

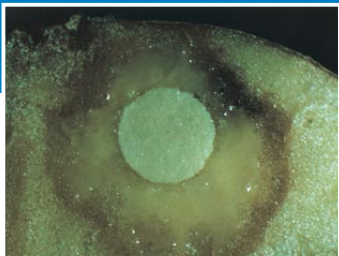
FORSCHUNGS *Report*

ERNÄHRUNG · LANDWIRTSCHAFT · FORSTEN



Schwerpunkt: Lebensmittelsicherheit

Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Forsten



Die Nassfäule
der Kartoffel



Maul- und
Klauenseuche



Guten Tag!

Jemand, der wie ich in die gesetzlich geregelte Untersuchung der Qualität landwirtschaftlicher Ernteprodukte – in diesem Falle von Brotgetreide – eingebunden ist, macht alljährlich wiederkehrend eine bemerkenswerte Erfahrung: Fakten wie Erntemengen, Erträge oder Verarbeitungsqualität (Welche Brotqualität dürfen wir in diesem Jahr erwarten?) werden von der Öffentlichkeit eher beiläufig zur Kenntnis genommen und tauchen auch in den Medien meist nur mit kleineren Berichten auf. Zu sehr ist man daran gewöhnt, dass Überfluss am Markt vorhanden sein wird und dass eine qualifizierte Land- und Verarbeitungswirtschaft das hohe Niveau unserer Nahrungsmittel schon bereitstellen wird.

Waches Interesse gilt jedoch regelmäßig der Frage, wie sich denn die diesjährige Schadenssituation darstelle.

Sind unsere Lebensmittel auch sicher und gesund? Hier wird eine gegebenenfalls Schlagzeilen

versprechende Antwort erwartet. Und leider scheinen immer wieder auftretende Lebensmittelskandale das latente Misstrauen zu bestätigen. Kriminelle Energie im Zusammenhang mit Lebensmitteln wird eine permanente Herausforderung der Lebensmittelüberwachung bleiben, ebenso wie auch die anthropogen bedingten Einträge unerwünschter Stoffe, die in die Nahrungskette gelangen können.

Neben diesen vom Menschen gemachten Problemen beansprucht aber auch die Natur nach wie vor unsere investigative Intelligenz. Ein Beispiel, ebenfalls aus dem Getreidebereich: 1771 entdeckte Johann Daniel Taube, dass die seit dem 9. Jahrhundert in Europa belegte und als 'Antoniusfeuer' bezeichnete

Erkrankung mit schweren Vergiftungserscheinungen, die bis in die Neuzeit hinein immer wieder epidemiehaft auftrat, auf Stoffwechselprodukte eines bestimmten Pilzes zurückzuführen ist: Claviceps purpurea. Er befällt Getreide, vor allem Roggen, und seine Fruchtkörper (Sklerotien) sind als Mutterkorn bekannt. Bis heute ist es der Wissenschaft nicht gelungen, diesen Pilz, der bei bestimmten Witterungsbedingungen gehäuft auftreten kann, aus dem Getreidebau zu eliminieren. Wohl aber ist die moderne Müllereitechnologie in der Lage, Gifte enthaltende Sklerotien aus unserem Getreide weitgehend heraus zu reinigen. Einzelfälle von Mutterkornvergiftungen werden aber – man mag es kaum glauben – auch heute noch aktenkundig.

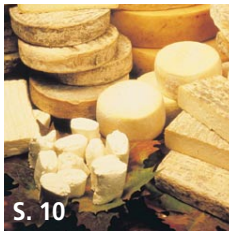
Dieses Beispiel lehrt, dass wir gut daran tun, in den Bemühungen nicht nachzulassen, unsere sicheren Lebens- und Futtermittel nach allen Regeln menschlicher Erkenntnis noch sicherer zu machen.

Dieser Herausforderung fühlt sich auch die Ressortforschung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten verpflichtet – verfügt doch gerade sie wie kaum eine andere Einrichtung über das geballte Fachwissen entlang der gesamten Lebensmittelproduktionskette von der Züchtung über die landwirtschaftliche Produktion bis hin zum verzehrfertigen Gericht und dessen ernährungsphysiologischer Beurteilung. Intention des vorliegenden Heftes ist es, Ihnen, meine verehrten Leserinnen und Leser, Einblick in laufende Arbeiten zum Thema zu geben. Die Autoren und mich würde es freuen, Ihr Interesse zu finden.

Ihr

Dr. Meinolf G. Lindhauer
Präsident des Senats der
Bundesforschungsanstalten

Sicherheit ist nicht selbstverständlich



Berichte aus der Forschung

Essen: eine riskante Sache? _____ 4

Feine Backwaren sicher genießen
Veränderte Rezepte verringern das Wachstum von Salmonellen _____ 6

Erhöhte Listeriose-Gefahr in Deutschland? _____ 10

Bedeutung der Hitzeresistenz von
Mycobacterium paratuberculosis für pasteurisierte Milch _____ 14

Tiernahrung und Produktqualität _____ 18

Zum Carry-over Verhalten von Toxaphen
Fütterungsversuche mit landwirtschaftlichen Nutztieren _____ 22

Dioxine in Lebensmitteln
Abschätzung und Steuerung des Risikos für den Verbraucher _____ 25

Radioaktivität in der Nordsee
Welcher Strahlung ist die Bevölkerung durch den
Verzehr von Meerestieren ausgesetzt? _____ 28

Schadstoffe in Fischen: heute noch ein Thema? _____ 32

Mit neuen Techniken gegen Vorratsschädlinge _____ 37

Die Nassfäule der Kartoffel
Eine Krankheit, ihr Erreger und die Abwehrreaktionen der Pflanze _____ 40

Die Maul- und Klauenseuche
Permanente Bedrohung unserer Tierbestände _____ 44

Interview

„Wir brauchen das Vertrauen der Verbraucher“
Bundesminister K.-H. Funke im Gespräch mit dem ForschungsReport _____ 48

Portrait

Institut für Vorratsschutz, Berlin-Dahlem _____ 52

Impressum _____ 53

Nachrichten _____ 54

Tagungen _____ 58

Der Forschungsbereich _____ 59

Essen: eine riskante Sache?

Paul Teufel (Kiel), Karl Otto Honikel (Kulmbach) und Michael Welling (Braunschweig)

BSE-Krise, Dioxin im Tierfutter, Salmonellen in Eiern und Eiprodukten, EHEC-Bakterien in Rohmilch: Kein Wunder, dass viele Verbraucher verunsichert sind und sich fragen, was sie überhaupt noch mit gutem Gefühl essen können. Andererseits steht uns eine Palette an Lebensmitteln zur Verfügung, die noch nie so breit und vielfältig war wie heute. Dieses Angebot zu sichern und gleichzeitig eine hohe Qualität und Sicherheit der Lebensmittel zu gewährleisten, ist eine Herausforderung für die damit befassten wissenschaftlichen Einrichtungen und Behörden.

Essen, die selbstverständlichste Sache der Welt, ist – wenn man es einmal genau betrachtet – ein unerhörter Vorgang: Da führen wir unserem Körper fremde Materie zu, nehmen Unmengen DNA-Moleküle und Proteine von anderen Organismen auf und versenken täglich Millionen unbekannter Mikroorganismen tief in unseren Körper. Und was passiert? In der Regel nichts – nichts Negatives zumindest. Im Gegenteil: Ohne Nahrungsaufnahme – eine Binsenweisheit – könnten wir nicht existieren. Der tierische und menschliche Körper ist darauf angewiesen, durch Essen seine Energiezufuhr zu sichern und die für den Stoffwechsel und den Aufbau benötigten Moleküle zu bekommen.

Dennoch gibt es unvorhergesehene Zwischenfälle mit negativem Ausgang: Mit der Nahrung aufgenommene Schadstoffe oder pathogene Mikroorganismen und ihre Stoffwechselprodukte können Krankheiten verursachen, schleichende oder akute Vergiftungen auslösen und im Extremfall sogar zum Tode führen.

In den so genannten entwickelten Staaten, und damit auch in Europa, sind solche Fälle zum Glück relativ selten. Wesentlich seltener zumindest, als es in anderen Teilen der Welt Krankheiten und Todesfälle als Folge von Hunger und Fehlernährung sind. Dennoch wird auf verschiedenen Ebenen, von den Landwirten über die Lebensmittelhersteller bis zu den politischen Entscheidungsträgern, daran gearbeitet, Sicherheitsrisiken im Zusammenhang mit Lebensmitteln so gering wie möglich zu halten. Auch die Bundes-

forschungsanstalten sind hieran beteiligt: Sie entwickeln und verbessern Verfahren zur sicheren Produktion von landwirtschaftlichen Erzeugnissen, erheben und bewerten Daten zur Belastung mit Rückständen oder unerwünschten Fremdstoffen, spüren mögliche Kontaminationsquellen auf, befassen sich mit Strategien zur Risikoerfassung und -minderung und arbeiten daran, den Begriff 'Risiko' im nationalen und internationalen Rahmen festzulegen und handhabbar zu machen.

Mit Risiken richtig umgehen

Da es ein generelles Null-Risiko im Umgang mit Lebensmitteln nicht geben kann, müssen die Rahmenbedingungen abgesteckt werden, wie mit möglichen Risiken zu verfahren ist. Gefordert sind hier die staatlichen Behörden (Legislative und Exekutive), die Lebensmittelhersteller, aber auch die Verbraucher, die wissen müssen, wie mit den gekauften Produkten von der Lagerung bis zur Zubereitung richtig umzugehen ist.

Dem Begriff 'Risiko' nähert sich der Wissenschaftler systematisch. Eine wissenschaftliche Risikoanalyse steht auf drei Säulen: der Risiko-Abschätzung, dem Risiko-Management und der Risiko-Kommunikation. Die Abschätzung und Bewertung eines Risikos bildet die Grundlage für ein Risiko-Management, in dessen Rahmen

die Lebensmittelhersteller und die amtliche Lebensmittelüberwachung Entscheidungen herbeiführen und umsetzen. Das Gesamtkonzept der Risikoanalyse schließt auch die Risiko-Kommunikation ein, womit der sachliche Informationsaustausch zwischen allen beteiligten Kreisen, also Fachleuten, Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit gemeint ist. In der Praxis wird oft ein Risiko-Management gefordert, ohne dass zuvor eine ausreichende Abschätzung des Risikos möglich war. Das heißt, dass – gerade in brisanten Fällen, die im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses stehen – oft Entscheidungen verlangt werden, die nicht immer wissenschaftlich abgesichert und daher angreifbar sind.

Toxikologische und mikrobiologische Risiken

Lebensmittel können in zweierlei Hinsicht risikobehaftet sein. Sie können bestimmte unerwünschte Stoffe enthalten, also zum Beispiel Dioxine, Schwermetalle oder Pflanzenschutzmittelrückstände, und sie können mit Krankheitserregern wie Salmonellen, EHEC-Bakterien oder Listerien verunreinigt sein. Mit den damit verbundenen Risiken ist in verschiedener Weise umzugehen, denn sie sind von unterschiedlicher Natur.

Während Erkrankungen durch Mikroorganismen meist durch eine einmalige Aufnahme mit der Nahrung hervorgerufen werden, können sich unerwünschte Stoffe im Körper anreichern (akkumulieren) und möglicherweise Langzeitschäden verursachen. Im Gegensatz zu chemischen Stoffen kann die wiederholte Aufnahme von Pathogenen unter Umständen



den zu einer Immunität und damit zu einer Verringerung des Krankheitsrisikos bei erneuter Aufnahme führen. Darüber hinaus ist in der Bevölkerung die individuelle Reaktion gegenüber einem pathogenen Erreger sehr viel differenzierter als gegenüber toxischen Einflüssen. Bei Schadstoffen sind prozessbedingte Konzentrationsänderungen und chemische Umsetzungen vorhersehbar und relativ eindeutig zu beschreiben, während sich der Gehalt an Mikroorganismen in Lebensmitteln im Verlauf des Herstellungsprozesses dramatisch ändern kann. Dieses Potenzial zur drastischen Änderung der Keimzahlen erschwert eine Risikobetrachtung bei lebenden Pathogenen in der Nahrung.

Notwendige Schritte zum Risikomanagement

Eine überzeugende Risikoanalyse ist nur dann machbar, wenn die Risiken erfasst sind, also repräsentative Untersuchungen vorliegen und veröffentlicht werden.

Bei vielen Umweltkontaminanten liegen aber keine Untersuchungsreihen vor, die zu einer sicheren Risikoabschätzung beitragen könnten. Zufällige oder regional und zeitlich eng begrenzte Daten liefern keine zuverlässigen Angaben, geschweige denn gestatten sie eine hinreichende Bewertung. Ohne diese Daten gibt es aber kein Risikomanagement. Die Lage

bei der Dioxinbelastung ist ein typisches Beispiel dafür.

Allein schon die Feststellung, dass in Belgien durch kriminelle Machenschaften höhere Dioxinkonzentrationen im Tierfutter auftraten, führte zu Verbraucherängsten und zu Kaufenthaltung auch dort, wo das Problem nicht existierte.

Die Ressortforschung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) hat in den letzten Jahren ihre Kräfte gebündelt und bei einer Reihe von Problemen, wie bei Dioxinen, dem Pilzgift Ochtatoxin A, Organochlorverbindungen wie Toxaphen, bei gentechnisch veränderten Lebensmitteln und Hygienrisiken eine umfassende Risikoerfassung betrieben und zur Risikoabschätzung beigetragen. In der vorliegenden Ausgabe des ForschungsReports werden einige Ergebnisse dieser Studien dargestellt. Gerade das im BML-Ressortforschungsbereich vorhandene Wissen um agrarische Produkte, deren Produktion, Verarbeitung und Zubereitung ist die sichere Grundlage für eine umfassende Risikoabschätzung und Risikoberwertung, wie sie in immer stärkerem Maße gefordert wird. Hierzu kann die BML-Ressortforschung eine Menge beitragen, zumal dort auch das Wissen zum Verzehrverhalten der Verbraucher vorliegt.

Das Weißbuch der EU

Um den hohen Standard der Lebensmittelsicherheit innerhalb der Europäischen Union zu gewährleisten, hat die Kommission der EU im Januar 2000 ein Weißbuch zur Lebensmittelsicherheit vor-

gelegt, das die hohe Priorität dieses Themas dokumentiert, konkrete Maßnahmen auflistet und darüber hinaus die Einrichtung einer unabhängigen Europäischen Lebensmittelbehörde vorschlägt.

Diese neue Behörde soll nach den Vorstellungen der Kommission eine unabhängige wissenschaftliche Beratung der EU-Gremien leisten, Schnellwarnsysteme betreiben, in einen Dialog mit den Verbrauchern über Fragen der Lebensmittelsicherheit und des Gesundheitsschutzes eintreten sowie die nationalen Stellen und wissenschaftlichen Einrichtungen der Mitgliedstaaten vernetzen und damit die Zusammenarbeit innerhalb der EU optimieren. Da in den vergangenen Jahrzehnten vielfältige Entwicklungen bei den Verfahren der Lebensmittelherstellung und -verarbeitung wie auch bei den Kontrollen stattgefunden haben, ist die EU-Kommission bestrebt, die bestehenden europäischen Rechtsvorschriften zu aktualisieren. Sie hat einen Entwurf für ein umfassendes Lebensmittelhygienerecht vorgelegt, das die gesamte Lebensmittelkette von der Primärproduktion (einschließlich Futtermittelherstellung) bis zum Verbraucher abdecken und die zahlreichen, zum Teil widersprüchlichen Hygienevorschriften für bestimmte Lebensmittelgruppen (Fleisch, Fisch, Milch etc.) ablösen soll. Einer der wichtigsten Punkte für die Überwachung auf nationaler und europäischer Ebene wird die Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln durch die gesamte Herstellungskette sein. Das Weißbuch sieht vor, dass die Hauptverantwortung für sichere Lebensmittel eindeutig bei der Industrie, den Herstellern und den Lieferanten liegen soll.

Der rote Faden, der sich durch das ganze Weißbuch zieht, ist eine erhöhte Transparenz der Lebensmittelpolitik auf allen Ebenen. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, das Vertrauen der Verbraucher innerhalb der EU in die Sicherheit von Lebensmitteln zu stärken. ■

Dr. Paul Teufel, Bundesanstalt für Milchforschung, Postfach 6069, 24121 Kiel;
Dr. Karl Otto Honikel, Bundesanstalt für Fleischforschung, E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326 Kulmbach;

Dr. Michael Welling, Senat der Bundesforschungsanstalten, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig.

Feine Backwaren sicher genießen

Veränderte Rezepte verringern das Wachstum von Salmonellen

Reiner Held, Günter Brack, Ines Maeting (Detmold)

Feine Backwaren mit nicht durchgebackenen Füllungen bieten Mikroorganismen, darunter auch pathogenen Keimen wie Salmonellen, gute Lebensbedingungen. Sie zählen deshalb aus mikrobiologischer Sicht zu den Risiko-Lebensmitteln. Sowohl der pH-Wert als auch das verfügbare Wasser liegen in einem für mikrobielles Wachstum optimalen Bereich. Wird aus sensorischen Gründen für einige Produkte die Kühlung unterlassen, so ermöglicht dies eine rasante Vermehrung der Mikroorganismen. An der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGF) in Detmold wurde nach Möglichkeiten gesucht, das Risiko lebensmittelbedingter Infektionen und Vergiftungen durch Veränderungen der Backrezepte zu verringern, ohne auf Konservierungsstoffe zurückzugreifen. Beispielhaft werden hier Ergebnisse, die das Wachstum von Salmonellen in Vanillecreme beschreiben, vorgestellt (Modellorganismus: *Salmonella choleraesuis* var. *enteritidis* DSM 9898).

Die als 'Feine Backwaren' bezeichnete Produktgruppe ist sehr heterogen. Viele dieser Produkte bieten Mikroorganismen aufgrund ihrer Zusammensetzung nur schlechte Wachstumsbedingungen. Andere Produkte wie beispielsweise Bienenstich, die aus einem Hefengebäck und Vanillecreme bestehen, begünstigen das Wachstum von Keimen. So stellten im Jahr 1994 die Feinen Backwaren mit nicht durchgebackenen Füllungen mit 27 % einen hohen Anteil an den Lebensmitteln, die aufgrund von nachgewiesenen Salmonellen beanstandet wurden (Abb. 2). Für Creme-füllungen oder -auf-

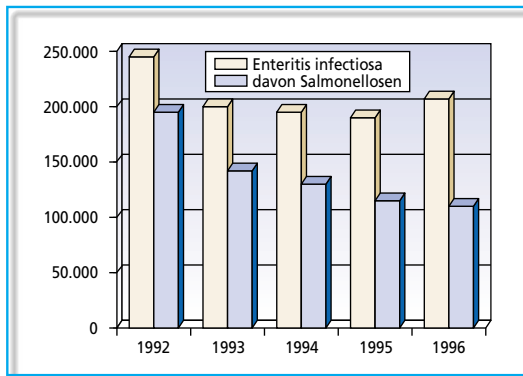


Abb. 1: Gemäß §3 Bundesseuchengesetz gemeldete Enteritis infectiosa-Fälle (Statistisches Bundesamt, 1998)

Zu Beginn der 90er Jahre hatte die Zahl der durch Mikroorganismen verursachten Lebensmittelvergiftungen mit 250.000 Fällen pro Jahr einen Höchststand erreicht und stabilisierte sich in den folgenden Jahren auf einen Wert von ca. 200.000 gemeldeten Fällen von Enteritis infectiosa pro Jahr (Abb. 1). Es wird davon ausge-

gangen, dass die Dunkelziffer um den Faktor 10 bis 15 höher liegt. Ausgelöst werden diese Erkrankungen durch verschiedene Mikroorganismen, von denen die Salmonellen in der Öffentlichkeit am bekanntesten sind.



lagen werden auf Basis verschiedener Grundpulver sowohl kalt angerührte Creme als auch auf traditionelle Weise hergestellte Kochcreme verwendet. Nachfolgende Untersuchungen beschränken sich auf letztere Variante, die durch Erhitzen von Milch und Cremepulver hergestellt wird.

Einfluss der Umweltbedingungen

Das Wachstum von Mikroorganismen kann durch eine Vielzahl von Faktoren wie Temperatur, pH-Wert oder verfügbares Wasser beeinflusst werden.

In gekühlten Produkten vermehren sich Erreger in der Regel langsamer. Temperaturen unter 10 °C bewirken bei den meisten Mikroorganismen einen fast vollständigen Wachstumsstopp. Jedoch können sich niedrige Temperaturen auf bestimmte Backwaren nachteilig auswirken, da sich deren Konsistenz und Geschmackseindruck verändern.

Der pH-Wert kann durch den Einsatz von organischen Säuren, zum Beispiel Zitronensäure, reduziert werden. Zusätzlich

wirkt der undissoziierte Anteil organischer Säuren, der in Abhängigkeit der Art der Säure und des pH-Werts variiert, hemmend auf den Stoffwechsel der Mikroorganismen.

Ein weiterer Wachstumsfaktor ist das verfügbare Wasser, das aufgrund unterschiedlicher Wirkmechanismen durch andere Lebensmittelbestandteile gebunden sein kann und deshalb den Mikroorganismen nicht vollständig zur Verfügung steht. Der Grad der Verfügbarkeit wird durch den a_w -Wert beschrieben. Die Senkung des a_w -Wertes, beispielsweise durch den Zusatz von Zuckern oder Salzen, bewirkt eine Verschlechterung der Lebensbedingungen für Mikroorganismen. Bekannt ist dieser Effekt aus der Herstellung von Konfitüre, bei der zur Haltbarmachung über 50 % Zucker zugesetzt werden. Die Zuckerkonzentration, die bei der Herstellung von Backwaren verwendet werden kann, liegt aus geschmacklichen Gründen deutlich niedriger. Da Monosaccharide den a_w -Wert deutlich stärker senken als Disaccharide, wurde in den Experimenten zusätzlich zu dem üblicherweise beim Backen verwendeten Disaccharid Saccharose (Rübenzucker) auch ein Gemisch aus den Monosacchariden Fruktose (Fruchtzucker) und Glukose (Traubenzucker) eingesetzt. Die Zugabe von Ethanol kann ebenfalls zu einer Senkung des a_w -Wertes führen, jedoch überwiegt hierbei die direkte Wirkung des Alkohols auf den Stoffwechsel der Mikroorganismen.

Substanzen, die das Wachstum der Mikroorganismen über Änderungen des Sauerstoffgehalts oder des Redoxpotentials beeinflussen, wurden ebenso wie Konservierungsstoffe in den Untersuchungen nicht berücksichtigt. Eine Veränderung der erstgenannten Faktoren ist aufgrund der handwerklich



orientierten Herstellungspraxis schlecht realisierbar; Konservierungsstoffe weisen dagegen nur eine geringe Verbraucherakzeptanz auf.

Lösung des Problems: Der Hürdeneffekt

Aus der Fachliteratur ist bekannt, dass sich bei einer kombinierten Verwendung von wachstumshemmenden Faktoren, die als Hürden bezeichnet werden, die Wirkungen der Einzelsubstanzen gegen-

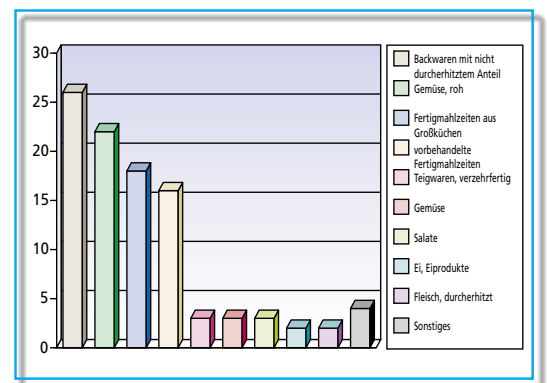


Abb. 2: Aufgrund des Nachweises von Salmonellen im Jahr 1994 beanstandete Lebensmittel – Prozentuale Verteilung (Verbraucherdienst, 1996)

seitig verstärken. Dieser Hürdeneffekt erlaubt es, die verschiedenen Parameter wie Temperatur, pH-Wert oder a_w -Wert nur geringfügig zu verändern und trotzdem das Wachstum von Mikroorganismen deutlich zu reduzieren. Dies ist im Bereich Feine Backwaren von Bedeutung, da sich hohe Konzentrationen einzelner Zusätze nachteilig auf die geschmackliche Qualität auswirken können.

In Voruntersuchungen wurden 30 verschiedene Substanzen auf ihre antimikrobielle Wirkung sowie technologische und sensorische Eignung für eine Verwendung in Vanillecreme geprüft. In den weiteren Untersuchungen wurden als Zusätze Saccharose, ein Fruktose/Glukose-Gemisch, Ethanol und Zitronensäure eingesetzt. Die maximale Konzentration der Zusätze wurde – ebenso wie das Mischungsverhältnis zwischen Fruktose und Glukose – aufgrund sensorischer Voruntersuchungen unter Berücksichtigung einer Sicherheitsmarge festgelegt (Tabelle 1).

Tab. 1: Maximale Konzentrationen der verwendeten Substanzen

Substanz	Maximale Konzentration [g/100g Creme]
Fruktose/Glukose (Verhältnis 1:1)	52,5
Saccharose	15,0
Ethanol (96%ig)	4,5
Zitronensäure	0,75

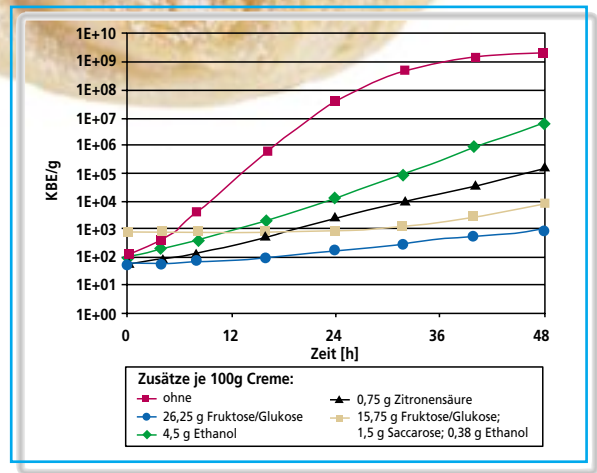
Wirkungen der Rezeptzusätze

Bei der Vielzahl der betrachteten Parameter, die verändert werden können, ist es sinnvoll, ein Modellverfahren zu nutzen, mit dem der Aufwand – also Backversuche und deren Auswertung – in Grenzen gehalten wird. Wir verwendeten in diesem Fall das Verfahren des 'Predictive Modelings'. Es hat den Vorteil, dass Versuchspläne mit verhältnismäßig geringer Versuchszahl ausreichen, um mit Hilfe statistischer Verfahren eine Modellierung der Daten durchzuführen.

Sowohl die Einzelsubstanzen als auch zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten wurden bezüglich des Wachstums der Salmonellen geprüft (Abb. 3). Es zeigte sich, dass der Keimgehalt an Salmonellen schon bei einer Zugabe von 26,25 g Fruktose/Glukose (Verhältnis 1:1) auf 100 g Creme wirkungsvoll gesenkt werden konnte (Abb. 3). Dagegen zeigten sich keine Effekte bei einer Verwendung von 15 g Saccharose/100 g Creme. Die für Ethanol beobachteten Effekte waren unter gleichen Versuchsbedingungen eben-



Abb. 3: Wirkungen der Zusätze Fruktose/Glukose (1:1), Ethanol und Zitronensäure zu Vanillecreme auf das Wachstum von *Salmonella choleraesuis* var. *enteritidis* bei 25 °C



falls relativ niedrig. Eine mittlere Wirkung konnte durch Zugabe von 0,75 g Zitronensäure erzielt werden.

