzuholen.

Literatur

- AUGUSTINE, P.C., E.E. LUND (1970): Indirect fluorescent antibody tests comparing two strains of *Histomonas meleagridis* and *H. wenrichi*. J. Protozool. 17, 97-99
- BRADLEY, R.E., W.M. REID (1966): *Histomonas meleagridis* and several bacteria as agents of infectious enterohepatitis in gnotobiotic turkeys. Exp. Parasitol. 19, 91-101
- CALLAIT, M.P., C. GRANIER, C. CHAUVE, L. ZENNER (2002): In vitro activity of therapeutic drugs against *Histomonas meleagridis* (Smith, 1895). Poult. Sci. 81, 1122-1127
- CLARKSON, M.J. (1963): Studies on the immunity to *Histomonas meleagridis* in the turkey and the fowl. Immunol. 6, 156-168
- DWYER, D.M. (1970): An improved method for cultivating *Histomonas meleagridis*. J. Parasitol. 56, 191-192
- ESQUENET, C., P. DE HERDT, H. DE BOSSCHERE, S. RONSMANS, R. DUCATILLE, J. VAN ERUM (2003): An outbreak of histomoniasis in free-range layer hens. Avian Pathol. 32, 303-306
- GERBOD, D., V.P. EDGCOMB, C. NOEL, L. ZENNER, R. WINTJENS, P. DELGADO-VISCOGLIOSI, M.E. HOLDER, M.L. SOGIN, E. VISCOGLIOSI (2001): Phylogenetic position of the trichomonad parasite of turkeys, *Histomonas meleagridis* (Smith) Tyzzer, inferred from small sub-unit rRNA Sequence. J. Eukaryot. Microbiol. 48, 498-504
- HAFEZ, H. M., A. MAZAHARI, C. PRUSAS, K. BÖHLAND, M. PÖPPL, D. SCHULZE (2001): Aktuelle Geflügelkrankheiten bei Legehennen im Zusammenhang mit alternativen Haltungssystemen. Tierärztl. Praxis 3, 168
- HIEPE, T., R. JUNGSMANN (1983): Ordnung Trichomonadida, Gattung *Histomonas*. In: Hiepe T. (Hrsg.) Veterinärmedizinische Protozoologie 44-46
- HU, J., L.R. McDOUGALD (2003): Direct lateral transmission of *histomonas meleagridis* in turkeys. Avian Dis. 47, 489-492
- HONIGBERG, B.M., J. KULDOVA (1969): Structure of a nonpathogenic *Histomonad* from the Cecum of galliform birds and revision of the Trichomand Family Monocercomonadidae Kirby. J. Protozool. 16, 526-535
- JITHENDRAN, K.P., J. VAID L. KRISHNA (1996): Comparative evaluation of agar gel precipitation, counterimmunoelectrophoresis and passive haemagglutination tests for the diagnosis of *Dicrocoelium dendriticum* infection in sheep and goats. Vet Parasitol. 61, 151-156
- JOYNER, L.P., S.F.M. DAVIES, S.D. KENDALL (1963): Chemotherapy of histomoniasis. In: Schitzler R.J. and Hawking, F. Experimental Chemotherapy, Vol. 1. Academic Press, New York, 333-349
- JOYNER, L.P. (1966): The control of histomoniasis. Poult. Rev. 6, 19-23, 31
- KEMP, R.L., W.M. REID (1966): Staining techniques for differential diagnosis of *Histomoniasis* and mycosis in domestic poultry. Avian Dis. 10, 357-363
- LEE, D.L. (1969): The structure and development of *Histomonas meleagridis* (Masticamoebidae: Protozoa) in the female reproductive tract of its host, *Heterakis gallinae* (Nematoda). Parasitology 59, 877-884
- LEE, D.L. (1971): The structure and development of the protozoan *Histomonas meleagridis* in the male reproductive tract of its intermediate host, *Heterakis gallinarum* (Nematoda). Parasitology 63, 439-445
- LUND, E.E., P.C. AUGUSTINE, E.J. ELLIS (1966): Earthworm transmission of *Heterakis* and *Histomonas* to turkeys and chickens. Exp. Parasit. 18, 403-407
- LUND, E.E., A.M. CHUTE (1973): Two consecutive transfers of *Heterakis gallinarum*: Effects on caecal worms and on *Histomonads*. J. Helminthol. 47, 141-153
- McDOUGALD, L.R., M.F. HANSEN (1969): *Histomonas meleagridis*: Effect on plasma enzymes in chickens and turkeys. Exp. Parasitol. 27, 229-235
- McDOUGALD, L.R., R.B. GALLOWAY (1973): Blackhead disease in vitro isolation of *Histomonas meleagridis* as a potentially useful diagnostic aid. Avian Dis. 17, 847-850
- McDOUGALD, L.R. (1997): Other protozoan diseases of the intestinal tract. In: Calnek, B.W. (Hrsg.): Diseases of poultry, 10th Edition. Iowa State University Press, Iowa, USA, pp. 890-899
- McDOUGALD, L.R., J. HU (2001): Blackhead disease (*Histomonas meleagridis*) aggravated in broiler chickens by concurrent infection with cecal coccidiosis (*Eimeria tenella*). Avian Dis. 45, 307-312
- NORTON, R.A., F.D. CLARK, J.N. BEASLEY (1999): An outbreak of histomoniasis in turkeys infected with a moderate level of *ascaridia dissimilis* but no *heterakis gallinarum*. Avian Dis. 43, 342-348
- SMITH, T. (1895): An infectious disease among turkeys caused by Protozoa (infectious enterohepatitis). US Dept. Agric. Bur. Anim. Indust., Bull. No. 8, 7
- STEPKOWSKI, S., S. KLIMONT (1979): Obserwacje nad hodowla in vitro *Histomonas meleagridis* (Smith, 1895). Medycyna Weterynaryjna 35, 502-505
- SWARUP, D., S.P. PACHAURI, B. SHARMA, S.K. BANDHOPADHYAY (1987): Serodiagnosis of *Fasciola gigantica* infection in buffaloes. Vet. Parasitol. 24, 67-74
- TYZZER, E.E. (1920): The flagellate character of the parasite producing blackhead in turkeys *Histomonas meleagridis*. J. Parasitol. 6, 124-130

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Michael Hess
Dr. Elvira Grabensteiner
Universitätsklinik für Geflügel
Veterinärmedizinische Universität Wien
Veterinärplatz 1
1210 Wien
Österreich

E-Mail: Michael.Hess@vu-wien.ac.at