Abbildung 3 zeigt weiter, dass die Kombination deutlich verringerter Konzentrationen an Fruktose/Glukose (15,25 g/100 g), Saccharose (1,5 g/100 g) und Ethanol (0,38 g/100 g) – selbst bei einer um den Faktor 10 höheren Ausgangs-

keimzahl – nach 48 Stunden nur zu einem sehr geringen Keimgehalt an Salmonellen führte.

Das aus den vollständigen experimentellen Daten der Salmonellen-Untersuchungen entwickelte Wachstumsmodell (Gleichung 1) erwies sich als eine gute Arbeitsgrundlage für die nachfolgende Produktoptimierung mit Blick auf die mikro-

Gleichung 1: Modell zur Berechnung des nach 48 Stunden Kultivierung in Creme erreichten *Salmonella choleraesuis* var. *enteritidis* Keimgehaltes

$$\ln_2(KBE_{48}) = 2,1802 + 0,6272 \cdot FruGlu + 1,2616 \cdot Sacch - 1,6571 \cdot Eth - 5,2444 \cdot Zitro + 0,4843 \cdot IO - 0,4927 \cdot Temp - 0,0739 \cdot FruGlu \cdot Sacch - 0,0492 \cdot FruGlu \cdot Temp - 0,0398 \cdot Sacch \cdot Temp + 0,0643 \cdot Temp^2$$

- Variablen:**
- FruGlu Fruktose/Glukose-Gehalt [g/100g Grundmasse]
 - Eth Ethanol (96%ig) [g/100g Grundmasse]
 - Zitro Zitronensäure [g/100g Grundmasse]
 - IO Inokulum [KBE/g]
 - Temp Kultivierungstemperatur [°C]

biologische Stabilität und die sensorische Qualität.

Produktoptimierung durch Mikrobiologie und Sensorik

Die Ergebnisse zeigten, dass die mikrobiologische Stabilität Feiner Backwaren mit nicht durchgebackenen Füllungen durch die verwendeten Zusätze deutlich erhöht werden kann. Zur Produktoptimierung ist es zunächst notwendig, den Bereich der mikrobiologischen Sicherheit festzulegen. Die in der Fachliteratur genannten Keimzahlen, die bei dem Bevölkerungsdurchschnitt zu einer Enteritis infectiosa-Erkrankung führen, liegen für Salmonellen bei rund 10^6 Koloniebildenden Einheiten (KBE) pro Gramm. Demzufolge wurden diejenigen Rezeptvariationen als mikrobiologisch sicher definiert, bei denen nach 48 Stunden bei 25 °C und einer Ausgangskeimzahl von 100 KBE/g Creme die Endkeimzahlen unter 10^6 Salmonellen pro Gramm Creme lagen.

Die Auswertung des mikrobiologischen Modells ergab unter anderem, dass durch Kombination der Zusätze Fruktose/Glukose, Saccharose und Zitronensäure selbst bei den relativ hohen Temperatu-

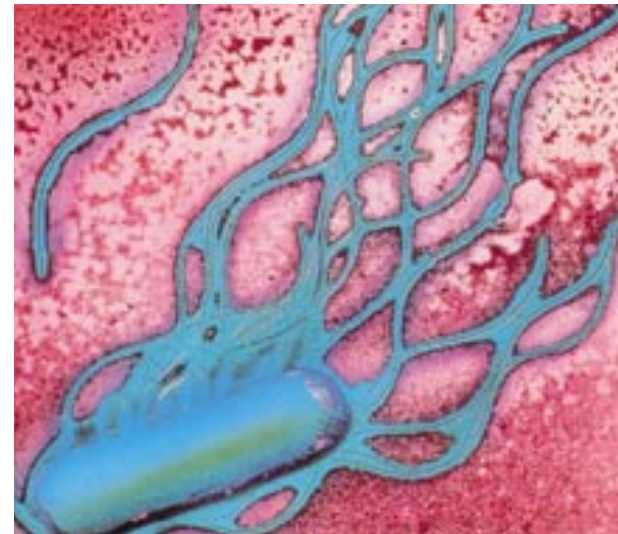
ren von 25 °C auf eine Verwendung von Ethanol zur mikrobiologischen Stabilisierung der Vanillecreme verzichtet werden kann. Dies ist in Hinblick auf den Verzehr der entsprechenden Backwaren durch Kinder und Suchtkranke wünschenswert und zu begrüßen.

Damit die Backwarenhersteller die Ergebnisse auch in der Praxis umsetzen ist es notwendig, die geschmackliche Akzeptanz eines Produktes mit „rezeptveränderter“ Vanillecreme zu gewährleisten. Es muss also ein optimales Verhältnis zwischen höchstmöglicher mikrobiologischer Sicherheit und sensorischer Qualität gefunden werden. Dabei darf die Creme durch die für eine mikrobiologische Stabilisierung notwendigen Maßnahmen nur soweit verändert werden, dass die typischen geschmacklichen Eigenschaften erhalten bleiben.

Um den Bereich der Rezeptveränderungen, die sensorisch akzeptabel sind, definieren zu können, wurde ähnlich wie bei den mikrobiologischen Prüfserien ein Modell entwickelt. Dazu beurteilten eine Expertengruppe sowie rund 100 ungeschulte Prüfer die verschiedenen Rezeptvarianten und bewerteten sie in einem 5-stufigen Schema. Abbildung 4 zeigt das Ergebnis der sensorischen Untersuchungen von Rezeptvariationen, die Frukto-

se/Glukose und Saccharose enthielten. Die höchsten Punktzahlen erreichten Cremes mit 7 bis 20 g Fruktose/Glukose und 0 bis 5 g Saccharose.

Kombiniert man das sensorische Modell (farbige Linien) und das mikrobiologische Modell (rote Fläche) in einem Diagramm (Abb. 4), kann eine Schnittmenge aus sensorischer Qualität und mikrobiologischer Stabilität in Bezug auf Salmonellen abgelesen werden. Da die optimalen



Salmonellen unter dem Elektronenmikroskop. Die Zellen sind stäbchenförmig und begeißelt.

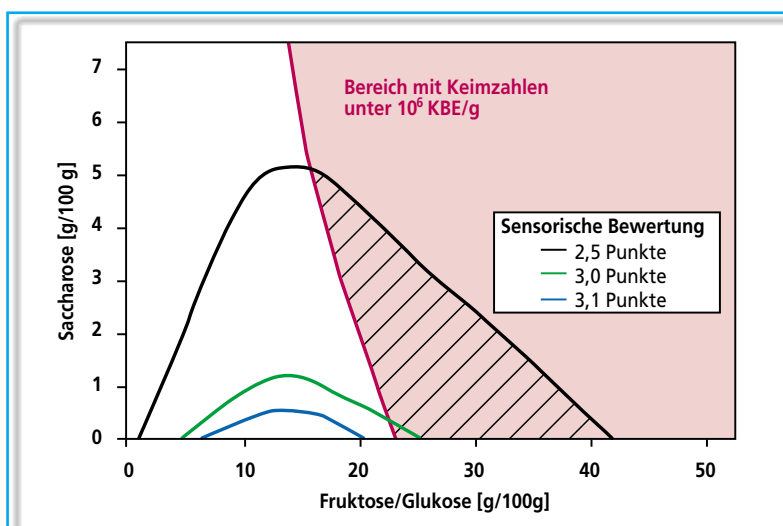


Abb. 4: Sensorische Bewertung von Creme in Abhängigkeit von den Konzentrationen an Fruktose/Glukose (1:1) und Saccharose. Sensorische Bewertung nach einem 5-stufigen Schema: 4 = sehr gut, 0 = mangelhaft. Farblich hinterlegt ist der mikrobiologisch stabile Bereich mit Keimzahlen $<10^6$ Salmonellen/g. Der schraffierte Bereich kennzeichnet die Schnittmenge aus sensorischer Qualität und mikrobiologischer Stabilität.

Bereiche beider Modelle nicht deckungsgleich sind, ist eine Vielzahl von Rezeptzusammensetzungen allein hinsichtlich des Verhältnisses von Fruktose/Glukose zu Saccharose möglich. Durch den zusätzlichen Einsatz von Zitronensäure und/oder Ethanol erhöht sich die Zahl der Kombinationsmöglichkeiten um ein Vielfaches. So kann durch die Verwendung von Zitronensäure der mikrobiologisch stabile Bereich vergrößert und die erforderliche Zuckermenge reduziert werden.

Dass die auf der Basis veränderter Rezepte hergestellten Cremeproben gute sensorische Eigenschaften aufweisen, wurde durch eine Verkostung von fertigen Gebäcken durch Vertreter der Backbranche bestätigt. ■

Dipl.-Ing. Reiner Held, Dr. Günter Brack, Dr. Ines Maeting, Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketeknologie, Postfach 1354, 32703 Detmold.

Die Arbeiten wurden im Rahmen eines FEI-Projektes gefördert.

Erhöhte Listeriose-Gefahr in Deutschland?

Biserka Becker und Wilhelm Heinrich Holzapfel (Karlsruhe)

Die Listeriose ist eine bei Mensch und Tier auftretende, gefährliche Infektionskrankheit, die in rund 30 % der Fälle einen tödlichen Verlauf nimmt. Verursacher ist vor allem das Bakterium *Listeria monocytogenes*, das in der Umwelt weit verbreitet ist und unsere Lebensmittel kontaminiert. Nicht jeder, der die Keime aufnimmt, muss jedoch erkranken. Als Risikogruppen gelten Schwangere und ihre un- oder neugeborenen Kinder sowie immungeschwächte Personen wie Krebs- und AIDS-Kranke, Alkoholiker, und häufig auch alte Menschen. Typische Krankheitsbilder einer Listeria-Infektion sind Blutvergiftung (Sepsis), Hirnhautentzündung (Meningitis) und grippeähnliche Symptome wie Fieber, Muskelschmerzen und Erbrechen. Vereinzelt können auch Infektionen wie Gelbsucht (Hepatitis) und Hauterkrankungen auftreten.

Abb. 1: Typische Listerien-Kolonien auf selektivem Nährmedium (Palcam-Agar)

Lebensmittel sind in der Regel nicht keimfrei. Sie enthalten einerseits erwünschte Mikroorganismen wie Milchsäurebakterien und Kulturschimmel, andererseits nicht erwünschte Keime wie Verderbnis- und Krankheitserreger. Zu Letzteren gehören die Listerien mit ihren pathogenen Arten *Listeria monocytogenes* und *L. ivanovii* (Abb. 1). Da Listerien in der Natur weit verbreitet sind, gibt es nur wenige frische Lebensmittel, die keine Listerien enthalten. Weichkäse, Wurst, abgepackter Lachs und Räucherfisch, Fertigsalate, gekühlte Fertiggerichte, abgepacktes Gemüse und Rohkost sind besonders anfällige Produkte.

Listeria auf dem Vormarsch?

Immer wieder finden sich in der deutschen Presse Berichte über Krankheitsfälle, die auf Listerien-verseuchte Lebensmitteln zurückgeführt werden: „Listerien in Schweinszunge, Harzer Roller oder Teewurst verderben vielen Verbrauchern kräftig den Appetit!“ (Mannheimer Mor-

gen, 03.03.2000); „Ein Traditionsunternehmen aus Baden-Württemberg musste 80 Tonnen Limburger, Weichkäse und Romadur wegen Listerienbefall zurückrufen“ (Schwäbische Zeitung, 10.03.2000). Dies sind zwei von drei Fällen, die sich allein im März dieses Jahres zugetragen haben. Erkrankungen sind nicht bekannt geworden. Etwa zur gleichen Zeit hat die Listeriose in Frankreich zu zehn Todesfällen geführt. Ursache waren mit hoher Wahrscheinlichkeit kontaminierte

Schweinezunge, Fleischpasteten oder andere Fleischdelikatessen.

Listeria-Kontaminationen sind nichts Neues; über Beanstandungen, Rückrufaktionen und Todesfälle ist in der Vergangenheit immer wieder berichtet worden (s. Tab. 1). In Frankreich hat die Angst vor Listeriose jedoch mittlerweile hysterische Züge angenommen – mit gravierenden Folgen für die Wirtschaft des Landes. Eine traditionsreiche Käserei im Calvados verzeichnete innerhalb einer Woche Ver-

Tabelle 1: Größere Listerioseausbrüche beim Menschen

Jahr	Land	Erkrankt (Todesfälle)	Lebensmittel
1981	Kanada	41 (18)	Krautsalat
1983-87	Schweiz	122 (34)	Weichkäse (Wacherin)
1985	USA	142 (48)	Weichkäse
1987-89	Großbritannien	>350	Paté
1989-90	Dänemark	26 (6)	Hart- und Blauschimmelkäse
1992	Frankreich	279 (85)	Schweinezunge in Aspik
1993	Frankreich	39	„rillettes“
1994	USA	45	Schokoladenmilch
1995	Schweiz	57 (18)	Weichkäse
1995	Frankreich	33 (4)	Weichkäse
1997	Italien	748	Maismehl
1998/99	USA	100 (15)	Hot dogs
1998/99	Finnland	18 (4)	Butter
1999/00	Frankreich	32 (10)	Schweinezunge in Aspik

kaufsverluste bis 60 %. Allein die Rückrufaktion nach einem Listeriose-Ausbruch in den USA (1998/99) kostete den Hersteller von Hot Dogs 78 Millionen Dollar. Diese Ereignisse zeigen, dass Hygienrisiken trotz verbesserter Verarbeitungs- und Angebotsformen nie auszuschließen sind.

Das Interesse an *Listeria* beruht aber nicht nur auf gelegentlich auftretenden lokalen Häufungen, sondern auch auf ungewöhnlichen Überlebensmechanismen dieses Bakteriums im infizierten Organismus. Wenn pathogene Listerien in den menschlichen oder tierischen Organismus gelangen, reagiert das Immunsystem auf den körperfremden Stoff; Makrophagen (Fresszellen) nehmen den Eindringling zwar auf, zerstören ihn aber nicht, sondern schleppen ihn mit sich. So versteckt, entzieht sich das Bakterium weiteren Angriffen des Immunsystems. Dadurch ist es auch möglich, dass Personen infiziert sind, aber keine Krankheitsanzeichen haben und die Erreger unbemerkt permanent ausscheiden.

Erste Berichte über Listeriose beim Menschen liegen über 70 Jahre zurück. Doch erst seit Beginn der 80er Jahre können Infektionen des Menschen mit *L. monocytogenes* eindeutig auf kontaminierte Lebensmittel zurückgeführt werden. Mittlerweile wurden Listerien in fast allen Teilen der Welt (außer der Antarktis) nachgewiesen. Obwohl Listerien allgegenwärtig sind, ist die Zahl der gemeldeten Listeriosen beim Menschen über die Jahre gesehen relativ gering (Tab. 1). In Deutschland



werden jährlich zwischen 30 und 40 Listeriose-Fälle amtlich gemeldet. Allerdings handelt es sich hierbei nur um Fälle der „angeborenen“ Listeriose. Andere Formen sind in Deutschland zurzeit noch nicht meldepflichtig und werden statistisch nicht erfasst. Nach Schätzungen des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) erkranken hierzulande jährlich etwa 200 Menschen ernsthaft an Listeriose. Ursache dieser niedrigen Infektionsrate sind wahrscheinlich die geringe Virulenz der meisten in Lebensmitteln vorkommenden Listerien sowie die meist niedrigen Listerienzahlen in Lebensmitteln (<100 Listerien pro Gramm oder Milliliter).

Beispiele

Untersuchungen der Gesundheitsbehörden in Europa und den USA haben ergeben, dass verschiedene Lebensmittel pathogene Listerien enthalten können. Einige Beispiele: 1991 und 1992 zeigte sich bei der amtlichen Lebensmittelüberwachung in Deutschland, dass bei Weichkäse 2,2 %, bei Schafs- und Ziegenkäse 4,1 %, bei vakuumverpackten Kochschinken 14 %, bei

vakuumverpackten geräucherten Fischprodukten 8,5 % und bei Teigwaren 4,8 % der Proben mit *Listeria* belastet waren.

In der Schweiz wurden im Jahre 1994 insgesamt 545 Fleisch- und Fischprodukte auf Listerien untersucht. Listerien fanden sich in 28 Proben; in 13 Fällen handelte es sich um *L. monocytogenes*.

In einem vom Bundesministerium für Gesundheit geförderten Forschungsprojekt (1997-1999) haben wir am Institut für Hygiene und Toxikologie der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE) in einer regionalen Erhebung (20 Geschäfte), bundesweiten Felduntersuchung (102 Geschäfte) und in drei Metzgereifachgeschäften (typische Landmetzgereien mit eigener Schlachtung) den mikrobiologischen Status von Kühlprodukten (Brühwurst und Feinkostsalate) ermittelt. Die Auswahl der Geschäfte erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen (ZUMA) in Mannheim. Um mögliche jahreszeitliche Schwankungen zu berücksichtigen, wurden die Geschäfte einmal in den Sommer- und einmal in den Wintermonaten besucht. Die drei Metzgereifachgeschäfte in der Umgebung von Karlsruhe wurden ausführlicher beprobt: in einem Erhebungszeitraum von 12 Wochen ein- bis zweimal pro Woche.

Zur Charakterisierung des mikrobiologischen Status der Brühwurst- und Feinkostsalatproben wurde die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl, die Keimzahl der



Milchsäurebakterien und die Keimzahl der Hefen und Schimmelpilze bestimmt. Von insgesamt 287 untersuchten Brühwurstproben waren 30 (10,5 %) und von 282 Feinkostsalatproben 24 Proben (8,5 %) positiv für *L. monocytogenes* (Tab. 2). Auffallend war jedoch, dass der Erreger in den Produkten der drei Metzgereien mit einer Häufigkeit von >22 % auftrat. Aufgrund dessen wurde bei diesen Geschäften die komplette Produktionskette von der Schlachtung bis zur fertigen Brühwurst stichprobenartig auf Listerien untersucht. Bei allen drei Metzgereien konnten Listerien im Schweine- und Rindfleisch, in der Schwarte sowie im Fell der Schlachttiere nachgewiesen werden. Außerdem wurden aus dem Wurstbrät Listerien isoliert. Bei einem Metzger befanden sich im Fleisch, im Wurstbrät und sogar in der fertigen Brühwurst Listerien. Da die Erreger während des ordnungsgemäß

ten oder sehr sauer sind (pH unter 4,4). Verhältnismäßig gute Wachstumsmöglichkeiten bestehen dagegen vor allem in vakuumverpackten Produkten (reduzierter Sauerstoff) und bei kühl gelagerten Lebensmitteln (4-7°C). Die Fähigkeit der Listerien, bei Kühlschranktemperaturen gut zu

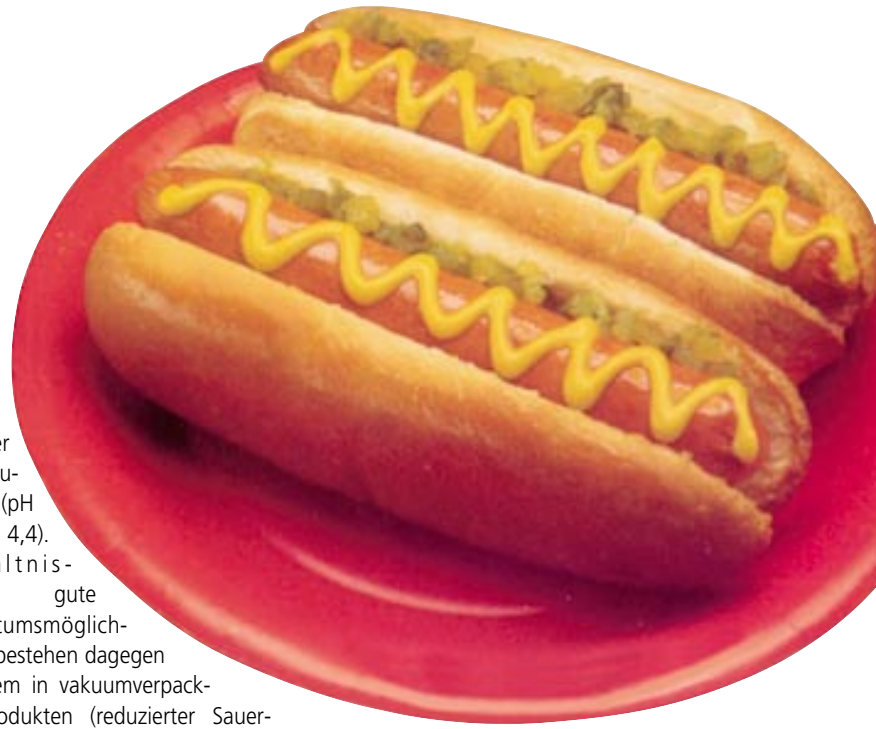


Tabelle 2: Vorkommen von pathogenen *Listeria monocytogenes* in Brühwurst- und Feinkostsalatproben

Untersuchung	Probenanzahl	Anzahl der positiven Proben für <i>L. monocytogenes</i>	
		Zahl	%
BRÜHWURST			
Regionale Erhebung	43	7	16,3 %
Bundesweite Erhebung	200	10	5,0 %
Bei 3 Metzgern	44	13	29,5 %
Gesamt	287	30	10,5 %
FEINKOSTSALAT			
Regionale Erhebung	37	4	10,8 %
Bundesweite Erhebung	200	10	5,0 %
Bei 3 Metzgern	45	10	22,2 %
Gesamt	282	24	8,5 %

durchgeführten Brühvorgangs abgetötet werden, sind die nachgewiesenen Listerien offensichtlich durch Schmierinfektionen während des Aufschneidens übertragen worden.

Lebensmittel-ökologische Zusammenhänge

Die Vermehrungsfähigkeit der Listerien in Lebensmitteln ist von den Herstellungsverfahren, Lagerungsbedingungen und Lebensmitteleigenschaften abhängig. Listerien wachsen langsamer in Lebensmitteln, die wenig Wasser, viel Konservierungsstoffe und Salz (über 10 %) enthal-

wachsen, erhöht das Risiko für verzehrfertige Produkte, die bei Temperaturen um ca. 4 °C gelagert und vor dem Verzehr nicht erhitzt werden. Eine mikrobiologische Studie in den USA hat gezeigt, dass 64 % der untersuchten Haushalts-Kühlschränke mindestens ein mit *L. monocytogenes* kontaminiertes Lebensmittel enthielten.

Thermische Verfahren wie Kochen, Braten, Sterilisieren und Pasteurisieren töten *L. monocytogenes* ab. Eine spätere Rück-Kontamination der Lebensmittel kann durch gute hygienische Bedingungen bei Weiterverarbeitung, Verpackung, Transport und Aufbewahrung im Haushalt vermieden werden. Erhöhte Listerienkeimzahlen in einem Lebensmit-

tel gelten deshalb als Indikator für bedenkliche Hygieneverhältnisse während der Herstellung. Die Rückrufe listerienbelasteter Lebensmittel sind für die Überwachungsbehörden immer wieder Anlass, die Lebensmittelhersteller aufzufordern, die Hygiene in der Produktion zu verbessern.

Durch die strengen Lebensmittelkontrollen der Landesbehörden ist Deutschland bislang von größeren Listeriose-Epidemien verschont geblieben. Noch nie zuvor hat sich die Lebensmittelindustrie durch gesetzlich auferlegte und freiwillige Maßnahmen so umfassend um die Lebensmittelsicherheit bemüht. Und dennoch sind die Lebensmittel-Mikrobiologen der Meinung, dass Listerien – speziell *L. monocytogenes* – nie restlos aus unserem Leben eliminiert werden können. Das hängt unter anderem damit zusammen, dass Listerien gute „Überlebenskünstler“ sind. Sie können technisch bedingte Nischen in dem Produktionsumfeld von Lebensmitteln sehr erfolgreich besetzen. Bei Nichteinhaltung der hygienischen Vorschriften stellen sie ein besonderes Risiko als Rekontaminanten von thermisch behandelten Lebensmitteln dar.

Regelungsbedarf

Ob sich beim Menschen nach dem Kontakt mit Listerien eine Listeriose entwickelt, hängt von der Infektionsdosis,

der Virulenz der Erreger und der Abwehrstärke des Infizierten ab. Zur Zeit wird in Deutschland diskutiert, die Grenzwerte in Lebensmitteln für *L. monocytogenes* herabzusetzen.

Die Festlegung eines Grenzwertes bereitet weltweit Probleme, da die genaue Infektionsdosis für den Menschen nicht bekannt ist. Für gesunde Personen beträgt die minimale Infektionsdosis rund 10.000 *Listeria*-Keime, für Hoch-Risiko-Gruppen dagegen nur etwa 10 Keime. Das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) fordert eine Absenkung des aktuellen Beurteilungswertes für verzehrsfertige Produkte von derzeit 1.000 auf 100 Keime pro Gramm oder Milliliter Lebensmittel.

Diese Forderung beruht auf den niedrigen Keimzahlen, die in jüngerer Zeit bei Listeriose-Ausbrüchen als Infektionsquelle ermittelt oder vermutet wurden. Außerdem fordert das BgVV, den vorgeschlagenen Beurteilungswert in der gesamten Europäischen Union einzuführen, um den gesundheitlichen Verbraucherschutz zu vereinheitlichen.

Sieben Regeln geben Sicherheit

Da die technischen und wissenschaftlichen Hintergründe der Lebensmittelherstellung den Verbrauchern oft unverständlich sind, müssen diese sich auf die „gute Herstellungspraxis“ der Produzenten, die Einhaltung der Gesetze und die konsequente Überwachung verlassen können. Von den Verbrauchern ist zu erwarten, dass Etiketten, die über das Lebensmittel informieren, gelesen und dass Lebensmittel richtig behandelt werden, um gesundheitliche Schäden zu vermeiden. Nach Daten der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind Fehler der Verbraucher beim Umgang mit Lebensmitteln für einen großen Teil lebensmittelbedingter Erkrankungen verantwortlich. Durch Einhalten folgender „sieben Regeln“ lassen sich Lebensmittelinfektionen vermeiden:

- Einwandfreie Ware sorgfältig einkaufen und sachgerecht transportieren.
- Hände und Oberflächen regelmäßig reinigen.

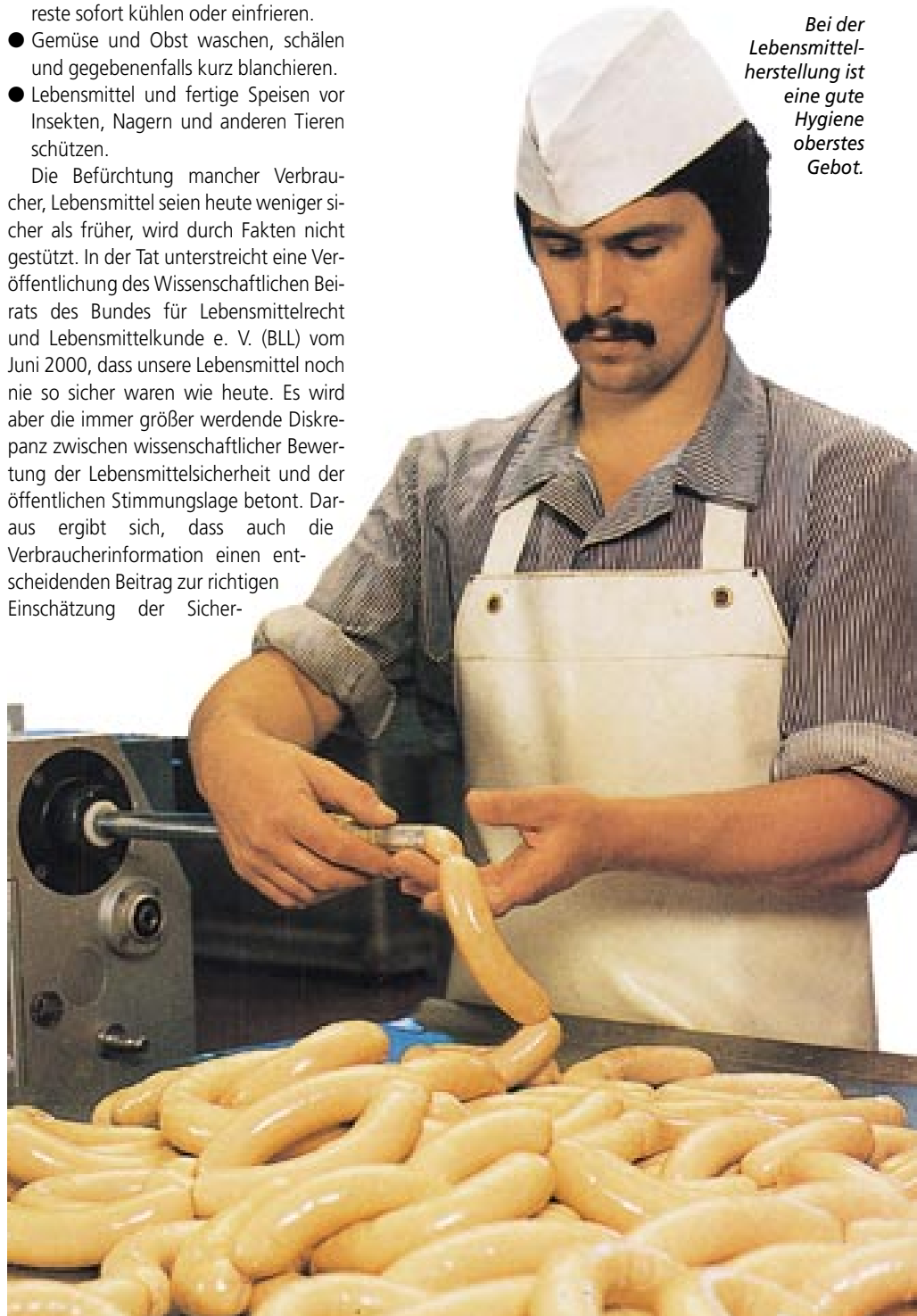
- Rohe Lebensmittel (vor allem Fleisch, Eier, Fisch) unbedingt von verzehrsfertigen Speisen trennen.
- Lebensmittel auf Kerntemperaturen von 70 bis 80 °C für die Dauer von mindestens 10 Minuten erhitzen. Rohe Milch vor dem Verzehr kurz abkochen.
- Verderbliche Lebensmittel und Speisereste sofort kühlen oder einfrieren.
- Gemüse und Obst waschen, schälen und gegebenenfalls kurz blanchieren.
- Lebensmittel und fertige Speisen vor Insekten, Nagern und anderen Tieren schützen.

Die Befürchtung mancher Verbraucher, Lebensmittel seien heute weniger sicher als früher, wird durch Fakten nicht gestützt. In der Tat unterstreicht eine Veröffentlichung des Wissenschaftlichen Beirats des Bundes für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. (BLL) vom Juni 2000, dass unsere Lebensmittel noch nie so sicher waren wie heute. Es wird aber die immer größer werdende Diskrepanz zwischen wissenschaftlicher Bewertung der Lebensmittelsicherheit und der öffentlichen Stimmungslage betont. Daraus ergibt sich, dass auch die Verbraucherinformation einen entscheidenden Beitrag zur richtigen Einschätzung der Sicher-

heitssituation und zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus leisten kann. ■

Dipl.-Biol. Biserka Becker, Prof. Dr. Wilhelm Heinrich Holzapfel, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Institut für Hygiene und Toxikologie, Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe

Bei der Lebensmittelherstellung ist eine gute Hygiene oberstes Gebot.



Bedeutung der Hitzeresistenz von *Mycobacterium paratuberculosis* für pasteurisierte Milch

Philipp Hammer, Christian Kiesner und Paul Teufel (Kiel)

M*ycobacterium paratuberculosis* ist seit Anfang des Jahrhunderts als Erreger der Paratuberkulose des Rindes bekannt. Aufgrund von Ähnlichkeiten im Krankheitsbild und unterstützt durch mikrobiologische und molekularbiologische Untersuchungen wird eine mögliche Beteiligung dieses Erregers auch an der Krankheit „Morbus Crohn“ des Menschen diskutiert. Als Vehikel für die Übertragung wird dabei immer wieder pasteurisierte Trinkmilch genannt, da es in der wissenschaftlichen Literatur vermehrte Hinweise auf ein Vorkommen in roher Milch und ein Überleben von *M. paratuberculosis* unter den Bedingungen der Dauer- und Kurzzeiterhitzung gibt.

Das Bakterium

Mycobacterium paratuberculosis gehört zur Familie der Mykobakterien, zu der auch die klassischen Erreger der Tuberkulose oder der Lepra gehören, darf aber keinesfalls mit diesen verwechselt werden. Wissenschaftlich korrekt handelt es sich bei dem Erreger um eine Unterart von *Mycobacterium avium*. Er gehört zu einer Gruppe sich nur sehr

langsam vermehrender Mykobakterien. Während "normale" Bakterien innerhalb von 24 Stunden bis wenigen Tagen kultivierbar sind, werden für *M. paratuberculosis* mindestens acht Wochen benötigt.

M. paratuberculosis ist beim Rind und anderen Wiederkäuern der alleinige Verursacher der Paratuberkulose, auch Johnesche Krankheit genannt. Diese Erkrankung bricht bei Milchrindern meistens nach der zweiten oder dritten Kalbung



Abb. 1: Typische Auffaltung des Dünndarms bei Paratuberkulose (Foto: Paratuberculosis Research Center, University of Wisconsin, Madison, USA)

aus. Die Kälber infizieren sich bereits vor der Geburt durch das Muttertier oder durch Aufnahme kontaminierter Milch nach der Geburt. Die Paratuberkulose führt zu entzündlichen Auffaltungen der Schleimhaut im letzten Abschnitt des Dünndarms (Ileum) (Abb. 1). Im fortgeschrittenen Stadium ist die Erkrankung durch unstillbare Durchfälle gekennzeichnet, die nach einigen Wochen bis Monaten stets zum Tode führen. In den Herden erkranken meist nur Einzeltiere, die jedoch, bis die Krankheit erkennbar wird, über längere Zeiten erhebliche Keimmengen (bis zu 10^8 und mehr pro Gramm Kot) ausscheiden.

M. paratuberculosis kann auf zwei Wegen in die Milch gelangen:

- Der Erreger kann aus der Blutbahn, vermutlich eingeschlossen in Makrophagen (Fresszellen), ins Eutergewebe eindringen. Dabei ist mit sehr niedrigen Keimzahlen von weniger als 10 Bakterienzellen pro 50 ml Milch zu rechnen.
- Erregerhaltiger Kot kann während des Melkprozesses die Milch verunreinigen. Wegen der hohen Keimzahl im Kot kann – in Abhängigkeit vom Verunreinigungsgrad – eine wesentlich höhere Keimzahl erreicht werden.

Die Krankheit ist weltweit, jedoch regional unterschiedlich verbreitet. Über das Vorkommen in Deutschland liegen nur unvollständige Daten vor. Fachleute schätzen, dass wenigstens 10-15 % der Milchviehherden betroffen sein könnten. In Studien aus anderen Ländern der EU (z. B. Dänemark und den Niederlanden) sind Befallsraten von 35 bis über 60 % ermittelt worden. Die wirtschaftlichen Verluste durch Rückgang der Milchleistung, Abmagern (Abb. 2) und vorzeitigen Abgang der Tiere sind erheblich. Schätzungen aus den USA bzw. aus Holland nennen jährliche Einbußen von 1,5 Milliarden Dollar bzw. 25 Millionen Gulden.

Morbus Crohn

Eine der Paratuberkulose der Wiederkäuer sehr ähnliche Erkrankung des Menschen ist Morbus Crohn. Parallelen zeigen sich sowohl im klinischen Bild als auch pathologisch-anatomisch. Morbus Crohn unterscheidet sich jedoch von der Johneschen Krankheit der Tiere dadurch, dass die Erkrankung zwar auch chronisch, aber praktisch nie tödlich verläuft und dass alle Abschnitte des Magen-Darm-Traktes betroffen sein können.

Abb. 2:
Klinisch an Paratuberkulose erkrankte Holstein-Friesian Kuh
(Foto: Paratuberculosis Research Center, University of Wisconsin, Madison, USA)



In Deutschland leiden circa 175.000 Personen an Morbus Crohn. Die Erkrankung ist eine Multifaktorenkrankheit; als Auslöser kommen unter anderem erbliche, diätetische, immunologische und psychische Faktoren in Betracht.

Die Beteiligung von *M. paratuberculosis* an Morbus Crohn wird kontrovers diskutiert. Noch liegen keine Daten für einen eindeutigen Zusammenhang vor. Ein Fachgremium der EU hat hierzu festgestellt: „Die gegenwärtige Datenlage ist nicht ausreichend, um zu beständigen oder abzulehnen, dass *Mycobacterium paratuberculosis* ein ursächliches Agens, zumin-

dest einiger Fälle der Crohnschen Erkrankung des Menschen ist.“ Weiterhin schlussfolgert das Gremium: „Es gibt genügend Anlass, eine gesteigerte und zügige Forschungsaktivität zu begründen, damit diese Problematik gelöst werden kann.“

Hitzeresistenz in Milch

Die Pasteurisierung von Milch erfolgt prinzipiell nach drei in der Milch-Verordnung festgelegten Verfahren: Bei der

Dauererhitzung wird Milch in einem Kessel auf 62–65 °C erwärmt und 30 Minuten bei dieser Temperatur gehalten. Auf diese Weise werden ausschließlich kleine Milchmengen bis zu einigen 100 Liter bearbeitet (z. B. für die Direktvermarktung). Im industriellen Maßstab wird hauptsächlich die so genannte Kurzzeiterhitzung eingesetzt, bei der die Milch in einem kontinuierlichen Durchfluss auf 72-75 °C erhitzt und zwischen 15 und 30 Sekunden heiß gehalten wird. Die Kapazität eines solchen Prozesses liegt bei Tausenden von Litern pro Stunde. Ein weniger bedeutendes, sonst aber ähnliches industri-

elles Verfahren ist die Hoherhitzung, bei der auf über 85 °C erhitzt wird (nicht zu verwechseln mit ultrahoherhitzter H-Milch). Alle Verfahren sind nach bisheriger Erfahrung dazu geeignet, die Anzahl eventuell in der Rohmilch vorhandener pathogener Mikroorganismen so zu reduzieren, dass durch den Verzehr dieser Milch keine Infektionen erfolgen können.

Um eine mögliche Hitzeresistenz von *M. paratuberculosis* bei diesen Bedingungen zu prüfen, müssen experimentelle und apparative Voraussetzungen geschaffen werden, die den Verhältnissen in der Praxis möglichst nahe kommen. Des-



Abb. 3: Laboranlage zur experimentellen Kurzzeiterhitzung von Milch (Übersicht und Ausschnitt; Fotos: I. Spreckels, BAFM Kiel)

Deshalb ist es nicht auszuschließen, dass Autoren, die über eine völlige Inaktivierung von *M. paratuberculosis* nach Erhitzung der Milch berichten, zu diesem Ergebnis nur kamen, weil sie ihre Versuche zu früh beendet haben. Mit dem neuen Verfahren waren bei 42,3 % der Versuche vermehrfähige *M. paratuberculosis* nachweisbar. Bei der Gegenüberstellung der positiven und negativen Ergebnisse in Form eines Punkteschwarmes zeigt sich keine besondere Schwerpunktbildung (Abb. 4). Das bedeutet, das Überleben der Erhitzung ist unabhängig von der Ausgangskeimzahl und den hier geprüften Temperatur-Zeit Bedingungen.

Normalerweise unterliegt das Absterbeverhalten von Bakterien bei Erhitzung einer linearen Funktion, das heißt die Zahl der Bakterien verringert sich in Abhängigkeit von Temperatur und Heißhaltezeit gleichmäßig bis zu einem Punkt, an dem Überlebende nicht mehr nachgewiesen werden können. Hierbei gilt die Grundregel: je länger die Heißhaltezeit, bzw. je höher die Temperatur, desto größer ist der Effekt der Abtötung. Anders bei *M. paratuberculosis*: Hier findet zwar während der Erhitzung eine ganz erhebliche Reduktion der Ausgangskeimzahl statt, es kann jedoch relativ lange eine geringe Zahl von Überlebenden nachgewiesen werden, was auf einen zunehmend asymptotischen Verlauf der Inaktivierungskurve hinweist.

wegen wurde an der Bundesanstalt für Milchwirtschaft (BAFM) in Kiel eine Anlage für die experimentelle Kurzzeiterhitzung von kontaminierter Milch konstruiert und aufgebaut. Das Vorhaben wurde durch eine Sonderzuweisung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert. Dieser „Kleinpasteur“ entspricht in Aufbau und Funktion im wesentlichen großtechnischen Anlagen (s. Abb. 3).

Für die Versuche wurde Rohmilch der eigenen Versuchsherde mit Kulturen von *M. paratuberculosis* versetzt und im gesetzlich für die Kurzzeiterhitzung vorgeschriebenen Temperaturbereich von 72-75 °C sowie auch bei niedrigeren und höheren Temperaturen erhitzt. Dabei wurden verschiedene Bakterienstämme mit unterschiedlicher Ausgangskeimzahl eingesetzt.

Bisher wurden 319 Experimente durchgeführt, wobei Temperatur-Zeit

Kombinationen in einem Temperaturbereich von 68 bis 80 °C mit 18 bis 25 Sekunden mittlerer Verweilzeit (Heißhaltezeit) geprüft wurden. Der Heißhalter wurde strömungstechnisch so ausgelegt, dass die schnellsten Milchteilchen die Zeit von 15 Sekunden nicht unterschreiten und die langsamsten die Zeit von 30 Sekunden nicht überschreiten.

Für den Nachweis der Vermehrfähigkeit wurde eine aufwendige Kultivierungstechnik mit Spezialnährböden entwickelt, deren wesentliche Charakteristik ein Schritt zur Wiederbelebung hitzegeschädigter *M. paratuberculosis*-Zellen und eine sehr lange Bebrütungszeit der Kulturen (bis zu einem Jahr!) ist. Die lange Inkubationszeit erwies sich als notwendig, da hitzegeschädigte Keime teilweise einen solchen Zeitraum benötigen, um sich im Nährmedium wieder zu vermehren. Diese Zeit ist wesentlich länger, als bisher in der Literatur publiziert wurde.

Auch die von anderen Forschungsgruppen in der EU erarbeiteten Ergebnisse weisen auf diese ungewöhnliche Hitze-resistenz eines Teiles der eingesetzten Bakterienkulturen hin.

Eine Erklärung für die besondere Hitze-resistenz von *M. paratuberculosis* bieten möglicherweise die langsamen Stoffwechselvorgänge dieser Organismen. Bei Verwendung einer so genannten Vitalfärbung kann man beobachten, dass maximal 10 % einer Kultur überhaupt nur stoffwechselaktiv sind. Der Rest scheint sich in einem Ruhezustand zu befinden, in dem die Keime dann möglicherweise resistenter gegen Hitze einwirkung sind.

Damit werden Modellrechnungen zur Sicherheit des Erhitzungsverfahrens schwierig, da auch sehr geringe Ausgangskeimzahlen den Erhitzungsprozess überleben können.

Offene Fragen

Derzeit ist eine Beteiligung von *M. paratuberculosis* an Morbus Crohn nicht als gesichert anzusehen. Es gilt als unwahrscheinlich, dass *M. paratuberculosis* alleiniger Verursacher der Krankheit ist. Sofern der Erreger zumindest als Risikofaktor für einen Teil der für Morbus Crohn empfänglichen Personen angesehen werden kann, müsste der Keim als Zoonoseerreger betrachtet werden. In diesem Zusammenhang völlig offen ist aber die Frage, ab welcher Keimzahl dann tatsächlich ein Infektionsrisiko für den Verbraucher bestünde (minimale infektiöse Dosis).

Die Ergebnisse aus der internationalen Fachliteratur sowie aus den eigenen Versuchen zeigen, dass eine kleine Anzahl von *M. paratuberculosis*-Zellen die Bedingungen der Kurzzeiterhitzung überleben kann. Im Hinblick auf die Gegebenheiten in der Praxis sollte jedoch auch berücksichtigt werden, dass die von der Milchsammung bis zur Abfüllung durchgeführten Prozessschritte (Filtration, Reinigung im Separator, Erhitzung) eine möglichen Belastung kontinuierlich verringern. Darüber hinaus werden eventuell kontaminierte Milch-Chargen während der Milchsammung erheblich verdünnt. Von entscheidendem Vorteil ist hierbei auch, dass eine Vermehrung des Keimes außerhalb des Wirtskörpers nicht mehr stattfindet. Die

Wahrscheinlichkeit, dass pasteurisierte Trinkmilch mit überlebenden *M. paratuberculosis* in den Handel gelangt, wird dadurch sehr klein, ist aber, wie die folgenden Überschlagsrechnungen zeigen, bei sehr konservativen Annahmen noch vorhanden.

Bei Annahme, dass eine Kuh bzw. alle Tiere aus einer Herde von 15 Kühen *M. paratuberculosis* mit der Milch ausscheiden, sind auf Molkereiebene rechnerisch 0,16 bzw. 2,4 Koloniebildende Einheiten (KBE; in der Bakteriologie Bezeichnung für kleinste Einheit, in der Bakterien auftreten; diese kann eine bis sehr viele einzelne Zellen enthalten) pro kg Rohmilch zu erwarten. Das gleiche Szenario bezogen auf eine Kontamination der Milch

übrig. Eine ähnliche Berechnung wurde von einer holländischen Arbeitsgruppe vorgenommen, die einen Wert von maximal 0,5 KBE *M. paratuberculosis* pro kg handelsfertiger Trinkmilch ergab.

Nach beiden Berechnungen können also, wenn auch in sehr geringer Zahl, positive Trinkmilchproben erwartet werden. Tatsächlich wurden in Untersuchungen aus Großbritannien auch vereinzelt *M. paratuberculosis* in pasteurisierter Trinkmilch aus dem Handel nachgewiesen. Die Untersucher isolierten das Bakterium aus vier von 1.000 Trinkmilchproben.

Solange keine Beziehung zwischen der Kontamination von Milch mit *M. paratuberculosis* und dem Morbus Crohn beim Menschen hergestellt werden kann, ist

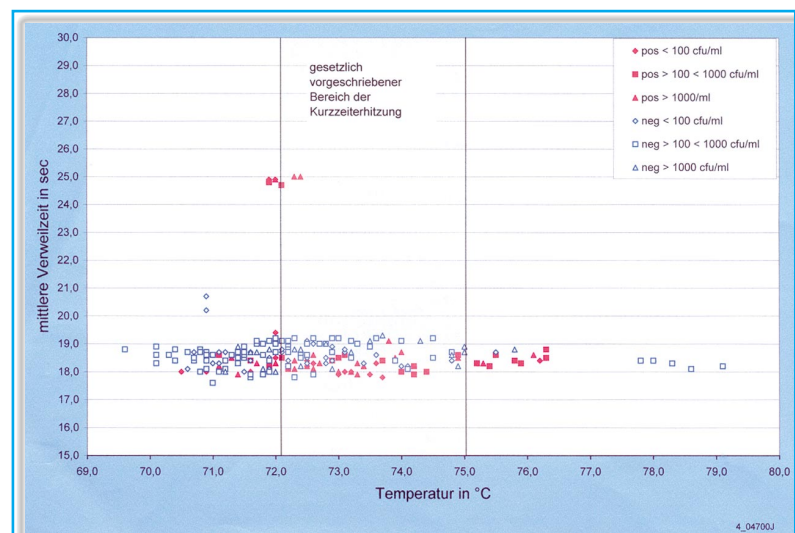


Abb. 4: Überleben von *M. paratuberculosis* bei der Erhitzung von Milch (einschließlich gesetzlich vorgeschriebenem Temperaturbereich der Kurzzeiterhitzung), positive und negative Versuche gegliedert nach Höhe der Ausgangskeimzahl (cfu/ml = Koloniebildende Einheiten pro Milliliter). Rot: Versuche, in denen Keime überlebten. Blau: Versuche ohne nachweisbar überlebende Keime

durch Kot ergibt für eine ausscheidende Kuh 8.000 und für alle 15 Kühe 120.000 KBE pro kg auf Molkereiebene. Zu beachten ist, dass diese Abschätzungen auf möglichst ungünstigen Annahmen – das heißt einer kleinen Herde mit geringer Milchleistung – basieren. In der Praxis dürften die Verdünnungseffekte größer sein. Zusätzlich muss die mehr als 100.000fache Reduktion der Keimzahl durch die Erhitzung berücksichtigt werden. Von der höchsten berechneten Keimzahl bleibt nach der Pasteurisierung also kaum 1 KBE *M. paratuberculosis* pro kg Milch

eine umfassende Risikoabschätzung unter Einbeziehung der hier vorgestellten Untersuchungsdaten nicht möglich. Aufgabe der produktorientierten Forschung ist es, Daten über mögliche Expositionsabschätzungen zu liefern, damit gegebenenfalls ein vorbeugendes Risikomanagement durchgeführt werden kann.

Dr. Philipp Hammer, Dr. Paul Teufel, Institut für Hygiene und Produktsicherheit; Dr. Christian Kiesner, Institut für Verfahrenstechnik; Bundesanstalt für Milchforschung, Herman-Weigmann-Str. 1, 24103 Kiel

Tierernährung und Produktqualität

Gerhard Flachowsky (Braunschweig)

Unter Produktqualität von Lebensmitteln wird ein ganzes Bündel von Faktoren verstanden. Neben Inhaltsstoffen, sensorischen und physikalisch-technologischen Kriterien erlangen die subjektive Wertschätzung und der „Ruf“ eines Lebensmittels immer mehr an Bedeutung. BSE- und Dioxin-Krise sowie weitere Vorfälle haben das Vertrauen der Verbraucher in die Sicherheit von Lebensmitteln tierischer Herkunft in den zurückliegenden Jahren erschüttert. Die Fachdisziplin Tierernährung als wichtiges Glied in der Nahrungskette des Menschen ist hier stark gefordert. Tiere füttern heißt letztendlich Menschen ernähren. Unter diesem Blickwinkel werden am Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) seit vielen Jahren umfangreiche Vorhaben durchgeführt.

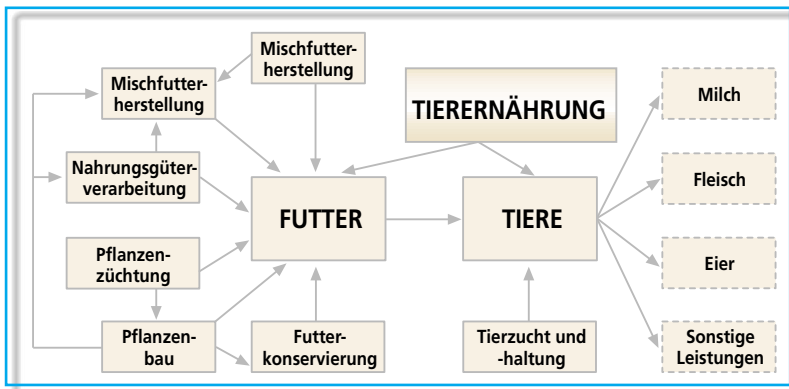


Abb.1: Futterbereitstellung und Tierernährung als wichtige Einflussfaktoren auf die Lebensmittelqualität in der Nahrungskette des Menschen

Kriterien der Produktqualität

Eine hohe Lebensqualität des Menschen ist durch eine lange, aktive Lebensspanne bei guter Gesundheit in intakter Umwelt gekennzeichnet. Qualitativ hochwertige und sichere Lebensmittel spielen dabei eine wichtige Rolle. Futterbau, Mischfutterherstellung und Tierproduzenten betrachten sich zunehmend als Lebensmittelherzeuger; sie produzieren „Food on Hoofs“.

Zu den wesentlichen Faktoren, die die Qualität von Fleisch, Milch und Eiern ausmachen, zählen unter anderem:

- Inhaltsstoffe (ernährungsphysiologischer Wert)
 - Nährstoffe (Protein, Fett, Mengen- und Spurenelemente, Vitamine) und Energie
 - Unerwünschte Inhaltsstoffe und Rückstände (z. B. Cholesterin, Purin, trans-Fettsäuren, organische und anorganische Fremdstoffe)
- Hygienisch-bakteriologische Merkmale (z. B. Keimgehalt, mikrobiell gebildete Schadstoffe)
- Sensorische Faktoren (Aussehen, Geschmack, Geruch, Farbe)
- Physikalisch-technologische Kriterien (Wasserbindevermögen, Eischalenqualität u. a.)



- Schlachtkörperqualität bei der Fleischherzeugung (Muskelfleischanteil, Ausprägung bestimmter Teilstücke u. a.).
Vor allem die Inhaltsstoffe und hygienischen Faktoren stehen in engem Zusammenhang mit dem ernährungsphysiologischen Wert bzw. der Humangesundheit. Im Alltag sind es aber vorwiegend senso-



Durch die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Futtermittel, gezielte Fütterungsmaßnahmen und ein umfassendes Kontroll- und Überwachungssystem werden die Voraussetzungen geschaffen, hochwertige Lebensmittel tierischer Herkunft zu erzeugen.

rische Eigenschaften bzw. die subjektiven Wertschätzungen der Verbraucher, die – neben dem Preis – über den Kauf von Lebensmitteln tierischer Herkunft entscheiden. Von zunehmender Bedeutung ist auch der „Ruf“ eines Produktes, wie die BSE-Krise für Rindfleisch eindrucksvoll gezeigt hat.

Immer wichtiger wird neben der Produktqualität auch die Produktionsqualität, also die Art und Weise, wie Lebensmittel erzeugt werden. Hohe Produktionsqualität ist für die Tierproduzenten verknüpft mit Transparenz in allen Bereichen, von der Fütterung und Haltung der Tiere bis zur Vermarktung der Produkte an der Ladentheke.

Beiträge zu „Functional Foods“

„Functional Foods“ sind Lebensmittel mit angereicherten Inhaltsstoffen, die im menschlichen Organismus bestimmte Funktionen erfüllen sollen. Die Anreicherung derartiger Stoffe kann im Prozess der Lebensmittelaufbereitung, aber auch schon während der Primärerzeugung erfolgen.

Die Fachdisziplin Tierernährung verfügt über beachtliche Möglichkeiten, die Konzentrationen bestimmter Inhaltsstoffe in Lebensmitteln tierischer Herkunft zu beeinflussen. Dies trifft besonders auf

Tab. 1: Einfluss verschiedener Futterfette (je 2,5 % der Mischung) auf ausgewählte Fettsäuren (Gew. % der analysierten Fettsäuren) im Rückenspeck von Schweinen (KRATZ et al., 2000).

Fettsäure	Kontrolle (o. Fettzulage)	Fettquelle im Mischfutter			
		Rindertalg	Olivenöl	Sojaöl	Leinöl
Gesättigte Fettsäuren	46,0	42,3	37,6	39,0	38,5
Ölsäure	45,7	48,2	51,1	39,6	38,4
Linolsäure	7,1	8,2	9,8	18,4	11,9
Linolensäure	0,6	0,7	0,8	1,8	9,4

Der Tierproduzent hat also den schwierigen Spagat zu bewältigen, einerseits die Produktionsqualität weitgehend nach den Verbrauchervünschen auszurichten (z. B. keine „Massentierhaltung“, Auslauf, geringer Medikamenteneinsatz usw.) und andererseits wettbewerbsfähig, auch mit ausländischen Anbietern, zu produzieren.

Eine umfassende Kontrolle der Futtermittel, wie sie in Deutschland in der Höhe der Länder, aber auch durch verschiedene Organisationen (z. B. DLG, Markenfleischprogramme) erfolgt, ist eine entscheidende Voraussetzung für qualitativ hochwertige Lebensmittel tierischer Herkunft. Vom Tierernährer gestaltete Rationen können nur so gut sein, wie es die verfügbaren Komponenten oder Mischungen zulassen. Diese Feststellung trifft sowohl für den Übergang wertvoller und erwünschter Futterinhaltsstoffe ins Lebensmittel als auch für die Vermeidung des Überganges unerwünschter Substanzen zu. Im Folgenden werden einige Möglichkeiten zur Anreicherung erwünschter Stoffe ins Tierprodukt dargestellt.

den Fettgehalt und das Fettsäurenmuster sowie den Gehalt an fettlöslichen Vitaminen zu. Wenn beispielsweise Fette mit unterschiedlichen Fettsäurenmustern verfüttert werden, so spiegelt sich das in verschiedenen Geweben des Nutztieres wieder. Tabelle 1 macht dies anhand der Zusammensetzung des Rückenspecks vom Schwein deutlich. Die Futterrationen der Tiere enthielten jeweils eines von vier Fetten (Rindertalg, Olivenöl, Sojaöl, Leinöl), die sich im Gehalt an gesättigten Fettsäuren (vor allem C18:0), Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) bzw. Linolensäure (C18:3) unterschieden. Schweine, deren Futter das Linolensäure-reiche Leinöl enthielt, bauten diese mehrfach ungesättigte Fettsäure auch verstärkt in ihr Fettgewebe ein.

Beim Wiederkäuer ist es schwieriger, ungesättigte Fettsäuren wie Linol- und Linolensäure in das Tierprodukt zu transferieren, da die Mikroben im Pansen diese Fettsäuren teilweise oder vollständig sättigen. Untersuchungen in unserem Institut zeigten beispielsweise, dass 10 % Rapssamen im Mischfutter beim Schwein einen signifikanten Anstieg der Linol- und

Linolensäurekonzentration im Rückenspeck bewirken, während beim Rind kein Einfluss besteht. Wenn also die Konzentration der ungesättigten Fettsäuren in Milch und im Fleisch von Wiederkäuern erhöht werden soll, ist es erforderlich, sie vor den Umsetzungen im Pansen zu schützen.

Ein anderes Beispiel: Durch bedarfsübersteigende Gaben an fettlöslichen Vitaminen kann deren Konzentration in Lebensmitteln tierischer Herkunft wesentlich erhöht werden. Tabelle 2 zeigt dies anhand des Vitamin E-Gehalts im Hühnerei. Vitamin E hat als antioxidative

Gehalt durch entsprechende Fütterung erhöhen, wenn auch nicht so stark wie im Hühnerei (Tab. 3). Da bei steigenden Vitamin-Gaben der relative Effekt geringer wird, dürfen hier auch die Kosten für die Maßnahmen nicht außer Acht gelassen werden.

Unerwünschte Inhaltsstoffe

Durch das Futter können auch unerwünschte Stoffe in die Nahrungskette gelangen, die beim Konsumenten erhebliche Verunsicherungen auslösen können.

- Mikrobiologische Belastungen, z. B. Salmonellen, aber auch Mykotoxine als Folge von Pilzbefall;
- Rückstände, z. B. Pflanzenschutzmittel oder Schwermetalle.

Das Thema „Lebensmittelsicherheit“ hat – gerade durch die BSE-Krise – erheblich an Bedeutung gewonnen. Lebensmittelsicherheit ist als ein Teil der Lebensmittelqualität zu sehen und durch das vorhandene und gegebenenfalls zu erweiternde Kontrollsystem abzusichern.

Die Weiterentwicklung der Futter- und Lebensmittelanalytik versetzt die Laboratorien in die erfreuliche Situation, auch die geringsten Spuren unerwünschter Inhaltsstoffe nachweisen zu können. Nicht jede entdeckte Kontamination bedeutet aber gleich eine Gefährdung der Verbraucher. Nachfolgend soll an ausgewählten Beispielen eine Bewertung diskutierter Gefahrensituationen vorgenommen werden.

Dioxin

Die Dioxin-Fälle, die zu erheblichen Verunsicherungen bei den Verbrauchern geführt haben, waren die Folge von Unwissenheit über mögliche Kontaminationsquellen oder – im Falle des Fettes aus Belgien – einer eklatanten Verletzung der futtermittelrechtlichen Vorschriften (Tab. 4).

Das Erkennen möglicher Kontaminationsquellen durch verbesserte Analysetechnik und das Ausschalten dieser Quellen sowie verstärkte Kontrollmaßnahmen wurden bereits vor Jahren als Gegenmaßnahmen eingeleitet. Kriminelle Machenschaften lassen sich dadurch zwar nicht ausschließen, aber zumindest schneller aufspüren.

Bei den in Tabelle 4 erwähnten Dioxin-Fällen wurden die Futtermittel unmittelbar nach Erkennen der Schadstoffbelastung aus der Nahrungskette genommen und entsorgt, so dass der Verbraucher zu keiner Zeit gefährdet war.

Gentechnik

Befürchtungen bestehen auch beim Einsatz von Futtermitteln (z. B. Mais und Maisprodukte, Soja- oder Rapsextrakti-



Tab. 2: Einfluss unterschiedlicher Vitamin E-Gaben an Legehennen auf verschiedene Kriterien im Hühnerei (nach SÜNDER et al., 2000).

Kriterien	Vitamin E-Zulage (mg/kg Mischfutter)		
	0 ¹⁾	100	1000
Vitamin E-Gehalt (mg/100 g Eigelb)	7	26	144
(mg/100 g Ei)	1,1	3,7	21
Vitamin E-Transfer Futter → Ei (in % der Vitamin E-Aufnahme)	37	23	16
Oxidative Stabilität des Fettes (h, nach Rancimat-Test)	1,5	2,7	5,8

1) Vitamin E-Gehalt im Kontrollfutter ca. 20 mg/kg

Tab. 3: Einfluss zusätzlicher Vitamin E-Gaben auf den Vitamin E-Gehalt und -Transfer in Lebensmitteln tierischer Herkunft

Lebensmittel tierischer Herkunft	Vitamin E-Versorgung, mg/kg T bzw. Zulage	Vitamin E-Gehalt im Lebensmittel, mg/l bzw. je kg	Transfer der zusätzlichen Vitamin E-Gabe, %
Kuhmilch	50	0,2	-
	+ 1 g/Tag	0,8	1,2
	+ 3 g/Tag	2,0	0,5
Rindfleisch	40	2,0	-
	+ 1 g/Tag	4,0	0,2
Schweinefleisch	20	2,5	-
	+ 0,1 g/kg Mischfutter	5,0	0,6
Geflügelfleisch	20	2,0	-
	+ 0,1 g/kg Mischfutter	6,0	2,0
Eier	20	20	-
	+ 0,1 g/kg Mischfutter	70	25

Substanz erstrangige Bedeutung für die Humanernährung. Interessanterweise nimmt der Übergang in das Ei mit steigenden Vitamin-Gaben relativ gesehen ab: Will man beispielsweise den Vitamin E-Gehalt im Eigelb von 26 mg/100g auf 130 mg/100g verfünffachen, so muss man die Vitamin-Zulage fast verzehnfachen.

Auch in anderen Lebensmitteln tierischer Herkunft lässt sich der Vitamin E-

bindung mit Lebensmitteln tierischer Herkunft diskutiert:

- Übertragung von BSE (Creutzfeldt-Jacob-Krankheit);
- Gefährdung durch Dioxin und andere organische Halogenverbindungen (z. B. PCB);
- Folgen des Einsatzes von gentechnisch veränderten Futtermitteln;
- Hormoneinsatz (in der EU verboten);
- Spezielle Zusatzstoffe wie Antibiotika;



onsschrot) aus gentechnisch veränderten Pflanzen. In umfangreichen eigenen Untersuchungen haben wir transgene Futterpflanzen mit isogenen – also nicht gentechnisch veränderten – Pflanzen verglichen. Dabei konnten wir weder einen Einfluss auf die Leistung der Tiere noch auf die Qualität von Milch, Fleisch und Eiern feststellen. Diese Futtermittel können als substanziiell gleichwertig bezeichnet werden. Im ForschungsReport 1/2000 ist über diese Thematik genauer berichtet worden.

Gerade durch die Gentechnik verfügt die Pflanzenzüchtung über ein Instrument, den Gehalt an unerwünschten Inhaltsstoffen in Futtermitteln zu reduzieren. Gegen den Maiszünsler resistenter Mais (Bt-Mais) wird beispielsweise in geringerem Ausmaß von Fusarien befallen, da der Pilz vor allem über Verletzungen, wie sie die Bohrlöcher der Larven darstellen, in die Maispflanze eindringt. Entsprechende Untersuchungen haben bestätigt, dass bei Bt-Mais eine verminderter Kontamination mit Pilzgiften zu erwarten ist (s. Tab. 5).

Antibiotika

Antibiotika werden in der Tierernährung als Zusatzstoffe mit dem Ziel eingesetzt, Futterinhaltsstoffe effektiver in Tierprodukte umzusetzen und somit zu geringeren Ausscheidungen (Umweltbelastung) je Tierprodukt zu kommen.

Ohne eindeutige Belege zum Einfluss der als Futterzusatzstoffe eingesetzten Antibiotika auf das erhöhte Resistenzgeschehen beim Menschen zu haben, wurden aus Gründen eines vorbeugenden Verbraucherschutzes zum 30. Juli 1999 vier Substanzen vom EU-Markt genommen. Somit dürfen gegenwärtig nur noch vier Antibiotika als Futterzusatzstoffe eingesetzt werden. Der Anteil der

in der Tierernährung in der EU eingesetzten Mengen an Antibiotika dürfte sich dadurch von etwa 15 % auf deutlich unter 10 % der Gesamtmenge an verabreichten Antibiotika vermindert haben. 90 % aller Antibiotika werden in der Human- und Veterinärmedizin eingesetzt.

Tab. 4: Weltweite Dioxin-Fälle seit 1997 und ihre Ursachen (nach MALISCH, 2000).

Dioxin-Fall	Ursachen	Bemerkungen/Beseitigung der Quellen
Zitrus-Trester aus Brasilien (1998)	Verwendung von dioxinhaltigem Kalk zur Neutralisation der Orangenschalen	Verzicht auf kontaminierten Kalk
Kaolinit aus dem Westerwald (1999)	Dioxinbildung während geologischer Prozesse	Analoge Dioxinmuster in Kaoliniten wurden im Mississippi-Becken und an der Ostküste von Australien gefunden
Fett aus Belgien (1999)	PCB-haltiges Transformatoröl gelangte in Fette, die als Futtermittel genutzt wurden	Beseitigung dieser Kontaminationsquelle
Trockengrün aus Brandenburg (1999)	Nutzung von kontaminiertem Abfallholz zur Trocknung von Grünfutter	Keine Verwendung von Abfallholz zur Grünfuttertrocknung

Mykotoxine und weitere unerwünschte Inhaltsstoffe

Die Belastung von Futter- und Lebensmitteln mit Pilzgiften (Mykotoxinen) ist in den letzten Jahren durch verschiedene Einflussfaktoren (z. B. pfluglose Bodenbearbeitung, veränderte Fruchtfolge) tendenziell angestiegen. Pflanzenzüchter, Futtererzeuger und Tierernährer bemühen sich um die Verminderung des Mykotoxingehaltes in Lebens- und Futtermitteln. Über Risikofaktoren und Vermeidungsstrategien wurde umfassend im ForschungsReport 2/1999 und im Sonderheft 216/2000 der Landbauforschung Völknerode berichtet. Für Deoxynivalenol und Zearalenon als wichtigste einheimische Fusarientoxine wurden kürzlich vom Bundeslandwirtschaftsministerium (BML) Orientierungswerte herausgegeben, die im Futter nicht überschritten werden sollten.

Die Rückstände von Pflanzenschutzmitteln und Schwermetallen in den Futtermitteln bzw. Lebensmitteln tierischer Herkunft waren – das belegen sowohl die Ergebnisse der amtlichen Futtermittelüberwachung als auch der Ernährungsbe-

richt – in den zurückliegenden Jahren auf einem so niedrigem Niveau, dass hier nicht näher darauf eingegangen werden soll.

Schlussfolgerungen

Durch die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Futtermittel, gezielte Fütterungsmaßnahmen und ein umfassendes Kontroll- und Überwachungssystem werden die Voraussetzungen geschaffen, hochwertige Lebensmittel tierischer Herkunft zu erzeugen.

Neben umfangreichen Kontrollmaßnahmen bestehen noch weitere Programme (z. B. Markenfleischprogramme), um Risiken weiter zu minimieren und den Wünschen und Vorstellungen verschiedener Verbrauchergruppen gerecht zu werden. Darüber hinaus verfügt die Tierernährung über verschiedene Möglichkeiten, Inhaltsstoffe und Qualität von Lebensmitteln tierischer Herkunft in vom Verbraucher gewünschtem Sinn zu beeinflussen. Allerdings werden die vielfältigen Maßnahmen der Produzenten momentan nur in den seltensten Fällen finanziell honoriert.

Trotz mancher negativer Berichte in der Presse lässt sich aus wissenschaftlicher Sicht sagen, dass in Deutschland die gesetzlichen Sicherheitsstandards für Lebensmittel tierischer Herkunft insgesamt noch nie so hoch waren wie gegenwärtig. ■

Prof. Dr. Gerhard Flachowsky, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Tab. 5: Gesamt-Fumonisin-Konzentration (µg/g; 1995: nur Fumonisin B1) in Körnern von isogenem und transgenem Mais (Bt-Mais; MUNKVOLD et al., 1999).

Maishybride	Erntejahre		
	1995	1996	1997
Isogen	8,8	7,0 (3,0 – 12,2)	16,5 (10,7 – 24,0)
Transgen (Bt)	4,8	1,7 (1,5 – 1,9)	2,1 (1,6 – 3,1)

Zum Carry-over Verhalten von Toxaphen

Fütterungsversuche mit landwirtschaftlichen Nutztieren

Karl-Heinz Schwind (Kulmbach)

Toxaphen gehört zur Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe. Von dem breit wirksamen Insektizid wurden bis zu seinem Verbot in den USA und vielen europäischen Ländern weit mehr als 550.000 Tonnen produziert. Aufgrund seiner Langlebigkeit (Persistenz) und relativ hohen Wasserlöslichkeit hat sich die Substanz weltweit verteilt. Obwohl Toxaphen nie gezielt in aquatische Systeme ausgebracht wurde, sind in Fischen – abhängig vom Fanggebiet – Toxaphenrückstände in unterschiedlichen Höhen gefunden worden. Über die Belastung von landwirtschaftlichen Nutztieren und den von ihnen stammenden Lebensmitteln ist hingegen wenig bekannt. Daher führt die Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF) so genannte Carry-over Versuche durch, mit denen sich der Übergang von Toxaphen aus dem Futter in den Tierkörper und die daraus erzeugten Lebensmittel ermitteln lässt. Die Ergebnisse werden benötigt, um Höchstwerte für Toxaphen in Futtermitteln und vom Tier stammenden Lebensmitteln fundiert ableiten zu können.

Verbreitung im Ökosystem

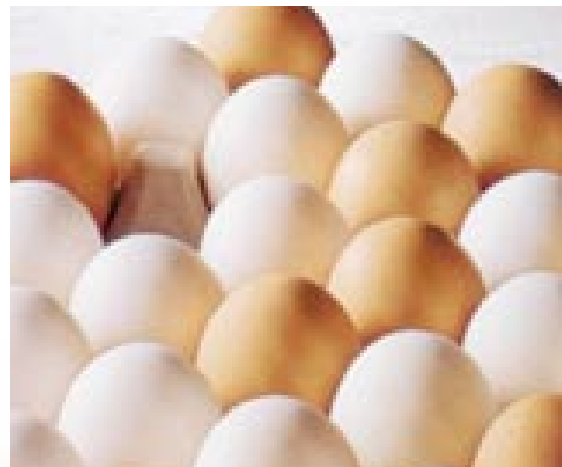
Toxaphen – einer der Handelsnamen für ein hochwirksames Insektizid aus Chlor und Camphen – ist vermehrt in den Blickpunkt des Interesses gerückt, weil im Lebensmittel Fisch und in Futtermittelkomponenten wie Fischöl und Fischmehl Rückstände aufgetreten sind. Als Organochlorverbindung reichert es sich im Fettgewebe von Lebewesen und damit in der Nahrungskette an. Über die toxikolo-

gischen Auswirkungen solcher Rückstände ist allerdings nur sehr wenig bekannt.

Chemisch gesehen stellt „chloriertes Camphen“ keine klar definierte Einzelverbindung dar. Hinter Reaktionsprodukten mit den Handelsnamen „Toxaphen“, „Camphechlor“, „Melipax“ oder „Stroban“ verbirgt sich ein komplexes Gemisch aus einer Vielzahl chlorierter tricyclischer Kohlenwasserstoffe. Die Zahl der im Gemisch enthaltenen Einzelverbindungen

(so genannte Kongenere) schwankt zwischen 200 und 600.

Der weltweite Einsatz von Toxaphen wurde zu Beginn der 80er-Jahre durch ein Produktions- und Anwendungsverbot in den USA und vielen Ländern der westlichen Welt stark eingeschränkt. Dennoch ist davon auszugehen, dass das Insektizid in einigen wenigen Ländern immer noch produziert und verwendet wird. Allein in



den USA wurden zwischen 1947 und 1982 insgesamt etwa 500.000 Tonnen hergestellt. Die ehemalige DDR produzierte bis 1990 etwa 50.000 Tonnen. Während diese Zahlen relativ gut dokumentiert sind, lässt sich die gesamte Weltproduktion aufgrund nicht festgehaltener Produktionszahlen nur sehr schwer abschätzen.

Das Haupteinsatzgebiet von Toxaphen und seinen analogen Produkten lag überwiegend in der Bekämpfung von Schadinsekten im Baumwollanbau. Daneben wurde der Wirkstoff auch zur Insektenbekämpfung in Gemüse- und Obstplantagen, im Forstschutz sowie zur Parasitenbekämpfung bei Nutz- und Haustieren eingesetzt. Das Produkt „Melipax“ fand in der ehemaligen DDR aufgrund seiner geringen Bienentoxizität verbreitete Anwendung im Rapsanbau und war auch im Forstschutz sehr beliebt.

Eine für Organochlorverbindungen relativ hohe Wasserlöslichkeit und ein ausgeprägter Langstreckentransport durch die Luft haben bis zum heutigen Tag zu einer globalen Verteilung des Insektizids im maritim-aquatischen System unseres Planeten geführt.

Handlungsbedarf

Toxaphen wird in einigen Teilen der Welt immer noch ausgebracht. Daher besteht die Gefahr, dass es über kontaminierte Tierfuttermittel(komponenten) wie Fischöl, Fischmehl oder Ölsaaten in die menschliche Nahrungskette gelangt. Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung, wissenschaftlich fundierte, tolerierbare Höchstgehalte für Toxaphen in Futtermittel(komponenten) auch für landwirtschaftliche Nutztiere abzuleiten. Hierzu ist die Durchführung von so genannten Carry-over Versuchen unumgänglich. Im Verlauf dieser Versuche erhalten Nutztiere mit dem Futter kleine definierte Mengen von Toxaphen (meist im unteren ppm-Bereich), um das Anreicherungsverhalten, daraus resultierende Gewebekonzentrationen und biologische Halbwertszeiten (die Zeit, in der sich ein Stoff nach einmaliger Aufnahme infolge des Abbaus im Tierkörper um die Hälfte reduziert) im Tierkörper zu definieren. Aus den Daten lassen sich Höchstwerte für Futtermittel ableiten, um die in der Rückstandshöchstmengen-Verordnung vorgeschriebenen Höchstmengen in Lebensmitteln zuverlässig einhalten zu können.

In den letzten Jahren wurden deutliche Fortschritte in der analytischen Bestimmung von Toxaphen erzielt. Außerdem sind mittlerweile 22 definierte Einzelverbindungen kommerziell verfügbar. Daher hat seit 1995 die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Analyseergebnisse für Toxaphen in Umweltproben ganz erheblich zugenommen.

Der Übergang von Toxaphen in Hühner und Hühnereier

Bislang waren keine auf Toxaphen-Einzelverbindungen (Kongenere) basierende Untersuchungen zum Übergang (Carry-over) von Toxaphen in landwirtschaftliche Nutztiere wie Hühner, Schweine, Rinder und Schafe bekannt. Daher wurden 1996 vom Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF) in Kulmbach und dem Institut für Kleintierforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Celle erste Untersuchungen zum Carry-over von Toxaphen aus Futtermitteln in Hühner und deren Eier durchgeführt.

Für den Versuch wurden 89 Legehennen in 5 Versuchsgruppen eingesetzt. Die Zugaben an technischem Toxaphen betrugen 0, 0,1, 0,5, 1 und 5 mg pro kg luftgetrocknetem Futter. Die Fütterung erfolgte über einen Zeitraum von 38 Wochen. Dabei wurden Kot, Eier, Leber, Niere, Fleisch, Fett und Blut untersucht. Zur Untersuchung des Abklingverhaltens von Toxaphen in den Legehühnern bekamen die Tiere der höchstdosierten Gruppe nach den Versuchswochen weitere 17 Wochen lang nur noch unkontaminiertes Futter. Die Proben wurden zur besseren Absicherung der Analyseergebnisse nach zwei voneinander unabhängigen und unterschiedlichen Bestimmungsverfahren auf ihren Toxaphengehalt untersucht.

Anreicherung

Erwartungsgemäß wurde festgestellt, dass sich die Toxaphen-Kongenere im Fett der Gewebe anreichern. Die Kongenere mit der Parlar-Nr. 26, 42, 44, 50, 58 und 62 besitzen von allen 22 untersuchten

Tab. 1: Carry-over Faktoren einzelner Toxaphen-Kongeneren für Legehühner (bezogen auf das Frischgewicht)

		Carry-over – Faktoren					
		Parlar Nr. 26 (C ₁₀ H ₁₀ Cl ₈)	Parlar Nr. 42 (C ₁₀ H ₁₀ Cl ₈)	Parlar Nr. 44 (C ₁₀ H ₁₀ Cl ₈)	Parlar Nr. 50 (C ₁₀ H ₉ Cl ₉)	Parlar Nr. 58 (C ₁₀ H ₉ Cl ₉)	Parlar Nr. 62 (C ₁₀ H ₉ Cl ₉)
vom Futter >	Fett- gewebe	11	8	12	14	10	8
	Muskel- gewebe	0,3 - 0,7*	0,2 - 0,4*	0,2 - 0,6*	0,3 - 0,7*	0,2 - 0,5*	0,2 - 0,5*
	Eidotter	2,2	1,4	2,1	2,6	1,6	1,6

*: Aufgrund des abnehmenden Fettgehalts im Muskelfleisch mit zunehmender Versuchsdauer (vermutlich hervorgerufen durch die hohe Legeleistung) stellt der größere Zahlenwert den Carry-over Faktor im Sinne einer „worst-case“-Betrachtung dar.

Einzelverbindungen das größte Anreicherungspotenzial. Die Akkumulation erfolgt im Fettgewebe der Hühner – in Abhängigkeit vom jeweiligen Kongener – mit Faktoren von 8 bis 14 und liegt damit in einem ähnlichen Bereich wie die von PCB-Verbindungen (Tab. 1). Im Eidotter bewegen sich die Carry-over Faktoren zwischen 1,4 und 2,6. Im Fleisch der Tiere sind sie für alle Kongener kleiner als 1, was bedeutet, dass hier keine Anreicherung stattfindet.

Da die Toxaphen-Kongener in Tiergeweben unterschiedlich stark akkumulieren, ist es sinnvoll, künftig einzelne Indikator-Kongener zu verwenden, um den Toxaphengehalt in Hühnern und Eiern, aber auch in Futtermitteln zu bestimmen. Untersucht werden sollten hier auf jeden Fall die Kongener mit den Parlar-Nummern 26, 44, 50, 58 und 62, die sich besonders stark anreichern.

Biologische Halbwertszeit

Für die untersuchten Kongener wurden im Carry-over Versuch mit den Legehühnern biologische Halbwertszeiten ermittelt, mit denen die Verweildauer dieser Stoffe im Tierkörper vorhergesagt werden kann. Bei den anreicherungsfähigsten Kongeneren schwanken die Halbwertszeiten im Fettgewebe zwischen 25 und 42 Tagen. Im Fleisch sind die Wer-

te nach 15 bis 22 Tagen um die Hälfte niedriger.

Verbleib

Von den untersuchten Toxaphen-Kongeneren verbleiben nach der Aufnahme etwa 5–10 % im Tierkörper. Nur 2–4 % der aufgenommenen Mengen sind im Kot unmetabolisiert nachweisbar. Etwa 22–37 % werden über die Eier wieder eliminiert.

Höchstmengen

Unter der Annahme, dass pro Toxaphen-Kongener eine Gewebekonzentration von 100 µg/kg (bezogen auf Gewebe-Frischmasse) toleriert werden kann, wurden entsprechende Futtermittel-Höchstwerte errechnet. Sie liegen (unter Einrechnung eines Sicherheitsfaktors von 10) für die Kongener 26, 44, 50, 58 und 62 bei 1 µg/kg luftgetrocknetem Futtermittel, für Kongener 42 bei 2 µg/kg.

Weitere Carry-over Versuche

Die mit Hühnern erzielten Ergebnisse lassen sich nicht ohne weiteres auch auf Säugetiere wie Schweine und Rinder übertragen. Deshalb ist es zwingend erforderlich, entsprechende Carry-over Versuche auch mit diesen Tiergruppen durchzuführen.

Derzeit läuft an der BAFF gerade ein Carry-over Versuch mit Schweinen an. Neben histologischen Untersuchungen soll beobachtet werden, ob sich durch die Toxaphen-Gaben pathologische Auffälligkeiten oder Anomalien in Geweben und Organen zeigen. Darüber hinaus ist vorgesehen, die Anreicherungsfaktoren von

22 Toxaphen-Kongeneren in den Geweben Muskel, Nierenfett, Rückenfett, Leber und Niere zu ermitteln.

Erst wenn diese Ergebnisse vorliegen wird man in der Lage sein, genauere Aussagen zum Anreicherungsverhalten von Toxaphen in Schweinen zu machen. Die Daten dienen ferner als Grundlage, um tolerierbare Toxaphen-Höchstgehalte in Schweinefuttermitteln abzuleiten.

Wünschenswert sind in einem weiteren Schritt auch entsprechende Versuche mit Rindern. Hierbei ist es von besonderem Interesse, den Übergang von Toxaphen aus dem Futter in die Milch quantitativ zu erfassen.

Ausblick

Toxaphen wird nur noch in wenigen Ländern eingesetzt. Aber Futtermittel werden aus Kostengründen nicht mehr nur in heimischen Märkten, sondern zunehmend auf dem Weltmarkt eingekauft, wo sehr starker Wettbewerbsdruck und unterschiedliche Qualitätsmaßstäbe herrschen. Aus diesem Grund können vermehrt „Unfälle durch Kontaminanten“ auftreten. Dies erfordert eine Kenntnis der Analytik und des Carry-over Verhaltens der Stoffe. Falls eine „Unfallsituation“ eingetreten ist, liefern die Ergebnisse aus gut durchdachten Carry-over Versuchen eine verlässliche, wissenschaftlich fundierte Basis für Risikoerfassung, -bewertung und -management. ■

Dr. Karl-Heinz Schwind, Bundesanstalt für Fleischforschung, Institut für Chemie und Physik, E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326 Kulmbach

Dioxine in Lebensmitteln

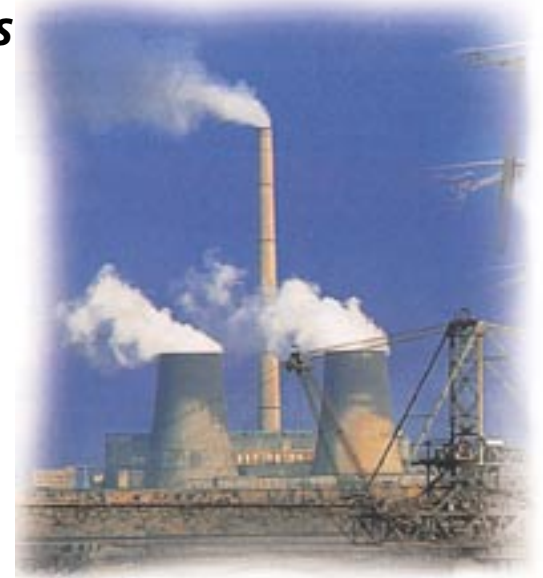
Abschätzung und Steuerung des Risikos für den Verbraucher

Albrecht Blüthgen, Ulrike Ruoff und Paul Teufel (Kiel)

Dioxine gehören zu den giftigsten chlororganischen Verbindungen. Durch ihre gute Fettlöslichkeit und ihre Langlebigkeit reichern sie sich in der Nahrungskette an. Nach heutiger Kenntnis nimmt der Mensch diese hochpersistenten Substanzen fast ausschließlich über die Nahrung auf. Mit Dioxinen belastete Lebensmittel können daher für die Verbraucher ein gesundheitliches Risiko darstellen. Die alleinige Einführung von Höchstmengenregelungen in Lebens- und Futtermitteln kann den Schutz der Verbraucher nicht gewährleisten, da sie ohne Auswirkung auf die emittierende Quelle bleibt. Wirksamer sind konzentrierte Maßnahmen im Vorfeld, besonders die Immissionschutz-Gesetzgebung. Durch sie konnte der Ausstoß an Dioxinen in den letzten 10 Jahren deutlich gesenkt werden, wodurch sich auch das Problem der Dioxin-Exposition über die Nahrung entspannte. So haben die seit 1995 durchgeführten Dioxinuntersuchungen der im Forschungsverbund „Produkt- und Ernährungsforschung“ zusammengeschlossenen Bundesforschungsanstalten gezeigt, dass sich die Dioxinzufuhr für die Bevölkerung über die Nahrung in dieser Zeit halbiert hat. Sie liegt damit deutlich unter der nach dem Vorsorgeprinzip aufgestellten Zielvorgabe.

Unter dem Begriff „Dioxine“ versteht der Chemiker ein Stoffgemisch aus bestimmten chlorierten aromatischen Kohlenstoffverbindungen, den polychlorierten Dibenzopara-dioxinen und -furanen (PCDD/PCDF). Sie entstehen bei Verbrennungsprozessen und können in Spuren nahezu überall gefunden werden. Es existieren 210 definierte Substanzen (Isomere), die allerdings nicht alle hochgiftig sind. 10 PCDF- und 7 PCDD-Verbindungen sind toxikologisch/pharmakologisch wirksam. Ihre Wirkung im vielzelligen Organismus ist sehr ähnlich, aber unterschiedlich intensiv. Nach Gewichtung durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) unterscheiden sie sich mindestens um den Faktor 10.000. Um der unterschiedlichen Wirkung

der Isomere gerecht zu werden, hat man international abgestimmte Toxizitäts-Äquivalenzfaktoren (iTE) eingeführt. Die Ergebnisse von Untersuchungen werden deshalb oft in Pikogramm (pg) iTE pro Tag angegeben (1 pg ist ein Milliardstel Milligramm).



Gemeinsam ist allen 17 PCDD/F die hohe Fettlöslichkeit und Abbauresistenz, was eine starke Anreicherung in den Nahrungspyramiden bedingt und bei Konzepten der Lebensmittelsicherheit berücksichtigt werden muss. Das Schädigungspotenzial der PCDD/F schließt Krebserkrankungen ein, so dass sowohl die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) als auch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) Dioxine als krebserregend für den Menschen bzw. als krebserregende Arbeitsstoffe eingestuft haben. Damit sind diese Umweltkontaminanten in die höchste Gefahrstoffklasse eingereiht.

Dioxine entstehen bei Verbrennungsprozessen und können in Spuren nahezu überall gefunden werden

Dioxine verursachen gewebeübergreifende Schäden. Für Entscheidungen des gesundheitlichen Verbraucherschutzes sind die Langzeitwirkungen aus der chronischen Exposition maßgeblich. Unter Einbeziehung von Sicherheitsfaktoren lassen sich aus Tiermodellen die duldbaren Tagesdosen für den Menschen (TDI-Wert; Tolerable Daily Intake) ableiten. Bei der Ableitung der für den Menschen als annehmbar angenommenen Dioxinzufuhr aus der Grenzdosis im

Tierversuch wird normalerweise ein Sicherheitsfaktor von 100, gegebenenfalls aber auch 500 oder 1000 angesetzt.

Wege der Exposition

Die TDI-Definition beinhaltet die Zufuhr aus allen wichtigen Quellen, also neben der Nahrung auch Atemluft und Hautkontakt. Aus Studien zur Exposition der Bevölkerung ergibt sich allerdings, dass etwa 95 % der Dioxin-Aufnahme aus der Nahrung stammen, lediglich 5 % kommen aus anderen Quellen.

Dioxine verteilen sich nach dem Freiwerden aus der Emissionsquelle in der Luft, werden dabei verdünnt und schla-

der Oberfläche lagernden Dioxine entfernt werden.

Wie hoch ist die Belastung?

Der Nachweis und die Analytik von Dioxinen ist außerordentlich aufwändig. In Deutschland besitzen nur relativ wenige Labore die notwendige Kapazität und das Know-how. Das mag erklären, dass umfassende und einen längeren Zeitraum abdeckende Untersuchungen zur Dioxin-Belastung bislang nicht vorlagen.

Die im Forschungsverbund Produkt- und Ernährungsforschung zusammen-

geschlossenen Bundesforschungsanstalten haben es sich zur Aufgabe gemacht zu ermitteln, wie sich die Dioxin-Exposition der Bevölkerung durch den Verzehr von Lebensmitteln im Laufe der letzten sechs Jahre (beginnend 1995) entwickelt hat. Das Institut für Hygiene und Produktsicherheit der Bundesanstalt für Milchforschung (BAfM) in Kiel war dabei für die Analytik und die Probenahme für Milchfett (Butter) verantwortlich, die Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF), die Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) sowie die Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE) übernahmen die jeweiligen produktspezifischen Probenahmen. Das erforderliche Kontingent der Getreide- und Back-

waren sowie pflanzlicher Fette und Öle wird zum Abschluss des Programms von der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGKF) beprobt. Bisher wurden rund 900 Proben untersucht (je ca. 200 Proben Butter, Fleisch/Fleischwaren, Fisch/Fischerzeugnisse; 300 Proben Tankwagensammelmilch).

Die Abbildung 1 zeigt auf der linken Seite, wie sich die Gesamt-Dioxinbelastung der Bevölkerung prozentual aufgliedert. 95 % stammen aus dem Ver-

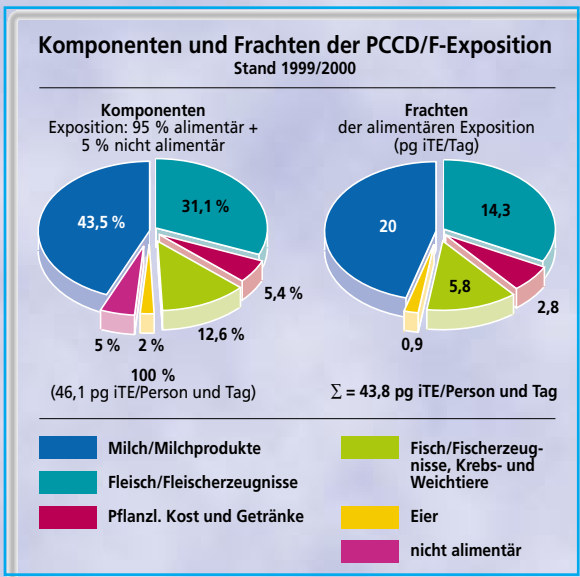


Abb. 1: Komponenten und Frachten der PCDD/F-Exposition (Stand 1999/2000)

gen sich auf Oberflächen nieder. Handelt es sich dabei um Oberflächen von Pflanzen, die zum menschlichen Verzehr oder als Futterpflanzen angebaut werden, können sie in die Nahrungsketten gelangen und sich im Fett der vom Tier stammenden Lebensmittel (und der Frauenmilch) anreichern. Hieraus wird klar, dass die fetthaltigen Erzeugnisse der tierischen Produktion die Hauptträger der Dioxin-Exposition des Menschen sind. Pflanzliche Lebensmittel liefern nur sehr geringe Beiträge, da sie fast immer gewaschen oder geschält werden, wodurch die auf

der Oberfläche lagernden Dioxine entfernt werden.

Der durchschnittliche Bundesbürger nimmt demnach pro Tag 46,1 pg iTE an Dioxinen auf, davon 43,8 pg (= 95 %) mit der Nahrung. Deutlich wird die Rolle des Milchfettes bei der Zufuhr. Der hohe Anteil der durch Milchfett aufgenommenen Fracht liegt darin begründet, dass wir mit diesem Lebensmittel bei einem durchschnittlichen Verzehr von 40 g pro Tag die Hälfte der vom Tier stammenden Fette zu uns nehmen. Betracht-



tet man die absoluten Dioxingehalte der einzelnen Lebensmittel, so weist der Fettanteil der Fische die höchsten Werte auf.

Insgesamt liegt die alimentäre Zufuhr toxischer Dioxin-Äquivalente deutlich unter 50 pg iTE pro Bundesbürger und Tag oder weniger als 0,7 pg pro kg Körpergewicht und Tag beim Erwachsenen.

Das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) nennt für Dioxine einen „Zielwert“ der täglichen Aufnahmemenge von einem Pikogramm je Kilogramm Körpergewicht. Dieser Zielwert ergibt sich aus der nicht mehr wirksamen Dosis im Tierversuch, geteilt durch den Sicherheitsfaktor 100. Im Ergebnis sind das 10 pg/kg Körpergewicht und Tag. Aus Vorsorgegründen und um Anstrengungen zur Verbesserung der damaligen Ist-Situation von rund 2 pg/kg Körpergewicht und Tag zu begründen, wurde 1990 der Ziel-

wert für die gesundheitliche Vorsorge auf 1 pg iTE/kg Körpergewicht und Tag abgesenkt. Unsere Untersuchung hat gezeigt, dass dieser Zielwert nur zu rund zwei Dritteln ausgeschöpft wird.

Möglichkeiten der Risikominimierung

Vorfeldmaßnahmen

Die Produktion sicherer Lebensmittel setzt voraus, dass anthropogene Schadstofffrachten so gering wie möglich gehalten werden. Dies gilt umso mehr für die Dioxine, die auf Grund ihrer Persistenz und Akkumulation in der Kette Boden/Luft/Wasser → Futterpflanze → tierisches Lebensmittel eine Aufkonzentrierung erfahren. Die seit 1990 vor dem Hintergrund des Minimierungsgebotes für PCDD/F beschlossenen Teile der Umweltgesetzgebung bündeln die Vorfeldmaßnahmen und haben zu einer überaus effizienten Emissions- und Depositionsminderung geführt, so dass sich im Ablauf von jeweils 5 Jahren die PCDD/F-Gehalte in Lebensmitteln (v. a. Milch) halbiert haben (Tab. 1).

Überwachung

Die Überwachung der Dioxingehalte in der Nahrungsgüterproduktionskette durch die Länderbehörden schafft eine Datengrundlage für etwaige Maßnahmen des Gesetzgebers. Um belastbare Daten zu erhalten, ist bei der Überwachung eine problemangepasste und nach Mindeststandards durchzuführende Analytik einzusetzen. Wegen der Bedeutung der vom Tier stammenden Lebensmittel und vor dem Hintergrund der kürzlichen Dioxin-Kalamitäten im

Zusammenhang mit kontaminierten Futtermitteln (brasilianische Zitrustreter, belastete Futterfette aus Belgien, Kaoliniton) erscheint eine besonders sorgfältige Überwachung des Futtermittelsektors als Instrument der Früherkennung vorrangig.

Gesetzgeberische Maßnahmen

Wenn man die Dioxinbelastung in Nahrungsmitteln langfristig reduzieren will, ist die „klassische“ Höchstmengenregelung nicht das Mittel der ersten Wahl. Denn bei Umweltkontaminanten besteht keine Rückkopplung zwischen dem Höchstmengenvollzug (im Sinne des Ausdem-Verkehr-Ziehens bei Überschreitung) und der Steuerung des Eintrags in das Le-

Tab. 1: Zufuhr polychlorierter Dibenzodioxine und -furane über die Nahrung in Deutschland (pg iTE/Tag, 1992 bis 2000)

Lebensmittelgruppe	Zeitraum				
	bis 1992	1993/95	1997	1998	1999/2000
Milch und Milcherzeugnisse	41,7	22,1	24,0	20,0	20,0
Fleisch und Fleischwaren	39,0*	38,3	14,3	14,3	14,3
Fisch und Fischerzeugnisse	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
Getränke und Fertiggerichte	0,9				
Gesamt:	127,3	79,7	63,2	44,2	43,8
pg iTE/kg Körpergewicht (Erwachsener, 70 kg):	1,8	1,1	0,9	0,6	0,6

* einschließlich des PCDD/F-Gehaltes in Eiern

bensmittel. Sinnvoller ist es, wenn sich der Gesetzgeber auf das Vorfeld – also die Emission und Verbreitung von Dioxinen – konzentriert. Hervorzuheben sind hier Gesetze und Verordnungen zum Immissions- und Bodenschutz sowie zur Abfall- und Kreislaufwirtschaft.

Aus Sicht der Wissenschaft sind daher nicht justiziable Höchstmengen, sondern Richt- und Eingriffswerte mit dem Ziel einer erfolgreichen Quellenortung einschließlich der weitgehenden Drosselung des Dioxineintrags in Ökosysteme geeignet, die Dioxinbelastung in den Nahrungsnetzen zu minimieren. Hierin liegt ein wirksames Instrument des Verbraucherschutzes. ■

Dr. Albrecht Blüthgen, Dr. Ulrike Ruoff und Dir. u. Prof. Dr. Paul Teufel, Bundesanstalt für Milchforschung, Institut für Hygiene und Produktsicherheit, Postfach 6069, 24121 Kiel

Die Radioaktivität in Fischen und anderen Meerestieren der Nordsee wird wesentlich durch die Einleitungen der Wiederaufarbeitungsanlagen in Sellafield (England) und La Hague (Frankreich) sowie – in geringerem Maße – in Dounreay (Nordschottland) bestimmt. Durch Änderungen der Ableitungsgenehmigung darf die Anlage in Sellafield seit 1994 bestimmte Radionuklide (^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{99}Tc und ^{129}I) in größeren Mengen in das Wasser ableiten. Dagegen wurden insbesondere für Alpha-Strahler (Isotope des Plutonium und Americium) die Genehmigungswerte reduziert. Jetzt ist es an der Zeit, näher zu untersuchen, wie sich die Radioaktivität in den Meerestieren der Nordsee und damit die Strahlenexposition des Menschen in den Jahren nach 1994 tatsächlich entwickelt hat.

Grundlagen

Da unser Institut im Rahmen der internationalen Arbeitsteilung für die Radioaktivität in den Meerestieren der Nordsee zuständig ist, stellen wir im Folgenden die Situation in diesem Seegebiet dar. Auf die besonderen Verhältnisse in der Irischen See und auf Prognosen einer früheren Studie unseres Institutes zu maximal möglichen Auswirkungen der neuen Sellafield-Genehmigung wird am Ende des Beitrags eingegangen.

Um auf direktem Wege zu ermitteln, welcher Strahlenmenge der Verbraucher durch den Verzehr von Seefisch, Muscheln und Krebsen ausgesetzt (exponiert) ist, müsste großräumig gemessen werden, wie hoch die Konzentrationen der Radionuklide in den entsprechenden Tieren sind. Solche Untersuchungen sind jedoch wegen des hohen Laborkaufwandes nicht machbar. Über den Umweg von Modellen, die angeben, wie sich die radioaktiven Elemente in den untersuchten Seegebieten verteilen, kann eine Abschätzung dennoch vorge-



Radioaktivität

Welcher Strahlung ist Meerestieren ausgesetzt?

Günter Kanisch (Hamburg)

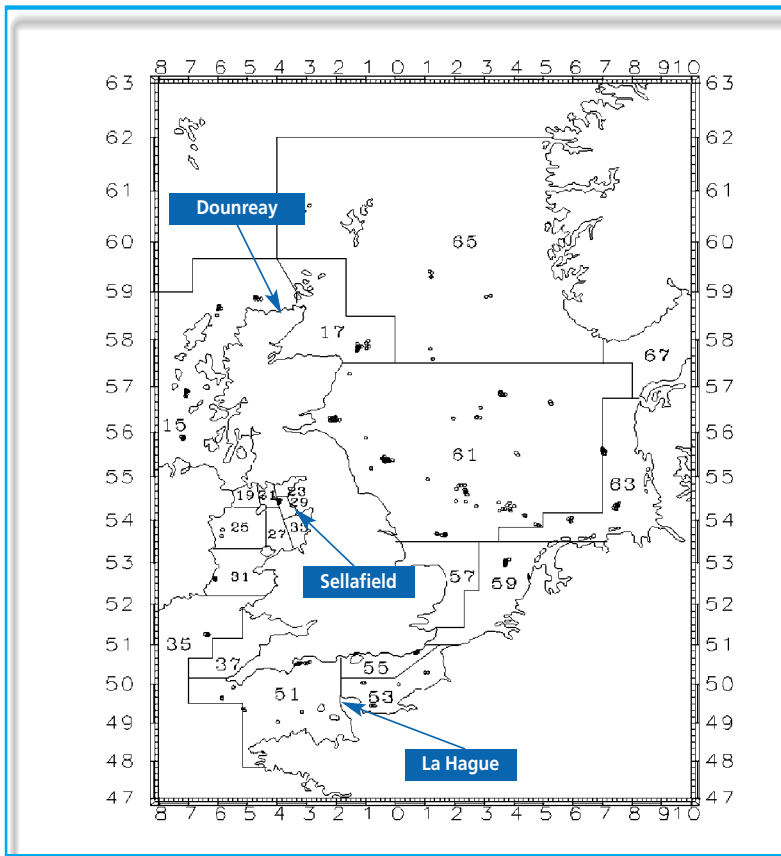


Abb. 1: Einteilung des betrachteten Meeresgebietes in Modellboxen; Probenstationen sowie die Lage der Wiederaufarbeitungsanlagen sind eingezeichnet.

nommen werden. Diesen Weg hat unsere Arbeitsgruppe am Institut für Fischereioökologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) beschritten.

Es wurde ein Rechenmodell verwendet, das den Transport von Radionukliden im Wasser der betrachteten Meeresregion (Nordsee und angrenzende Seegebiete) simuliert. Dafür passten wir ein der Fachliteratur entnommenes Modell an die Erfordernisse unserer Untersuchung an. Das Modell beschreibt den Transport von Radionukliden in 46 so genannten 'Wasserboxen' des Nordost-Atlantiks. Bei diesen Boxen handelt es sich um Wasserkörper, die in bestimmten Unterregionen der verschiedenen Seegebiete liegen. Abb. 1 zeigt die Einteilung der betrachteten Region in Modellboxen.

Um zu ermitteln, wie hoch die radioaktive Belastung in den einzelnen betrachteten Tiergruppen (Fische, Krebstiere, Muscheln) ist, wurden zunächst die Konzentrationen der 12 wichtigsten Radionuklide im Wasser der Modellboxen berechnet (in Bq/l) und diese Werte mit den Biokoncentrationsfaktoren für die Tiere multipliziert. Diese Faktoren geben an, wie stark die Tiere die Radionuklide in ihrem Körper anrei-

tät in der Nordsee

die Bevölkerung durch den Verzehr von

tz?

chern (in Bq/kg).

Multipliziert man die so ermittelten Radioaktivitätsgehalte der drei Tiergruppen mit den dazugehörigen Pro-Kopf-Verzehrsraten, erhält man die Jahresaktivitätszufuhren (in Bq/Jahr). Diese werden für jedes Radionuklid noch mit einem so genannten Dosisfaktor (in Sievert/Bq) für die effektive Dosis bei Aufnahme mit der Nahrung multipliziert (es wird hier nur der Erwachsene betrachtet). Die Dosisfaktoren sind der Richtlinie 96/29/EURATOM zu entnehmen.

Wie die im Simulationsmodell errechneten Werte mit der tatsächlichen Situation übereinstimmen, lässt sich mit Hilfe von BFAFi-eigenen Radioaktivitätsmessdaten in den Meerestieren überprüfen.

Details zum Modell für den Nordost-Atlantik

Das Modell aus der Fachliteratur musste an die vorliegende Untersuchung angepasst werden. Im Einzelnen ging es dabei um folgende Punkte:

- für jede Wasserbox: mittlere Schwebstoffkonzentration; Volumen; mittlere

Tiefe; Volumenaustauschraten zwischen den Boxen.

- Entfernung von Radionukliden aus der Wassersäule durch Anlagerung an Schwebstoff und anschließende Sedimentation.
- Rücktransport aus dem Sediment ins Wasser (Re-Mobilisierung): nur in der Irischen See berücksichtigt.
- Radioaktive Einleitungen von: Sellafield (Box 29), Dounreay (Box 15) und La Hague (Box 51).
- Kernwaffenfallout (^{137}Cs , ^{90}Sr).
- Eintrag des Tschernobyl-Fallouts (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr) auf das Gebiet der Ostsee, der Nordsee und der südlichen Nordsee.
- Hier betrachtete Radionuklide: ^{14}C , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{99}Tc , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239/240}\text{Pu}$, ^{241}Pu , ^{241}Am .

Re-Mobilisierung aus dem Sediment der Irischen See

Es ist lange bekannt, dass eine Re-Mobilisierung von Radionukliden aus dem Sediment der Irischen See in das Meer-

wasser stattfindet. 1992 wurde zum Beispiel ermittelt, dass 30 % mehr Plutonium aus der Irischen See durch den North Channel flossen als 1991 von der Wiederaufbereitungsanlage Sellafield abgeleitet worden war. Für Caesium ergaben die Messungen sogar das 2,2-fache der Sellafield-Ableitungen der Jahre 1991 und 1992. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass das im Sediment des Meeresbodens gebundene Plutonium und Caesium wieder in Lösung gehen kann.

Die Re-Mobilisierung aus dem Sediment der Irischen See wurde mit einem einfachen, aber für dieses Seegebiet durchaus realistischen Verfahren in das Simulationsmodell einbezogen.

Glossar

RADIOAKTIVITER ZERFALL:

- a-Strahlung: Bei alpha-Strahlern sendet der Atomkern einen Helium-Kern (2 Protonen + 2 Neutronen) aus. Er verringert sich so in seiner Masse und wandelt sich in ein anderes Element um. Die positiv geladenen a-Teilchen sind nicht sehr durchdringend und werden bereits durch dünne Schichten absorbiert.
- b-Strahlung: Elemente mit beta-Zerfall senden ein Elektron aus. Diese b-Teilchen sind negativ geladen. Auch das Aussenden eines Positrons sowie das Einfangen eines Elektrons der Atomhülle durch den Atomkern zählen als b-Strahlung.
- g-Strahlung: Elemente mit gamma-Strahlung senden elektromagnetische Wellen aus. Zur Abschirmung dieser kurzwelligeren, energiereicheren Strahlung bedarf es relativ dicker, dichter Schichten.

RADIOAKTIVE ELEMENTE:

Bei den im Text genannten chemischen Elementen mit radioaktivem Zerfall handelt es sich um:

^3H	Wasserstoff	^{14}C	Kohlenstoff
^{60}Co	Kobalt	^{90}Sr	Strontium
^{99}Tc	Technetium	^{106}Ru	Ruthenium
^{129}I	Iod	$^{134/137}\text{Cs}$	Caesium
^{210}Po	Polonium	$^{239/240/241}\text{Pu}$	Plutonium
^{241}Am	Americium		

Die Ziffer oben links gibt die Anzahl der Protonen und Neutronen im Atomkern an.

^{137}Cs im Kabeljau aus der zentralen Nordsee

Seit 1982 wurden jährlich Fischproben mit dem Forschungsschiff „Walther Herwig“ aus der Nordsee und angrenzenden Seegebieten genommen. Verwendete Probenahmestationen sind in Abb. 1 eingetragen.

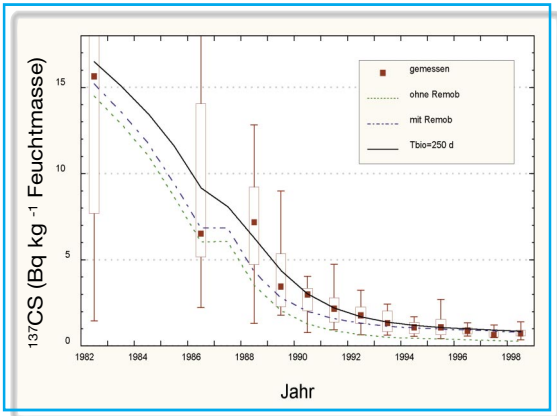


Abb. 2: Vergleich einer Zeitreihe von ¹³⁷Cs im Kabeljaufleisch der zentralen Nordsee (Boxen 17, 61, 63; Min-Max-Werte, Quartile und Medianwerte) mit aus dem Modell erhaltenen Kurven.

Untere, gepunktete Kurve: ohne Re-Mobilisierung aus dem Sediment der Irischen See.

Mittlere, gestrichelte Kurve: mit Hinzunahme der Re-Mobilisierung aus dem Sediment der Irischen See.

Obere, durchgezogene Kurve: mit Re-Mobilisierung aus dem Sediment der Irischen See und Berücksichtigung einer biologischen Halbwertszeit (T_{bio}) von 250 Tagen.

Abb. 2 zeigt die zeitliche Änderung der ¹³⁷Cs-Konzentration im Kabeljaufleisch aus der zentralen Nordsee. Die deutliche Abnahme ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Ableitungen der Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield seit Ende der siebziger Jahre erheblich reduziert wurden.

Die Re-Mobilisierung des Caesiums in der Irischen See erklärt den Effekt, dass seit etwa 1993 die ¹³⁷Cs-Aktivität im Nordseefisch stagniert und nur noch langsam weiter abnimmt. Dies kann an den gepunkteten und gestrichelten Kurven in Abb. 2 abgelesen werden. Aus ihnen ergibt sich auch, dass die verbleibende Caesium-Konzentration bei geringer werdender Ableitung immer mehr auf den Re-Mobilisierungseffekt zurück zu führen ist: Lag dieser im Jahr 1982 noch bei 4 %, so betrug er 1998 rund 60 %.

Die Aufnahme bzw. Ausscheidung von ¹³⁷Cs durch den Fisch geschieht nicht schlagartig, sondern vollzieht sich „allmählich“. Dies kann in der Modellrechnung durch eine „biologische Halbwertszeit“ berücksichtigt werden. Die für die Rechnung in Abb. 2 angenommene biologische Halbwertszeit von 250 Tagen führt in der Phase der deutlichen Abnahme von ¹³⁷Cs im Wasser – von 1982 bis etwa 1990 – zu einer sichtbaren Erhöhung der Aktivitätskonzentration im Fisch gegenüber den Daten des einfachen Modells, das die biologische Halbwertszeit nicht berücksichtigt.

Wassermassen vom Modell derzeit noch nicht hinreichend berücksichtigt werden.

Die vom Institut für Fischereibiologie erhobenen Daten an Miesmuschelfleisch (1992-1997) und an Garnelenfleisch (ab 1995) wurden ebenfalls mit den errechneten Modellwerten verglichen. Hier überschätzt das Modell die tatsächliche Belastungssituation noch deutlicher als bei Fisch. Lediglich für ⁹⁰Sr ist eine Unterschätzung durch das Modell festzustellen.

Insgesamt zeigte der Vergleich, dass die Modellwerte die tatsächlichen Gegebenheiten generell zufriedenstellend widerspiegeln und eher eine zu starke als eine zu schwache Belastung vorgeben.

Abschätzung der Strahlenexposition der Bevölkerung

Für die folgende Abschätzung wurden die Verzehrswerte für Meerestiere aus dem „Jahresbericht über die Deutsche Fischwirtschaft 1998“ herangezogen. Danach verzehrt ein Durchschnittsverbraucher in Deutschland pro Jahr 5,6 kg Seefisch und je 0,55 kg Krebstiere und Muscheln (Gewichtangaben bezogen auf verzehrbare Anteile).

Es werden zwei Gebiete betrachtet:

- zentrale Nordsee
- südliche Nordsee und Ärmelkanal

Die Abb. 3 zeigt die für den Zeitraum 1992-98 berechneten Strahlenexpositionen in den zwei Gebieten, wobei jeweils zwischen Fisch, Krebstieren und Muscheln unterschieden wurde. In die Berechnungen sind alle 12 im Modell berücksichtigten Radionuklide eingegangen.

Für die zentrale Nordsee ergibt sich die größere Exposition. Den Hauptanteil macht Fisch aus, da er in viel größerem Umfang verzehrt wird als Muscheln und Krebstiere.

In beiden Gebieten nahm die Strahlenexposition langsam ab. In der überwiegend durch Sellafield-Ableitungen betroffenen zentralen Nordsee ist dies hauptsächlich durch die geringeren Konzentrationen im Lebensmittel Fisch bedingt. In dem südlichen Gebiet blieben die Werte für Fisch dagegen nahezu konstant, während die Abnahme

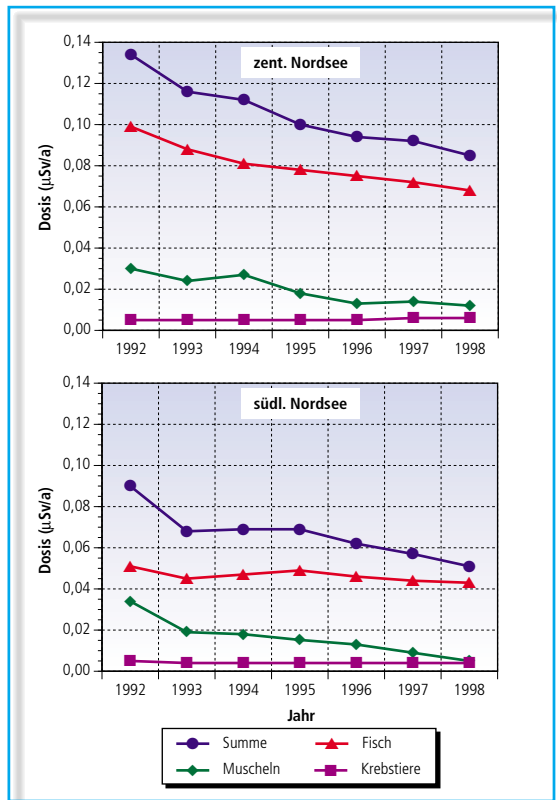


Abb. 3: Für den Zeitraum 1992-98 berechnete Strahlenexposition der Bevölkerung durch Verzehr von Fisch, Krebstieren und Muscheln aus der zentralen Nordsee (Boxen 17, 61, 63) und aus der südlichen Nordsee und dem Ärmelkanal (Boxen 53, 55, 57, 59).

Vergleich zwischen Modell und Messungen

Die mit Hilfe des Modells ermittelten Daten wurden mit den BFAF-eigenen Werten aus dem Fleisch von Fisch, Miesmuscheln und Garnelen verglichen (Aktivitätskonzentrationen in Bq/kg). Für Fisch aus der zentralen und der südlichen Nordsee zeigte sich, dass das Modell bei den Elementen ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs und ^{239/240}Pu die tatsächlichen Aktivitätskonzentrationen gut wiedergibt bzw. sogar überschätzt. Für Fisch aus dem Ärmelkanal und westlich davon liegt eher eine Unterschätzung durch das Modell vor. Dies liegt vor allem daran, daß die niedrigen Konzentrationen der aus dem Atlantik einströmenden





Abb. 5: Messraum mit der Low-level-Alpha-Spektrometrie (links im Vordergrund) sowie zwei Low-level-Gamma-Spektrometern mit Bleiabschirmungen (in blau).

hauptsächlich bei den Mollusken zu verzeichnen war.

Die Beiträge einzelner Radionuklide zur Strahlenexposition durch Verzehr von Fisch zeigt die Abb. 4. In beiden Gebieten machen ^{137}Cs und ^{14}C den Hauptanteil aus. Die ^{14}C -Komponente weist eine ansteigende Tendenz auf, bedingt durch Zunahmen der ^{14}C -Ableitungen sowohl bei Sellafield als auch bei La Hague. Im südlichen Bereich weist das sehr langlebige ^{129}I ebenfalls eine leicht ansteigende Tendenz auf.

Bei den Muscheln (ohne Abb.) aus der zentralen Nordsee wird die Strahlenexposition durch die Alpha-Strahler (^{241}Am und Plutoniumisotope) sowie durch ^{99}Tc und ^{106}Ru bestimmt, während im südlich anschließenden Bereich vor allem ^{106}Ru und ^{14}C dominieren.

Bei den Krebstieren (ohne Abb.) aus der zentralen Nordsee machen neben ^{137}Cs in den letzten Jahren ^{14}C und ^{99}Tc wesentliche Anteile aus, während im südlich anschließenden Bereich ^{14}C dominiert.

Bewertung

Die Modellrechnungen haben ergeben, dass die Aufnahme radioaktiver Elemente durch den Verzehr von Seefisch, Krebstieren und Muscheln aus der Nordsee von 1992 bis 1998 abgenommen hat: in der zentralen Nordsee – dem Gebiet mit der höheren Exposition – von etwa 0,13 auf 0,08 Mikrosievert (μSv) pro Jahr. Um diese Werte einschätzen zu können, ist ein Vergleich mit der mittleren natürli-

chen Strahlenexposition hilfreich. Sie beträgt rund 2400 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$. Dieser Dosis ist jede Person aus der Bevölkerung ausgesetzt. Die 0,08 μSv von 1998 sind also weniger als 0,004 % der mittleren natürlichen Strahlenexposition. Dies ist ein sehr kleiner Wert und gibt zu keinerlei Bedenken hinsichtlich des Verzehrs von Fisch und anderen Meerestieren aus der Nordsee Anlass.

Mit der Nahrung aus dem Meer nimmt der Mensch auch natürliche Radionuklide zu sich, die im Fleisch der Tiere generell vorhanden sind. Es handelt sich vor allem um das Isotop ^{210}Po . Die daraus resultierende Strahlenexposition beträgt rund 42 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$ (Summe aus verzehrten Fischen, Krebsen und Muscheln). Auch diese natürliche Belastung ist damit etwa 500-mal so groß wie diejenige, die 1998 von den künstlichen Radionukliden ausging.

Situation in der Irischen See

Die Irische See zählt wegen der recht hohen radioaktiven Einleitungen durch Sellafield seit langem zu den am intensivsten untersuchten Seegebieten der Welt. Dies betrifft sowohl die regelmäßige Kontrolle der Verzehrsgewohnheiten verschiedener lokaler Verbrauchergruppen, die größeren Schwankungen unterliegen, als auch die Vielzahl der in den Meeresorganismen gemessenen Radionukliden.

In einer früheren Studie unseres Instituts wurde mit Prognose-Rechnungen untersucht, wie sich die 1994 geänderte Ableitungsgenehmigung für Sellafield auf die Strahlenexposition von Verbrauchergruppen der Irischen See wie auch der Nordsee im Höchstfall auswirken (Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Nr. 23, 1997). Dabei wurden Ergebnisse britischer Untersuchungen bestätigt, wonach die maximale Strahlenexposition der Sellafield-nahen Verbrauchergruppe bei etwa 200 μSv pro Jahr liegen würde. Für Verbraucher der Nordsee wurde von uns seinerzeit ein maximal zu erwartender Wert von nur etwa 0,5 μSv im Jahr geschätzt. Die Messdaten und die daraus abgeleiteten Strahlenexpositionen der Verbrauchergruppen der Irischen See wurden in den Folgejahren (wie zuvor

auch) von britischen Behörden jährlich veröffentlicht.

1995 bis 1997 war die Sellafield-naher Gruppe durch den Verzehr von Meerestieren einer Strahlendosis von 100 bis 140 μSv pro Jahr ausgesetzt, gegenüber rund 100 μSv pro Jahr in den Vorjahren. Hervorgerufen wurde die Zunahme vor allem durch ^{99}Tc . 1998 stieg der Wert wegen deutlich höherer Verzehrsmengen auf 200 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$. Für andere, Sellafield-fernere britische Verbrauchergruppen der

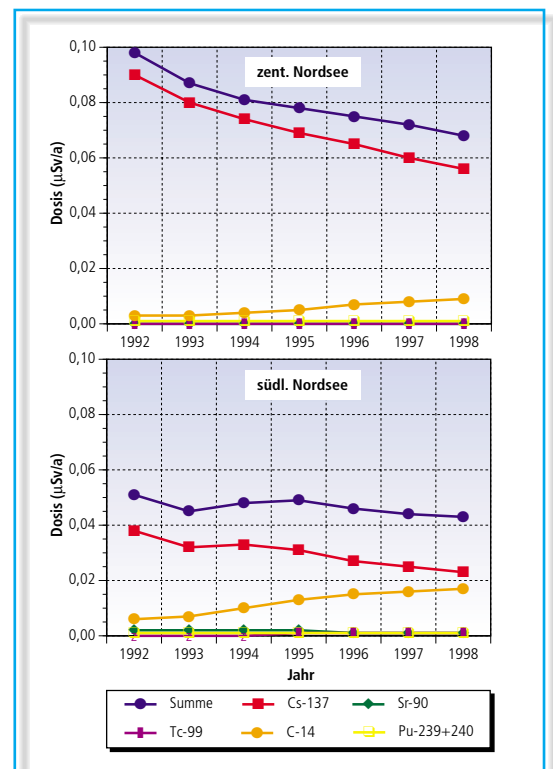


Abb. 4: Beiträge einzelner Radionuklide zur Strahlenexposition durch den Verzehr von Fisch aus der zentralen Nordsee (Boxen 17, 61, 63) und aus der südlichen Nordsee und dem Ärmelkanal (Boxen 53, 55, 57, 59). Bei „Gesamt“ ist jeweils die Summe aller 12 betrachteten Radionuklide dargestellt.

Irischen See mit höheren Verzehrsmengen wurden 1998 Werte im Bereich von wenigen zehn $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$ angegeben. Der „typische britische Fischesser“ (Verzehr von jährlich 15 kg Fischfleisch aus der Irischen See) erhält dagegen eine Exposition von nur 2 μSv pro Jahr. ■

Dipl.-Phys. Günter Kanisch, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Fischereiökologie, Wüstland 2, 22589 Hamburg

Schadstoffe in Fischen: heute noch ein Thema?



Horst Karl, Ines Lehmann und Jörg Oehlenschläger (Hamburg)

Fisch schmeckt nicht nur ausgezeichnet, er ist auch wegen seines leicht verdaulichen Eiweißes, des hohen Anteils an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und als Jod- und Selenlieferant wichtig für unsere Ernährung. Dennoch stellt sich die Frage, ob wir angesichts der immer wiederkehrenden Schlagzeilen von Tankerunglücken und der nach wie vor bestehenden Einträge von Schadstoffen in Flüsse und Meere den Fisch ohne Bedenken essen können.

Das Auftreten von Schadstoffen in den Gewässern und damit auch in Fischen hat verschiedene Ursachen. Zum einen gibt es die im Wasser der Ozeane gelösten Schwermetalle wie Quecksilber und Cadmium, die überwiegend den Sedimenten, Gesteinen und vulkanischen Quellen am Meeresboden entstammen. Sie werden von den Meerestieren aus dem Wasser aufgenommen und über die Nahrungskette angereichert.

Dies ist ein natürlicher Vorgang, der nicht mit Umweltverschmutzung und

menschlichen Aktivitäten in Verbindung steht.

Zum anderen reichern Meerestiere viele der von den Menschen in die Gewässer abgegebenen Schadstoffe an und können in Gebieten mit starker Industrietätigkeit höhere Gehalte aufweisen. Hierzu zählen vor allem die verschiedenen fettlöslichen organischen Rückstände.

Ausnahmen der gefangenen Fische



Rückstände menschlichen Ursprungs

Chlororganische und andere langlebige (persistente) organische Verbindungen haben eine weite Verbreitung und Anwendung in allen Bereichen unseres Lebens gefunden. Große Mengen an chlororganischen Verbindungen wurden weltweit im Pflanzenschutz angewandt. Hierzu gehören Substanzen wie DDT, Lindan (γ -HCH) und seine technischen Verunreinigungen α - und β -HCH, Dieldrin, Hexachlorbenzol (HCB), sowie die verschiedenen technischen Toxaphen- und Chlordanprodukte.

Weitere chlororganische Produkte wie polychlorierte Biphenyle (PCBs), Chlorparaffine und Chlornaphthaline sind typische Industriechemikalien, die unter anderem als feuerhemmende Mittel und Weichmacher ihre Anwendung fanden und zum Teil noch heute eingesetzt werden. Zu den chlororganischen Verbindungen zählen auch die Dioxine (auch natürlichen) Verbrennungsprozessen (auch natürlichen) Verbrennungsprozessen und als unerwünschte Begleitstoffe bei industriellen Prozessen entstehen. Allen genannten Verbindungen gemeinsam ist die gute Fettlöslichkeit.

Viele dieser Verbindungen sind inzwischen weltweit verbreitet. Der Eintrag in die Meere und Seen erfolgt über Flüsse, die Atmosphäre, durch direkte Einleitungen und Verklappungen. Nach Angaben aus dem Jahr 1993 wurden allein in die Nordsee jährlich mehr als 10 Tonnen PCBs und 10 Tonnen Lindan eingetragen.

Seefische nehmen die ins Meer gelangten Rückstände mit ihrer Beute, aber auch direkt aus dem Wasser über die Kiemen und die Haut auf. Aufgrund ihrer guten Fettlöslichkeit werden die organischen Rückstände überwiegend in der fettreichen Leber, dem Entgiftungsorgan



Rückstände anreichern. Das wird ebenfalls aus Abbildung 1 deutlich. Mit der Länge der Makrelen und damit mit höherem Alter nahm auch der PCB-Gehalt zu.

der Fische, aber auch im Fettgewebe gespeichert. Da das Muskelfleisch auch bei Magerfischen eine gewisse Menge an Fett enthält, werden die Substanzen auch im essbaren Anteil nachgewiesen.

Beeinflussende Faktoren

Die Rückstandsgehalte werden durch die Fischart, ihren Stand in der Nahrungskette, den Fangplatz, den Fettgehalt und den biologischen Jahreszyklus der Fische beeinflusst. Außerdem konnte bei Fischen eine Anreicherung mit zunehmendem Alter (Altersakkumulation) nachgewiesen werden.

Fangplatz

Die unterschiedliche Belastung der Lebensräume der Fische kann einen erheblichen Einfluss auf die Rückstandsgehalte haben. So liegen die Gehalte in Ostseefischen um den Faktor 10 höher als die Gehalte von vergleichbaren Fischen aus der

Nordsee oder dem Nordatlantik. Aber auch innerhalb der Ostsee bzw. der Nordsee kann die Rückstandskonzentration der Fische sehr unterschiedlich sein.

Die PCB-Gehalte im essbaren Anteil von Makrelen aus unterschiedlichen Fangplätzen der Nordsee zeigt Abbildung 1.

Auswirkungen auf das Lebensmittel Fisch

Trotz der erheblichen Belastung der Meere, die in den letzten Jahren allerdings erfolgreich reduziert werden konnte, sind die Auswirkungen für das Lebensmittel Fisch nur gering.

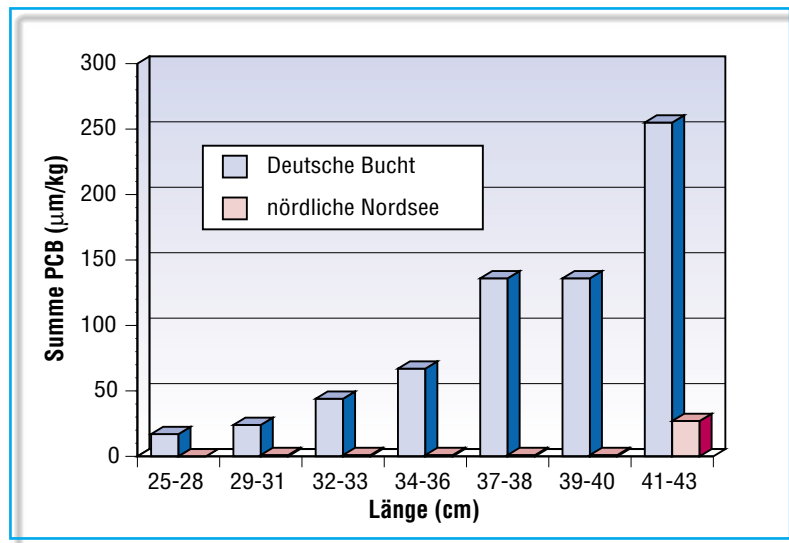


Abb.1: PCB-Gehalte im essbaren Anteil von Makrelen in Abhängigkeit vom Fanggebiet. Summe PCB (101 + 118 + 138 + 153 + 180), µg/kg Feuchtsubstanz (FS)

Zur gleichen Jahreszeit gefangene Makrelen aus der Deutschen Bucht waren erheblich stärker belastet als Makrelen aus der nördlichen Nordsee. Hier macht sich die zusätzliche Schadstofffracht über die Flüsse bemerkbar.

Fettgehalt

Der Fettgehalt hat einen deutlichen Einfluss auf die Rückstände in Fischen. Mit höheren Fettgehalten nehmen in der Regel auch die Rückstandsgehalte zu. Das gespeicherte Fett schwankt erheblich mit dem biologischen Jahreszyklus der Meerestiere. Entsprechend wurden auch jahreszeitliche Veränderungen der Rückstandsgehalte gefunden.

Altersakkumulation

Fische können wie andere Lebewesen mit zunehmendem Alter organische

Dies hat folgende Gründe:

- Der Großteil der für die Versorgung des deutschen Marktes gefangenen Fische stammt aus küstenfernen Gewässern. Wichtige Fanggebiete liegen im Nordmeer, um Island, Grönland, aber auch in südamerikanischen Gewässern.
- Viele wichtige Konsumfische, wie Kabeljau, Alaska Pollack, Seehecht, Seelachs, Rotbarsch und Scholle, haben einen relativ niedrigen Fettgehalt im essbaren Anteil (<1 bis ca. 8 %). Bei diesen Fischarten werden die Rückstände ganz überwiegend in der Leber gespeichert, so dass der verzehrbare Anteil, das Filet, nur geringe Rückstandsmengen enthält. Der Marktanteil dieser fettarmen Fischarten beträgt zurzeit über 60 %.

Lagerung der zu untersuchenden Fische auf Eis



- Fische mit hohen Fettgehalten wie Hering und Makrele wachsen schnell und werden schon in jungen Jahren stark befischt, so dass eine Altersakkumulation weitgehend entfällt.

Entwarnung bei organischen Rückständen

Die Gehalte an organischen Rückständen im essbaren Anteil unserer Konsumfische aus den weltweiten Fanggebieten liegen im Allgemeinen weit unter den in den Schadstoff- und Rückstands-Höchstmengenverordnungen festgelegten Grenzwerten bzw. unter den nationalen Richtwerten. Gleiches gilt auch für die Gehalte in Krebs- und Weichtieren.

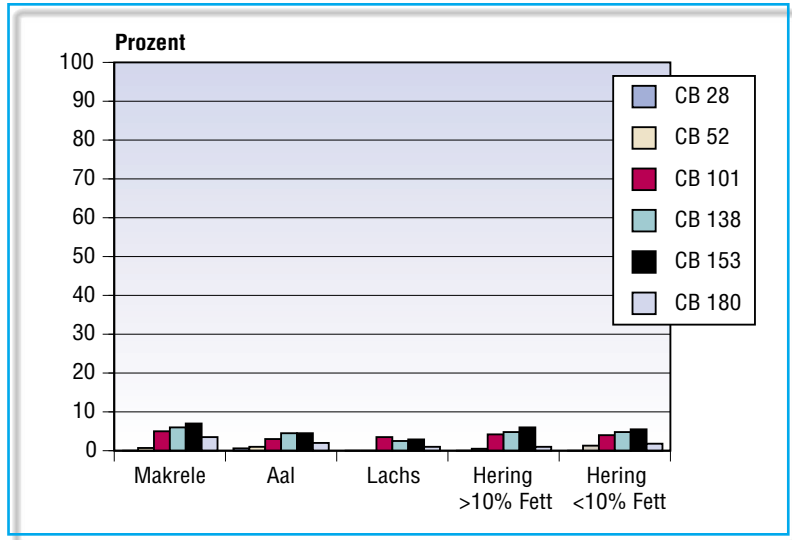


Abb. 2: Mittlere prozentuale Ausschöpfung der zulässigen Höchstmengen an PCB-Verbindungen (CB 28, 52, 101, 138, 153, 180) in verschiedenen Fischarten



Bei Fischen mit niedrigem Fettgehalt, wie z. B. Rotbarsch, enthält das Filet nur geringe Rückstände

Polychlorierte Biphenyle

1988 wurden die zulässigen Höchstmengen für einzelne PCB-Verbindungen in Fisch- und Fischerzeugnissen durch die Schadstoff-Höchstmengenverordnung geregelt. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die prozentuale Ausschöpfung der Grenzwerte bei einigen wichtigen Konsumfischen. Die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen belegen, dass die Gehalte im essbaren Anteil von Meerestieren weit unter den zulässigen Höchstwerten, häufig sogar an der Nachweisgrenze der Einzelverbindungen liegen.

Regionale Unterschiede, zum Beispiel die relativ höhere Belastung von Ostseefischen im Vergleich zu Fischen aus der Nordsee, spiegeln die jeweilige Belas-

tungssituation der Gewässer wider.

Organochlor-Pestizide

Obwohl die Verwendung von chlororganischen Pflanzenschutzmitteln wie DDT, Dieldrin, Hexachlorbenzol schon längere Zeit in Deutschland verboten ist (DDT zum Beispiel seit

1972) und andere Pflanzenschutzmittel wie Toxaphen vor allem in Baumwollplantagen in anderen Kontinenten Anwendung fanden, sind Spuren dieser Schadstoffe noch regelmäßig in Fischen nachweisbar. Dies liegt an der heute weltweiten Verbreitung dieser langlebigen Substanzen in der Umwelt.

Eigene Untersuchungen am Institut für Biochemie und Technologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei sowie die Ergebnisse des bundesweiten Lebensmittelmonitorings zeigen, dass die Gehalte an chlorierten organischen Pflanzschutzmittelrückständen wie HCB, Lindan, DDT und Dieldrin in Fischen weit unter den gesetzlich zulässigen Höchstmengen liegen. Dies gilt sowohl für Fische mit hohen Fettgehalten wie Makre-

le, Hering, Lachs und Aal als auch für Magerfische wie Kabeljau, Scholle und Seeteufel.

Ähnliche Resultate haben die kürzlich beendeten umfangreichen Untersuchungen zur Belastung von Fisch und Fischerzeugnissen mit Toxaphen und Chlordan ergeben (s. Tabelle).

Dioxine

Dioxin-Rückstände sind in Spuren in allen Lebensmitteln nachweisbar, wobei ein ständiger Rückgang und damit eine abnehmende Zufuhr beim Menschen beobachtet wird.

Fische galten bisher als relativ stark belastete Lebensmittel. Eine kürzlich beendete umfassende Bestandsaufnahme der Dioxingehalte in Fischen im Rahmen des BML-Forschungsverbundes „Produkt- und Ernährungsforschung“ belegt jedoch, dass die Dioxinaufnahme über den Fischverzehr weit niedriger ist als bisher angenommen. Das Datenmaterial erlaubt erstmals gesicherte Aussagen zur Belastungssituation des Lebensmittels Fisch und ermöglicht eine Abschätzung der Dioxinaufnahme des Verbrauchers über den Fischverzehr.

Die Dioxingehalte hängen von der Fischart und teilweise auch vom Fanggebiet ab. Kabeljau, Seelachs oder Alaska Pollack haben im Vergleich zu den fettreicheren Fischen wie Hering, Makrele und Schwarzer Heilbutt niedrigere Gehalte im Muskelfleisch.

Für den Verbraucher wichtig ist die Abschätzung der täglichen Aufnahme an Dioxinen über die Lebensmittel. Da Dioxine aus einem Gemisch von 210 Isomeren mit ganz unterschiedlicher Toxizität bestehen, rechnet man mit so genannten Toxizitäts-Äquivalenten (iTE). Nach Vorgabe des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) soll die tägliche Aufnahme nicht mehr als 1 Pikogramm ($pg = 10^{-12} g$) iTE pro Kilogramm Körpergewicht betragen. Die Ergebnisse der Studie ergaben eine tägliche Dioxinaufnahme über Fische von ca. 5,8 pg iTE pro Person und Tag (bezogen auf eine 70 kg schwere Person 0,083 pg pro kg Körpergewicht). Damit wird der Zielwert des BgVV von 1 pg durch den Verzehr von Fisch nur zu rund 8 % ausgeschöpft.

Tab.1 Mittlere Toxaphen- und Chlordangehalte im essbaren Anteil von Fischen, untersucht im Zeitraum 1995 – 1997 [$\mu g/kg$ Feuchtsubstanz (FS)]

Fischart	Herkunft	Toxaphengehalte		Chlordangehalte	
		Proben ¹⁾	Summe Toxaphen ²⁾	Proben ¹⁾	Summe Chlordan ³⁾
Grenzwert [$\mu g/kg$ FS]			100		50
Fische mit höheren Fettgehalten					
Hering	Alle Fanggebiete	36	12,3	32	2,3
Makrele	Nordsee	14	8,1	20	1,5
Lachs	Div. Länder	11	16,5	6	4,8
Schwarzer Heilbutt	Nordost-Atlantik	21	30,9	12	9,4
Forelle	Deutschland	5	2,3	6	1
Aal	Ostsee	3	5,3	3	4,5
Dorschleber	Konserven	6	9		
Magerfische (< 1% Fett)					
Seehecht	Handel	5	<0,1	8	1,7
Kabeljau	Nordsee	5	0,3		
Scholle	Nordsee	3	<NWG ⁴⁾	2	<NWG
Seelachs	Atlantik	3	0,8		

¹⁾ Poolproben aus n = 5 – 10 Fischen,

²⁾ Summe der Toxaphenverbindungen (Parlar 26, 50 und 62)

³⁾ Summe aus trans-, cis- und Oxychlordan,

⁴⁾ NWG = Nachweisgrenze

Gehalte an anorganischen Rückständen

Bei der Belastung von Fischen und anderen Meerestieren mit anorganischen Rückständen handelt es sich vor allem um die Gehalte von Quecksilber, Blei, Cadmium und Zinn im verzehrbaren Anteil (Muskel). Schwermetalle gehören zu den am längsten bekannten toxischen Substanzen für den Menschen. Die öffentliche Diskussion über Fischerzeugnisse, die mit toxischen Metallen kontaminiert sind, ist besonders durch zwei massive Fälle von Quecksilbervergiftungen in Japan in den 50er und 60er Jahren angeregt worden. Dort wurde die Bevölkerung durch Fische vergiftet, die durch methylquecksilberhaltiges Abwasser mit 6 bis 25 mg Quecksilber/kg – bedingt durch unverantwortliche Umweltsünden – belastet waren. Diese Fälle haben nichts zu tun mit der heutigen Belastungssituation von Fischerzeugnissen aus den Weltmeeren, die zum Beispiel in Deutschland vermarktet werden. Als Regel kann gelten, dass die Schwermetall-Konzentrationen in Fischen in folgender Reihe abnehmen:

belastete Flüsse > belastete Seen > belastete Ästuare > Ostsee > Nordsee > küstennahe Gewässer > küstenferne Gewässer.

Quecksilber

Quecksilber kommt im Meerwasser gelöst vor. Es stammt ganz überwiegend aus unterseeischem Vulkanismus und nur zu einem verschwindend kleinen Teil aus menschlicher Aktivität. Mumifizierter Fisch aus ägyptischen Gräbern wies des-

halb auch etwa die gleichen Quecksilberkonzentrationen auf wie heutiger Fisch.

Quecksilber ist lipophil und reichert sich im Fettgewebe an. Magerfische, die ihre Fettreserven fast ausschließlich in der Leber speichern, haben im Filet nur geringe Gehalte an Quecksilber. Fettfische wie Thunfisch speichern Quecksilber aber auch in den Muskeln. Dabei ist die Anreicherung um so größer, je älter der Fisch ist. Das führte dazu, dass in den Jahren bis etwa 1965, als vorwiegend sehr alte und große Fische für die Herstellung von Dauerkonserven verwendet wurden, in Thunfischkonserven erhöhte Konzentrationen an Quecksilber gefunden wurden. In

Kenntnis dieser Tatsache verarbeitet die Industrie heute nur noch jüngere Fische. Heutzutage gibt es daher, wie umfangreiche Untersuchungen zum Beispiel des Amtes in Cuxhaven gezeigt haben, praktisch keine Thunfischkonserven mehr, die die gesetzlichen Grenzwerte überschreiten. Diese Erkenntnis hat sich aber bis heute nicht hinreichend durchgesetzt, so dass die Thunfischkonserven völlig zu Unrecht in vielen Informati-

Laborarbeiten an Bord des Forschungsschiffes



onsmedien nach wie vor als Beispiel für belastete Fischerzeugnisse herhalten muss.

Vorsicht ist allerdings geboten bei großen und alten Exemplaren von Weißem Heilbutt (> 60 kg) und Schwertfischen, die erhöhte Gehalte an Quecksilber aufweisen können. Diese Einzelfische werden deshalb vor der Freigabe für die Vermarktung auf ihren Gehalt hin untersucht.

Blei

Bleigehalte im Filet von Fischen aus den Weltmeeren sind sehr gering. Sie liegen bei etwa 10-20 ng/kg. Damit schöpfen sie die Richtwerte nur zu etwa 5 % aus. Es wurden in den letzten Jahren keine Überschreitungen festgestellt. Erhöht

jährigem Anstand beprobt werden, liegen die Cadmiumkonzentrationen noch niedriger und sind manchmal nicht nachweisbar (< 0,5 ng/kg). Fische sind deshalb bezüglich ihres Cadmiumgehaltes völlig unbedenklich.

Mollusken, besonders Tintenfische, sind hier kritischer zu betrachten. Diese Tierarten speichern in ihren Eingeweiden große Mengen an Cadmium. Werden die Tiere nach dem Fang unverzüglich ausgenommen, ist der verzehrbare Anteil ähnlich niedrig belastet wie der von Fischen. Verbleiben die Eingeweide in den Tieren oder ist das Ausnehmen unvollständig, wandert das Cadmium während der Lagerung aus den Eingeweiden in den sie umgebenden Muskel und kontaminiert diesen. Deshalb kommen Überschreitun-

scheinlich, dass damit orale Dosen erreicht werden, die beim Menschen gesundheitsschädliche Effekte hervorrufen können.

Aluminium

Aluminium ist von Interesse, da es mit dem Auftreten der Alzheimer-Krankheit in Verbindung gebracht wird. Umfangreiche Untersuchungen in unserem Institut haben ergeben, dass die Gehalte an Aluminium in Fischen extrem gering sind und weit unter 1 mg/kg liegen. Höhere Aluminiumkonzentrationen können allerdings in Fischfilets vorkommen, die in Alufolie gegart oder gegrillt wurden.

Sonstige Schwermetalle

Die Verwendung von Antiklopf-Zusätzen zu Benzin auf der Basis von Mangan und die Verwendung von Elementen der Platingruppe in Katalysatoren lassen es ratsam erscheinen, die Konzentrationen auch dieser Stoffe in der Umwelt zu verfolgen.



te Bleikonzentrationen konnten in Fischen aus belasteten Flüssen und in Flusssäuren besonders unterhalb von größeren Industrieaktivitäten gefunden werden. Aber auch hier ist in den letzten 10 Jahren eine erhebliche Verbesserung eingetreten, besonders nachdem bleihaltige Additive in Benzin verboten wurden.

Cadmium

Die Gehalte an Cadmium sind noch niedriger als die von Blei. Typische Gehalte in Fischen aus der Nordsee und dem Nordostatlantik liegen bei 2-5 ng/kg. In Fischen aus Gebieten, die weitab von anthropogenen Einflüssen liegen, wie die Barentssee und Gewässer um Spitzbergen, und die von unserem Institut in drei-

Trotz der Umweltbelastung der Meere steht dem Verbraucher heute mit Fisch ein gesundes, nur gering belastetes Lebensmittel zur Verfügung.

gen des Richtwertes bei dieser Erzeugnisgruppe ab und zu vor.

Zinn

Tributylzinn (TBT) wurde intensiv und wird noch als antibakterieller Bestandteil in Farben (Bootsanstriche) verwendet. TBT reichert sich als lipophile Substanz im Fett der Fische an und ist für Säugetiere neuro- und immuntoxisch. Über die Gehalte von TBT in Fischen, Krebs- und Weichtieren liegen bislang nur wenig Daten vor. Die bislang in Fischen gefundenen Gehalte machen es recht unwahr-

Fazit

Die simple Weisheit, dass alles, was der Mensch in die Umwelt einbringt, sich in den dort vorkommenden Lebewesen in irgendeiner, wenn auch noch so geringen Konzentration, wiederfindet – hinreichend genaue und empfindliche Analytik vorausgesetzt –, gilt auch für Fisch und Fischerzeugnisse.

Aber trotz der nach wie vor erheblichen Umweltbelastung der Meere und der ständigen Schadstoffeinträge in aquatische Systeme steht dem Verbraucher heute mit Fisch ein gesundes, nur gering belastetes Lebensmittel zur Verfügung. Damit die hohe Qualität des Lebensmittels Fisch auch in Zukunft Bestand hat, müssen allerdings die Bemühungen zur Verringerung der Schadstoffeinträge in die Meere und Seen auf allen Ebenen verstärkt fortgesetzt werden. ■

Dr. Horst Karl, Ines Lehmann und Dr. Jörg Oehlenschläger, Institut für Biochemie und Technologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Palmallee 9, 22767 Hamburg

Mit neuen Techniken gegen Vorratsschädlinge

Cornel Adler (Berlin)

Der moderne, integrierte Vorratsschutz setzt auf eine Kombination von Techniken zur Vermeidung, Früherkennung und Bekämpfung vorratsschädlicher Organismen. Dicht schließende Türen, glatte Oberflächen sowie eine gute Belüftungs- und Klimatechnik sind in einem Vorratslager oder Lebensmittelbetrieb zur Abwehr von Dörrobstmotte, Kornkäfer & Co. mindestens genauso wichtig wie die richtige Falle, eine präzise Temperaturerfassung oder das Mikrophon für den „Großen Lauschangriff“ zur Früherkennung eines Schädlingsbefalls. War ein Befall nicht zu verhindern, so können Hitze und Kälte, Stäube aus vermahlener Kieselalgen, Schlupfwespen, Pflanzeninhaltsstoffe oder auch ein künstlich erzeugter Mangel an Luftsauerstoff genutzt werden, um den Einsatz von Insektiziden auf das notwendige Mindestmaß zu begrenzen.

In einem Industrieland wie der Bundesrepublik Deutschland sind an den modernen Nachernte- oder Vorratsschutz eine Reihe von Anforderungen zu stellen. So müssen aufgrund der hochwertigen, aber trotzdem sehr preiswerten Lebensmittel (der Interventionspreis für Brotweizen liegt z. B. deutlich unter 250 DM pro Tonne) kostengünstige wie auch wirksame Techniken zur Schädlingsabwehr eingesetzt werden. Dabei sind chemische Pflanzenschutzmittel auf ein notwendiges

Mindestmaß zu reduzieren. Höchstmengen bei Pflanzenschutzmittelrückständen dürfen nicht überschritten werden, da einige Produkte direkt aus dem Vorratslager auf den Tisch des Endverbrauchers kommen. Weiterhin hat die zunehmend im globalen Wettbewerb stehende Lebensmittelindustrie sehr strenge Qualitätsansprüche. Verlangt werden

Kornkäfer auf geschädigten Weizenkörnern



eine genau definierte und protokollierte Vorgehensweise bei Transport, Lagerung oder Verarbeitung sowie standardisierte Analyseverfahren zur Gewährleistung einer gleichbleibend hohen Qualität.

Produkte pflanzlichen Ursprungs, als solche sind Vorräte nach dem Pflanzenschutzgesetz definiert, sind aber gleichzeitig lebende Materie, die zumindest potenziell für eine Vielzahl von Organismen Nahrungsgrundlage und Lebensraum sein kann. Schlecht gelagerte Vorräte werden so schnell zum Biotop. Überdies haben lebende pflanzliche Produkte einen eigenen Stoffwechsel, können Feuchtigkeit aufnehmen oder abgeben und sind deshalb nicht so leicht zu lagern wie ein Sack Steine.

Kompliziert wird dieser Zusammenhang noch dadurch, dass wenig verarbeitete Ernteprodukte wie Haferflocken, Nüsse, Trockenobst oder Mehl nach dem Pflanzenschutzgesetz noch zu den Vorräten zählen, dagegen für ein fertig gebackenes Brot oder eine Tafel Haselnusschokolade das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständengesetz gilt. Beide Gesetze schreiben zum Teil unterschiedliche Verfahren zur Schädlingsbekämpfung vor. Ein Supermarkt verkauft nun beides, Vorräte und Lebensmittel – und die herumfliegenden Dörrobstmotten kümmert die komplizierte Gesetzeslage nicht.

Vorräte – feucht oder lagerfähig?

Vorräte lassen sich in verderbliche und lagerfähige Produkte pflanzlichen Ursprungs unterscheiden. Verderbliche Produkte wie Obst oder Gemüse haben typischerweise einen hohen Wassergehalt. Ein Verderb droht hier hauptsächlich durch Mikroorganismen; eine Ausnahme bildet als Insekt die im Haushalt und in der Genforschung gut bekannte Taufliege *Drosophila melanogaster*. Lagerfähige Produkte wie Getreide, Nüsse, Hülsenfrüchte und Samenkerne sind dagegen recht trocken und hart. Sie haben einen reduzierten Atemstoffwechsel und werden in erster Linie von Insekten befallen. Auch Tabak, Baumwolle oder Holz ist nach der Definition des Pflanzenschutzgesetzes als Vorrat zu betrachten, und in der Tat finden sich hier aus anderen Produkten bekannte Vorratsschädlinge oder nahe verwandte Arten. Bei schon verbautem Holz ist der Übergang zum Materialschutz fließend.

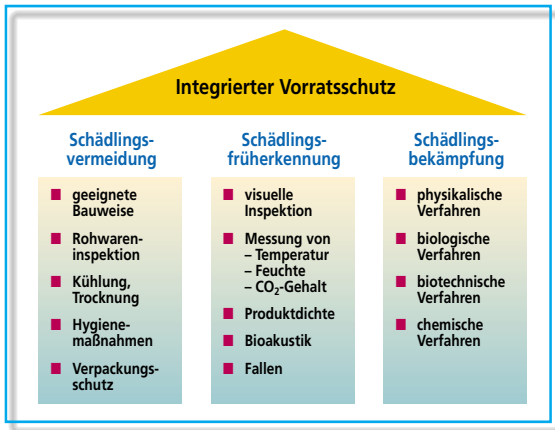


Abb. 1: Die drei Säulen des integrierten Vorratsschutzes

Welche Vorratsschädlinge gibt es?

Zu den Vorratsschädlingen gehören etwa 70 spezialisierte Insektenarten, hauptsächlich Käfer und Motten. Diese Tiere sind eher klein und unscheinbar, aber enorm anpassungsfähig, in ihren Vorlieben sogar individuell unterschiedlich und hoch-

interessante Studienobjekte. In unseren Breiten kann man die meisten dieser Arten nicht im Feld antreffen, ein Befall findet also in der Regel erst nach der Ernte statt und geht von befallenen Altvorräten, Transporteinrichtungen oder Lagerstrukturen aus.

Ein Extremfall der Anpassung ist der Kornkäfer *Sitophilus granarius*, der in „freier Wildbahn“ weltweit nicht mehr anzutreffen ist, sondern nur noch in menschlichen Getreidelägern vorkommt. Der Kornkäfer wurde schon bald nach der Entwicklung des Ackerbaus zum Vorratsschädling, verlor irgendwann seine Flugfähigkeit und findet sich bereits in den über 4000 Jahre alten Grabbeigaben der Pharaonen. Der früheste Kornkäferfund in Europa stammt aus dem Jahr 100 und dem Ort Herculaneum. Das römische Heer verbreitete später zusammen mit den Regeln der Landwirtschaft und dem Saatgut auch den bald gefürchteten Kornkäfer in Germanien. Dies erklärt die vielen alten Namen wie Schwarzer Kornwurm, Kornreuter, Wippel, Klander und Getreidedieb (lateinisch „Curculio“), die dieser Rüsselkäfer (Familie Curculionidae) im Laufe der Zeit erhalten hat.

Manche Vorratsschädlinge befallen, wie die verschiedenen Speckkäferarten, sowohl pflanzliche als auch tierische Produkte wie Trockenfleisch, Fischmehl, Felle, Schafwolle oder Federn. Durch den zunehmenden internationalen Handel wurden viele Arten weltweit verbreitet. Ehemals tropische Arten (siehe z. B. *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhizopertha dominica*) kommen in großen Vorratslagern meist gut zu recht, weil die zwischen den Vorräten mit eingelagerte Luft gut gegen winterliche Kälte schützt.

Echte Vorratsschädlinge können ihren gesamten Lebenszyklus in trockenen Vorräten verbringen. Dazu haben die Insekten die bemerkenswerte Fähigkeit entwickelt, sich das zum Leben benötigte Wasser durch Atmungsprozesse – also die chemische Erzeugung von Wasser durch Oxidierung von Kohlehydraten – selbst herzustellen.

Was passiert bei einem Befall?

In den meisten Fällen wandern zunächst nur ein paar wenige Vorratsschädlinge zu

oder warten schon in den Ritzen eines unzureichend gereinigten Vorratslagers auf die neue Ernte. Bedenkt man, dass allein ein Mottenweibchen weit über 100 Eier ablegen kann, aus denen sich bei günstigen Bedingungen schon nach fünf Wochen die nächste Faltergeneration entwickelt hat, wird deutlich, wie effektiv die Insekten die vom Menschen gespeicherten Vorräte zu nutzen verstehen. Nach den Erstbesiedlern wie Kornkäfer oder Speichermotte kommen bald auch Staub- oder Schimmelfresser und sogar deren Gegenspieler in die Vorräte, so dass sich für kundige Betrachter ein kleiner „Krabbeltier-zoo“ entwickelt.

Wie bereits erwähnt, erzeugen sich die Insekten ihr lebensnotwendiges Wasser durch Atmungsprozesse. Dieses Wasser geben sie zusammen mit etwas Wärme aber auch an die Umgebung ab, und sobald Feuchte und Temperatur ansteigen, können sich auch Staubläuse und Milben entwickeln, die nun durch ihren Stoffwechsel den Abbau beschleunigen. Ist das Getreide fühlbar feucht, beginnt auch schon der mikrobielle Abbauprozess durch Pilze und Bakterien, der zum Beispiel eine vergessene Getreidepartie wie einen Misthaufen bis hin zur Selbstentzündung aufheizen kann und schon ab etwa 50 °C das betroffene, nun nasse Korn brethart verbackt. Durch die Feuchtigkeit können nicht hitzeempfindliche Körner keimen und austreiben. Dies kommt in kommerziellen Getreidelägern heute zum Glück aber nur noch selten vor.

Vorbeugen statt Heilen

Das Ziel eines modernen Vorratsschutzes ist die optimierte Befallsabwehr, damit eine möglichst hohe Produktqualität den Verbraucher, also uns alle, erreicht. Dabei ruht der Erfolg eines Integrierten Vorratsschutzes auf drei Säulen: der Schädlingsvermeidung, der Schädlingsfrüherkennung und der Schädlingbekämpfung mit einem ganzen Arsenal aus physikalischen, biologischen, biotechnischen oder chemischen Verfahren (Abb. 1). Zunehmend wird die Bedeutung der Schädlingsvermeidung durch eine geeignete Lagerungstechnik und gezielte Hygiene erkannt. Wer kühl, trocken und sauber lagert, hat bei regel-





Die Dörr-obstmotte (*Plodia interpunctella*), ein häufiger Vorratsschädling im Haushalt

mäßiger Überwachung kaum mit Problemen zu rechnen. War dies im Einzelfall nicht erfolgreich, gilt es, einen Befall so früh wie möglich festzustellen, damit zum Beispiel die Gespinste vorratsschädlicher Motten nicht die Verarbeitungsmaschinen verstopfen.

Aktuelle Vorratsschutz-Forschung

Stellvertretend für die Vielzahl bearbeiteter Themen am Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) seien im Folgenden kurz der Bereich Pflanzeninhaltsstoffe und die Hitzebehandlung vorgestellt.

Pflanzen produzieren Duft- und Aromastoffe, unter anderem um nützliche Insektenarten anzulocken und schädliche Arten abzuwehren. Einige dieser Pflanzeninhaltsstoffe oder „Phytochemikalien“ lassen sich auch für den Vorratsschutz nutzen. Abwehrende (repellierende) Phytochemikalien könnte man rund um Vorratslager oder Lebensmittelbetriebe anwenden, um den Zuflug von Insekten zu reduzieren. In einem Lagerhaus oder Supermarkt könnten in Zukunft verpackte Produkte in einer Duftstoffwolke geschützt werden, soweit dies nicht auch den Kunden abschreckt. Zitrusöl, Zedernöl, Zimt- und Nelkenöl haben nachweislich einen Insekten vergrämenden Effekt. Schon die alten Ägypter verdampften etherische Öle in den pharaonischen Vorratslagern. Andererseits kann man die Düfte, welche die Vorratsschädlinge zum Müsli oder zur Nußschokolade locken, auch nutzen, um eine Falle attraktiv zu machen. Da die Weibchen nach diesen Lockstoffen fliegen, könnte man mit einer guten Falle sogar den Aufbau einer Mottenpopulation unterbrechen. Derzeit werden in Laborversuchen eine Reihe kommerziell erhältlicher Lebensmit-

telaromen auf ihre Lockwirkung überprüft.

Repellierende Substanzen haben oft auch eine toxische Wirkung, die möglicherweise zur Bekämpfung eines Befalls genutzt werden kann. Hier haben die pflanzlich erzeugten Chemikalien aber für den Menschen potenziell die gleichen Risiken und Nebenwirkungen wie synthetisch erzeugte. So können diese Inhaltsstoffe je nach Dosis auch für den Menschen toxisch sein, Rückstände bilden oder zur Resistenzentwicklung bei Vorratsschädlingen führen. Ein Vorteil ist die biologische Abbaubarkeit. Die Untersuchung dieser Phytochemikalien ist allemal interessant, denn einzelne Reinsubstanzen erwiesen sich schon in geringen Dosierungen als sehr wirksam gegen bestimmte Insektenarten. Eine Reihe solcher Untersuchungen haben wir zusammen mit afrikanischen Gastwissenschaftlern durchgeführt, in deren Heimatländern bestimmte Pflanzenextrakte schon traditionell zum Schutz der Vorräte eingesetzt werden. Kampher, das in Eukalyptus vorkommende Eugenol und auch Zimtöl gehören zu den wirksamen pflanzlichen Insektiziden. Versuche zeigten, daß sich die Wirksamkeit und Haltbarkeit dieser Verbindungen durch Zumischung von Pflanzenölen erhöhen läßt.

Garantiert rückstandsfrei und schnell wirksame Verfahren zur Bekämpfung von Insekten und Milben in Vorräten und Räumen sind die Anwendung extremer Temperaturen. Hitze oberhalb von 40 °C schädigt diese Tiere nachhaltig. Von allen Entwicklungsstadien des Kornkäfers können nur die Puppen 40 °C für länger als 48 Stunden überdauern. 55 °C führten schon in 10 Minuten zum Tod von Getreideplattkäfern, Reismehlkäfern, Dörrobstmotten) und Speichermotten.

Seit Kurzem wird das Hitzeverfahren in Deutschland kommerziell zur Entwesung von Mühlegebäuden und Lebensmittelbetrieben eingesetzt. Dazu wird die Hitze über elektrische Radiatoren oder Ölbrenner erzeugt und durch Gebläse gleichmäßig in den Gebäuden verteilt. Je größer die Mühle, desto aufwändiger die Behandlung.

Bisher wurden Gebäude mit einem Volumen von bis zu 20.000 m³ hitzebehandelt. Große

Maschinen erwärmen sich dabei nur langsam; auch die Temperaturen an Wasserleitungen, Fenstern und Außenmauern sind genau zu kontrollieren, damit hier kein Schlupfwinkel übrig bleibt, in dem die Insekten überleben können. Vor der Behandlung müssen Druckgasflaschen entfernt, Antriebs- und Förderbänder entspannt werden. Empfindliche Elektronikteile sind eventuell vorübergehend auszubauen. In den Schüttungen alter Hohlböden, in Kabelschächten oder an-



deren schwer zugänglichen Bereichen können die Käfer und Motten zusätzlich durch das Einblasen von Kieselgurstaub nachhaltig bekämpft werden. Jedes Gebäude ist anders, das erfordert viel Sachkenntnis. Es ist eben nicht alles nur „viel heiße Luft“.

Afrikanische Gastwissenschaftler arbeiten am Institut für Vorratsschutz über Insektenabschreckende Pflanzeninhaltsstoffe.

Fazit

Seinen anspruchsvollen Artnamen *Homo sapiens* muss sich der Mensch auch beim Schutz der Vorräte immer wieder neu verdienen, um im Wettstreit mit den vier-, sechs- oder achtbeinigen Nahrungskonkurrenten die Nase vorn zu behalten. Gerade wegen seiner faszinierenden Komplexität bleibt dieser Bereich der angewandten Naturwissenschaft auch in Zukunft ein spannendes Geschäft! ■

Dr. Cornel S. Adler, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Vorratsschutz, Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin



Die Nassfäule der Kartoffel

Eine Krankheit, ihr Erreger und die Abwehrreaktionen der Pflanze

Christina Wegener (Groß Lüsewitz)

Die Kartoffel ist für ihren hohen ernährungsphysiologischen Wert bekannt. Sie enthält alle essentiellen Aminosäuren, Mineral- und Ballaststoffe sowie wertvolle Vitamine. Es wäre daher vorteilhaft, wenn sie in der Ernährung weiter an Bedeutung gewinnt. Daraus erwächst natürlich für die Produzenten die Verpflichtung, den Markt mit qualitativ hochwertigen, gesunden Kartoffeln zu versorgen. Dies ist nicht immer ganz einfach, denn ihre wertvolle inhaltsstoffliche Zusammensetzung macht die Kartoffel auch zu einem guten Nährboden für Mikroorganismen, wie Bakterien und/oder Pilze, die im Falle einer Infektion unterschiedliche Krankheitssymptome verursachen und damit die Qualität mindern. In der Züchtung wie auch in der Züchtungsforschung wird deshalb sehr intensiv daran gearbeitet, das Gewebe der Kartoffeln resistenter gegenüber solchen Krankheiten zu machen.

Große wirtschaftliche Bedeutung hat nach wie vor die von dem Bakterium *Erwinia carotovora* (Ec) verursachte Stängel- und Knollennassfäule der Kartoffel. Die in der Welt durch Nassfäulen entstehenden Verluste werden auf 50 bis 100 Millionen Dollar jährlich geschätzt. Besonders schwerwiegend sind solche Schäden in den Entwicklungsländern, wo der Kartoffelanbau forciert wird, um den Hunger zu bekämpfen. Die bakterielle Nassfäule der Kartoffeln ist Gegenstand der Forschung am Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ). Im Folgenden soll näher auf diese Krankheit eingegangen werden.

Zur Geschichte

Anfangs eher als eine botanische Kuriosität von Liebhabern wegen ihrer schönen Blüten gesammelt (1651 sind Kartoffeln erstmalig im Berliner Lustgarten gepflanzt worden), ist die Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) inzwischen seit mehr als 100 Jahren eine unserer wichtigsten Nutzpflanzen.

Das Gen-Zentrum der Kartoffel liegt in Südamerika. Sie wurde bereits seit langer

Zeit von den Inkas für Nahrungszwecke angebaut. Nach Europa kam die Kartoffel erst um 1550 mit Entdeckungsreisenden und breitete sich von Spanien und England ausgehend auf dem gesamten eu-



Abb. 2: Die Knollennassfäule kann auch auf die Stängel übergehen. Der Stängelgrund verfärbt sich dunkel – daher der Name Schwarzbeinigkeit

Abb. 1: *Erwinia-Nassfäule* der Kartoffel

ropäischen Festland aus. In Italien war der Kartoffelanbau schon gegen Ende des 16. Jahrhunderts bekannt. In Deutschland wurde sie erst im 18. Jahrhundert in größerem Maße für Speisezwecke angebaut. Vor allem mit der Entwicklung der Kartoffelbrennerei wurde ihr Anbau stark forciert.

Mit der zunehmenden Verbreitung in Europa kamen natürlich auch die Kartoffelkrankheiten. Das massive Auftreten der durch den Pilz *Phytophthora infestans* verursachten Krautfäule in den Jahren 1844-1855 war in vielen Ländern der Auslöser für den Beginn einer bewussten Kartoffelzüchtung. Denn die damals angebauten Sorten besaßen keine Resistenz gegenüber diesem Erreger, so daß die so genannte „Kartoffelpest“ enorme Ausfälle verursachen konnte. In Irland, wo die Kartoffel die Hauptnahrung der ärmeren Menschen war, kam es zu einer Hungersnot, in deren Folge Millionen von Iren starben oder zum Auswandern gezwungen wurden.

Die Knollennassfäule der Kartoffel wurde 1879 erstmalig von Reinke und Berthold in Deutschland beschrieben. Später erkannte man deren engen Zusammenhang mit der Schwarzbeinigkeit der Stängel. Erst um die Jahrhundertwen-





de wurden ähnliche Beobachtungen in den USA und Irland gemacht. Im Jahre 1901 isolierte Jones (USA) einen Nassfäule-Erreger aus Möhren, der auch kartoffelpathogene Eigenschaften hatte. Heute tritt die Knollennassfäule in fast allen Ländern der Erde auf, die Kartoffelanbau betreiben.

Krankheitsbild

Das befallene Knollengewebe wird in eine helle, breiige, weichfaule Masse verwandelt, die oft nur noch von der dünnen Schale zusammengehalten wird (Abb. 2). Im fortgeschrittenen Stadium wird der Faulbrei mehr und mehr verflüssigt und tritt bei leichtem Druck auf die Knolle aus. An der Luft färbt er sich rot- bis schwarzbraun.

Der Faulbrei bildet den Ausgangspunkt für den Befall weiterer Knollen, da er die Ec-Bakterien in hohen Konzentrationen enthält. Unter ungünstigen Bedingungen, wie zum Beispiel dem Auftreten von Kondenswasser und in dessen Folge Sauerstoffmangel der Knollen, kann es so zu einer akuten Ausbreitung der Fäule im Lager kommen. Ganze Partien von Kartoffeln können innerhalb kurzer Zeit verflüssigt werden. Typisch für diese Krankheit ist ein modrig-muffiger Geruch.

Im Feldbestand kann die Knollennassfäule auf die Stängel übergehen. Der Stängelgrund wird weich, verfärbt sich dunkel – daher der Name Schwarzbeinigkeit (Abb. 2). Die Pflanze verwelkt und stirbt ab. Ausgangspunkt für die Krankheit ist die Verwendung von Pflanzgut, das mit den Krankheitserregern kontaminiert war.

Die Erreger und ihre Verbreitung

Die Knollennassfäule wird vom Bakterium *Erwinia carotovora* verursacht. Die Ec-Bakterien, zur Familie der Enterobacteriaceae zählend, sind bewegliche, gram-negative Stäbchen (0,5-0,8 x 1,0-2,5 µm) mit peritrich angeordneten Geißeln. Sie bilden auf Selektivmedien sehr typische Kolonien (Abb. 3).

Die Ec-Bakterien sind in der Natur weit verbreitet. So findet man sie in den meisten Flüssen, die durch landwirtschaftlich genutzte Gebiete fließen. Im Boden sind sie eher selten, werden jedoch durch die Kultivierung von besonders anfälligen Pflanzenarten immer wieder eingebracht. Hauptquelle der Verbreitung sind mit den Bakterien besiedelte nassfaule pflanzliche Gewebe. Von diesen ausgehend, werden die Bakterien mit dem Wind und/oder durch Grund- und Oberflächenwasser weiträumig verteilt. Neben der Kartoffel befallen die Ec-Bakterien auch eine Reihe anderer Pflanzen wie Möhren, Kohl, Tomaten, Paprika, Kürbis, Zwiebeln, Bohnen, Erbsen und Rüben. In der Vielfalt der Verbreitungsmöglichkeiten liegt die Ursache, dass sich die Infektionsgefahr oftmals nur sehr schwer bannen lässt.

Mechanismus der Erkrankung

Die Ec-Bakterien gelangen zumeist über Wunden, die durch mechanische Beschädigungen entstehen, in das pflanzliche Gewebe. Durch ihre Beweglichkeit kommen sie sehr schnell im Gewebe voran. Hinzu kommt, dass sie ein Gemisch von zellwandauflösenden Enzymen produ-

zieren, das optimal auf die stoffliche Zusammensetzung der pflanzlichen Zellwände eingestellt ist. So dominieren die Pektinasen und hier vor allem die Pektinlyasen (PL). Diese bewirken einen Abbau der Pektinstoffe, die bei der Kartoffel immerhin 47 % der Zellwand ausmachen. Der Abbau des Zellwandnetzwerkes wird durch weitere Enzyme, wie Cellulasen und Proteasen, vervollständigt. Die dabei gebildeten niedermolekularen Stoffe werden von den Bakterien aufgenommen und – ebenso wie die freigesetzten Zellinhaltsstoffe – verwertet. Die bakterielle Enzymproduktion wird durch Spaltprodukte des Zellwandpektins aktiviert. Die Enzyme sind ausschlaggebend für die Ausprägung der typischen Symptome einer Nassfäule.

Die Schutzmechanismen der Pflanze

Pflanzen sind in der Natur ständig von Pathogenen umgeben. Sie verfügen jedoch über ein ganzes Set von Schutz- und Abwehrmechanismen, mit denen sie diese Mikroorganismen hemmen. Bei der Kartoffel beispielsweise bildet die Schale eine erste Barriere gegen *Erwinia*-Bakterien. Sie enthält Lignin (Holzstoffe) und Suberin (Korkstoffe), die beide von den Ec-Enzymen nicht abgebaut werden können. So haben sich Sorten mit einer stabilen Schale in der Praxis oftmals gut be-

Abb. 3:
E. carotovora
Kolonien auf
Gallensalz-
Lactose-Agar



währt, obgleich ihr Gewebe durchaus anfällig für die Nassfäule ist.

Gelangen die Bakterien trotz allem in das Gewebe, so werden die pflanzlichen Abwehrmechanismen aktiviert. Denn Pflanzen erkennen eine mikrobielle Infektion an bestimmten Signalstoffen, den so genannten Elicitoren, die in Verbindung mit dem pathogenen Angriff entstehen. Als solche wirken zum Beispiel die von den *Erwinia*-Pektatlyasen gebildeten Oligogalacturonide (OG). Von den OG induzierte Abwehrreaktionen der Pflanze hindern die Ec-Bakterien, sich zu etablieren.

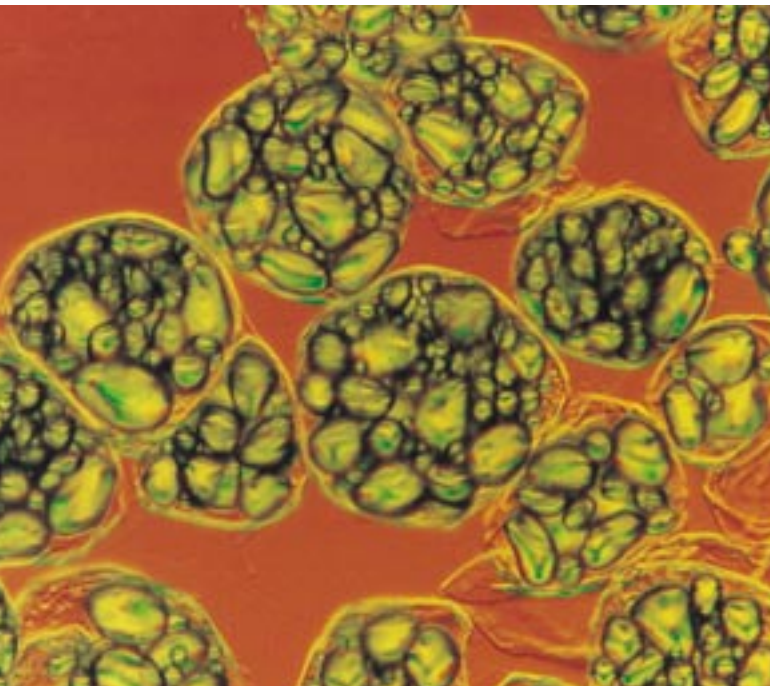


Abb. 4: Mit einer Ec-Pektatlyase aus Kartoffelknollengewebe freigesetzte Zellen

Eine der wichtigsten Reaktionen in Verbindung mit der *Erwinia*-Nassfäule ist der autolytische Zelltod, der im unmittelbaren Bereich der mikrobiellen Infektion aktiviert wird. Dadurch werden phenolische Verbindungen aus den pflanzlichen Zellen freigesetzt, die gemeinsam mit ihren Oxidationsprodukten bakterizid wirken. Die Pflanze opfert also einen Teil ihrer gesunden Zellen, um sich vor den Pathogenen zu schützen. Darüber hinaus werden die Zellwänden durch Einlagerung von Lignin und Suberin verstärkt.

Typisch für eine erfolgreiche Abwehr der Pathogene ist die Bildung von so genannten Nekrosen. Dabei wird das noch gesunde pflanzliche Gewebe nach und nach von einer Schicht aus abgestorbenen, verkorkten Zellen überlagert und so geschützt. Diese kann von den *Erwinia*-Bakterien nicht mehr durchdrungen werden. Das heißt, den Bakterien werden letztlich die Nährstoffe entzogen, und sie sterben ab. Später werden eine Reihe weiterer Stoffe gebildet, welche die Bakterien und/oder deren Enzyme hemmen. Entscheidend für eine erfolgreiche Abwehr ist jedoch immer, dass die Pflanze

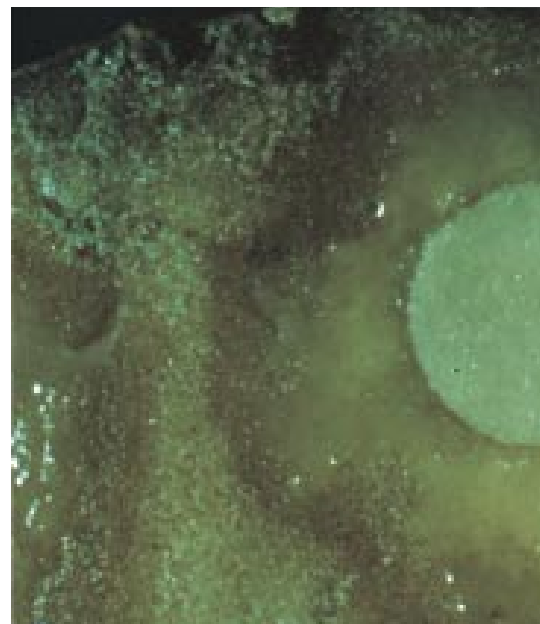
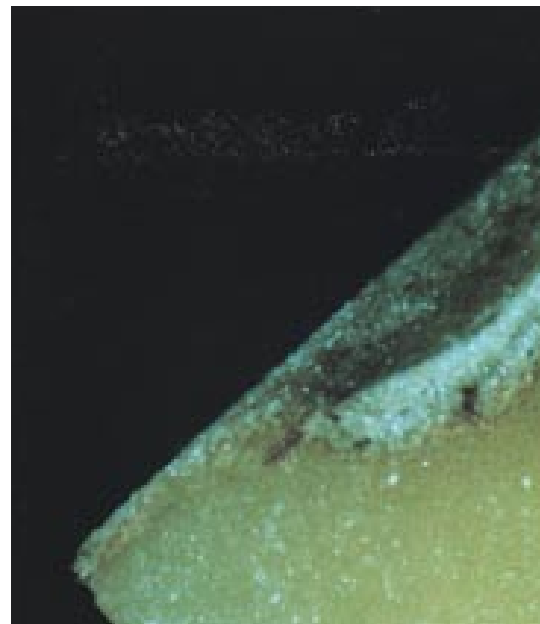
möglichst schnell auf den pathogenen Angriff reagiert.

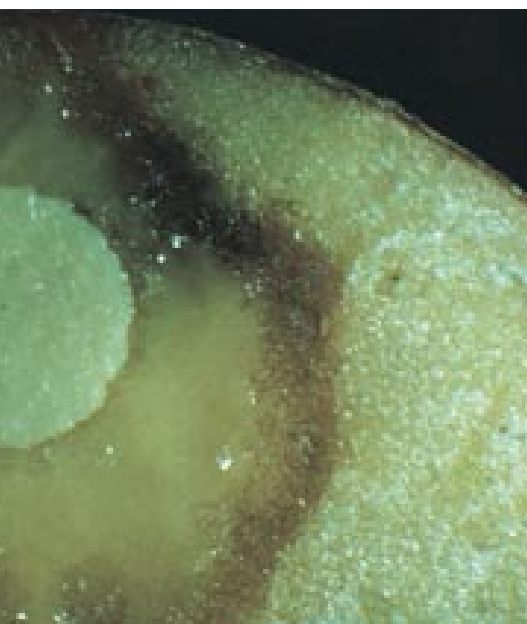
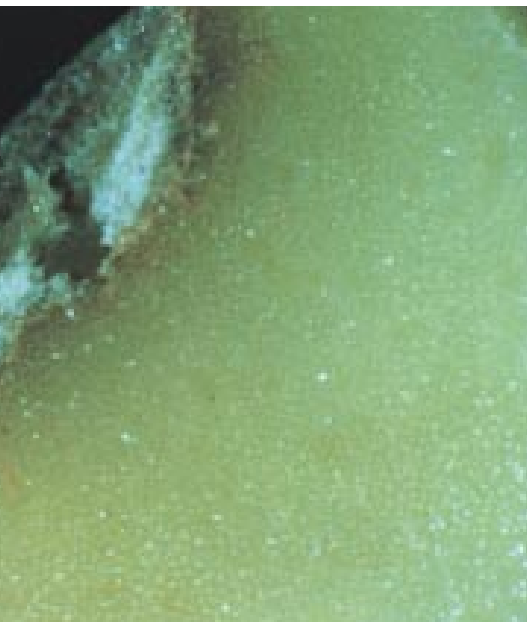
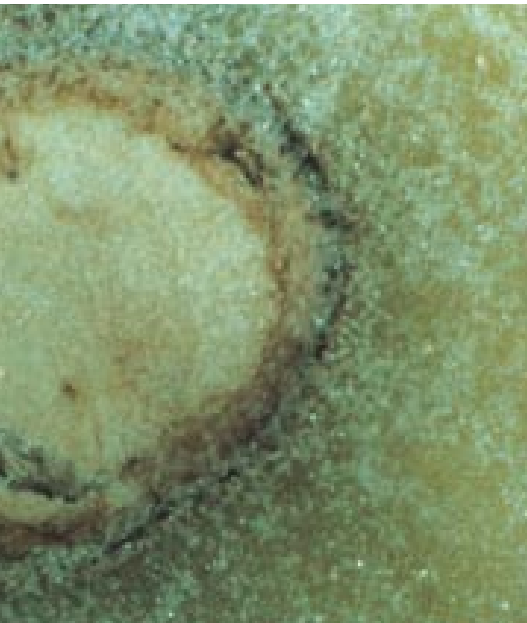
Denn in der Anfangsphase einer Infektion ist die Erregerdichte noch gering und daher leichter zu überwinden. Werden die Bakterien zu spät erkannt oder ist die Invasion zu massiv, greift der natürliche Schutzmechanismus der Pflanze nicht mehr. Sie hat den „Wettlauf“ verloren, und die Krankheit breitet sich ungehindert aus.

Neue Resistenzquellen

Die Kartoffelsorten sind alle mehr oder weniger anfällig gegenüber der *Erwinia*-Nassfäule. Schäden lassen sich bisher nur durch geeignete pflanzenbauliche Maßnahmen begrenzen. Erfolge in der Züchtung setzen die Erschließung neuer Resistenzquellen voraus, wobei ihre Übertragung in unsere Kulturkartoffeln sehr aufwändig ist. Heute bietet die Gentechnologie eine Alternative. Sie ermöglicht es, schneller neue Resistenzquellen zu erschließen und Gene, die eine Verbesserung der Resistenz bewirken, gezielt in wichtige Sorten zu übertragen. Auch in unseren Arbeiten ist sie ein wertvolles Hilfsmittel.

In Zusammenarbeit mit dem Carlsberg Laboratorium (Dänemark) sind am BAZ-Institut für Stressphysiologie und Roh-





stoffqualität Gene von *Erwinia*-Enzymen kloniert worden, die am Krankheitsprozess beteiligt sind. Die Enzymproteine wurden vor allem im Hinblick auf ihre Rolle bei der Ausprägung der *Erwinia*-Nassfäule näher charakterisiert. Eines der untersuchten Pektatlyase-Enzyme baute zum Beispiel verstärkt Pektine der pflanzlichen Mittellamelle bis hin zur Freisetzung von einzelnen Zellen ab (Abb. 4).

Neben dem Zellwandabbau haben die PL-Enzyme noch eine andere Aufgabe: Beim Abbau der Zellwandpektine liefern sie OG-Elicitoren für die Aktivierung der pflanzlichen Abwehr. Als Signale nutzt die Pflanze also die gleichen Spaltprodukte des Pektins, die auch von den Bakterien für die Aktivierung ihrer Enzymsynthese gebraucht werden. Daher setzt ein Wettlauf zwischen dem pathogenen Befall und der pflanzlichen Abwehr ein.

Wir haben das Gen einer *Erwinia*-Pektatlyase in die Kartoffel übertragen. Dadurch wird das PL-Enzym in den Zellen der transgenen Pflanzen in Spuren produziert. Werden die Zellen durch eine Verwundung der Knollen zerstört, gelangt das Enzym an das Zellwandpektin und bildet hier sofort Spaltprodukte zur Aktivierung der pflanzlichen Abwehr. Dadurch erlangt die Pflanze einen Vorsprung gegenüber eventuell eindringenden Erregern der Nassfäule. Das so sensibilisierte pflanzliche Gewebe hat also im Falle einer Verwundung einen Vorlauf gegenüber potenziellen Krankheitserregern.

Langjährige Gewächshaus- und Feldexperimente zeigen, dass auf diese Weise sensibilisierte Kartoffeln tatsächlich resistenter gegenüber der *Erwinia*-Nassfäule sind. Dies ist durch eine Vielzahl von Un-

tersuchungsergebnissen, die publiziert wurden, belegt. Das deutlichste Zeichen für die erfolgreiche Abwehr von *Erwinia*-Bakterien ist die Bildung von Nekrosen an der Wundoberfläche von PL-aktiven Knollen (Abb. 5A und B).

Auf dem Gewebe der nicht-transgenen Kontrollen hingegen wachsen die Bakterien nach der Infektion ungehindert weiter (Abb. 5C). Man kann also durch die Ausprägung eines PL-Pathoenzyms aus *Erwinia* im pflanzlichen Gewebe gezielt Resistenz induzieren. Dies erfolgt auf der Grundlage der pflanzeigenen Mechanismen und wirkt daher sicher nicht nur gegen *Erwinia*-Bakterien, sondern auch gegen andere Krankheitserreger.



Abb. 6: Knollen einer PL-aktiven, transgenen Linie der Sorte Désirée

Die PL-transgenen Kartoffeln (Abb. 6) sind also ein gutes Modell, um die sehr komplexen Zusammenhänge der pflanzlichen Abwehr auf molekularer und biochemischer Ebene näher zu untersuchen. Wir erhoffen uns von diesen Arbeiten die Erschließung neuer, noch wirksamerer Resistenzquellen. Darüber hinaus ist es für uns sehr wichtig, die Auswirkungen der pflanzlichen Abwehrreaktionen auf die Qualität der Kartoffeln zu betrachten. ■

Dr. Christina Wegener, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität, 18190 Groß Lüsewitz

Abb. 5: Nekrose auf PL-aktivem Kartoffelknollengewebe (A) und Schnitt durch eine solche (B). Wachstum von *Ec*-Bakterien auf dem Gewebe der nicht-transgenen Kontrolle (C).

Die Maul- und Klauenseuche

Permanente Bedrohung unserer Tierbestände

Bernd Haas (Tübingen) und Matthias Kramer (Wusterhausen)

Die Maul- und Klauenseuche (MKS) gehört wegen ihrer potenziell katastrophalen Auswirkungen auch heute noch zu den wirtschaftlich bedeutsamsten Tierseuchen. Zwar liegt der letzte Ausbruch der Maul- und Klauenseuche in Deutschland mehr als 12 Jahre zurück. Doch in vielen Ländern Asiens, Afrikas und Südamerikas ist sie nach wie vor heimisch. Auch die südlichen Länder Europas werden, ausgehend von der Türkei, ständig bedroht. Ausbrüche in Taiwan, Südkorea und Japan zeigen, dass die Seuche jederzeit auch in Länder eingeschleppt werden kann, die seit Jahrzehnten als krankheitsfrei galten.

Proben per Polizeihubschrauber

Am Freitag, dem 8. November 1996 erhält die Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV), Standort Tübingen, einen Anruf vom Veterinäramt des Kreises Traunstein. Es werden MKS-Verdachtsproben angekündigt, die binnen Stunden per Polizeihubschrauber eintreffen sollen.

Der Vorbericht klingt dramatisch: In einem Mastbestand mit etwa 230 Schweinen treten seit Mitte der Woche Fieber und hochgradige Lahmheiten auf. Der Tierarzt benachrichtigt das Veterinäramt. Nach einer kurzen Prüfung der Situation im Bestand stellt der Amtstierarzt den Verdacht auf Maul- und Klauenseuche

fest, alarmiert die Polizei und bittet sie, das Gehöft und den betroffenen Ortsteil abzuriegeln. Nachdem der Amtstierarzt ihm die von einem MKS-Ausbruch ausgehende Gefahr geschildert hat, schlägt der Einsatzleiter der Polizei vor, die Proben per Hubschrauber nach Tübingen zu senden. Der Amtstierarzt untersucht den Bestand nun genauer und stellt außer Fieber in einer Stallabteilung bei etwa 80% und in einer anderen bei etwa 50% der Tiere Lahmheiten sowie Läsionen am Kronsaum fest. Er entnimmt Gewebeproben von den Klauenläsionen, Blutproben sowie Nasentupferproben und schickt sie nach Tübingen zur BFAV.

Das erste Untersuchungsergebnis wird noch in der Nacht telefonisch mitgeteilt: Im ELISA, dem schnellsten Nachweisverfahren, konnte in den Gewebeproben kein MKS-Antigen nachgewiesen werden. Aufgrund dieses Befundes allein kann der MKS-Verdacht aber noch nicht ausgeräumt werden. An der BFAV wird das Wochenende durchgearbeitet. Auch während der folgenden Tage werden laufend neue Tests angesetzt.

Nachdem weder in der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) noch in der Zellkultur MKS-spezifische Nukleinsäure bzw. infektiöses Virus nachgewiesen werden können und auch die Seren mit einer Aus-



nahme, die sich als unspezifische Reaktion erweist, im Antikörper-ELISA negativ reagieren, atmen die Kollegen im Labor wie im Veterinäramt auf. Außer der MKS kann nach einigen Tagen aufgrund von Laboruntersuchungen an der BFAV auch eine Krankheit mit ähnlichem Erscheinungsbild, die „vesikuläre Schweinekrankheit“, ausgeschlossen werden. Am 14. November liegen die Ergebnisse der chemischen Analyse von Futter- und Blutproben vor: Selenvergiftung.

MKS als ständige Bedrohung

Nicht immer finden „MKS-verdächtige“ Symptome eine solche vergleichsweise harmlose Erklärung. Insbesondere nach Südeuropa wird die MKS immer wieder eingeschleppt.

Am 12. Juli 2000 informierte der griechische Veterinärdienst die Europäische Kommission, dass in der Provinz Evros an der Grenze zur europäischen Türkei die MKS (Typ ASIA) ausgebrochen sei. Davor war die Seuche zuletzt Ende Juni 1996 in die gleiche Provinz eingeschleppt worden, damals der Serotyp O. In den Seuchenherden und Kontaktbetrieben wurden über 30.000 Rinder, Schafe und Ziegen getötet und unschädlich beseitigt. In beiden Fällen wird angenommen, dass die Seuche aus der Türkei eingeschleppt wurde. Auch in Bulgarien kam es 1996 zu einem Ausbruch, ebenfalls in der Nähe





der türkischen Grenze. Im Mai 1996 meldete Albanien eine Serie von MKS-Ausbrüchen (Serotyp A), hervorgerufen durch importiertes Fleisch aus Indien oder Saudi-Arabien. Alle klinisch erkrankten Tiere und ein Teil der Kontakttiere wurden getötet und unschädlich beseitigt. Etwa 285.000 Tiere wurden auf Kosten der Europäischen Union geimpft. Der Seuchenzug breitete sich bis nach Mazedonien und Serbien aus. Dass es 1996 nicht zu ei-

ner noch weiteren Verbreitung der Seuche kam, ist sicherlich auch auf den vorwiegend lokalen Charakter des Tierhandels auf dem Balkan zurückzuführen.

Welche verheerenden Folgen eine Einschleppung der MKS in Gebieten mit moderner, intensiver Landwirtschaft haben kann, zeigen der Seuchenzug 1966/1967 in Großbritannien und die Epidemie auf Taiwan. In Großbritannien kam es auf dem Höhepunkt der Epidemie 1966 zu etwa 80 (!) Neuausbrüchen pro Tag. Insgesamt waren 2.346 Gehöfte betroffen; 433.987 Rinder, Schafe, Ziegen und Schweine mussten getötet werden. Bei der MKS-Epidemie 1997 auf Taiwan breitete sich die Seuche den Seuchenmeldungen nach binnen weniger Tage explosionsartig über fast die gesamte Insel aus. Bis Ende Mai wurden Ausbrüche in 6.134 Beständen mit zusammen über 4,6 Millionen Schweinen gemeldet, von denen über eine Million erkrankten.

Der wirtschaftlich bedeutsame Exportmarkt für Schweine aus Taiwan ist durch die MKS zusammengebrochen. Seit März 2000 wurden 4 Ausbrüche aus Japan (MKS-frei seit 1908) und eine Serie von Ausbrüchen aus Südkorea (MKS-frei seit 1934) gemeldet. Als Einschleppungsursache wird Reisstroh aus China diskutiert.

Das Risiko einer Einschleppung der MKS in die EU durch den Handel mit lebenden Tieren und Produkten aus verseuchten Ländern wird durch die bestehenden EU-weiten Einfuhrverbote verringert. Jedoch könnte die MKS zunächst unerkannt in Länder eingeschleppt werden, aus denen Klauentiere oder Produkte von diesen Tieren eingeführt werden. Es besteht zudem jederzeit die Möglichkeit einer Einschleppung des Erregers durch den Personenreiseverkehr und die verbotene, aber in der Praxis nicht wirksam unterbundene Mitführung von Lebensmitteln aus MKS-verseuchten Ländern.

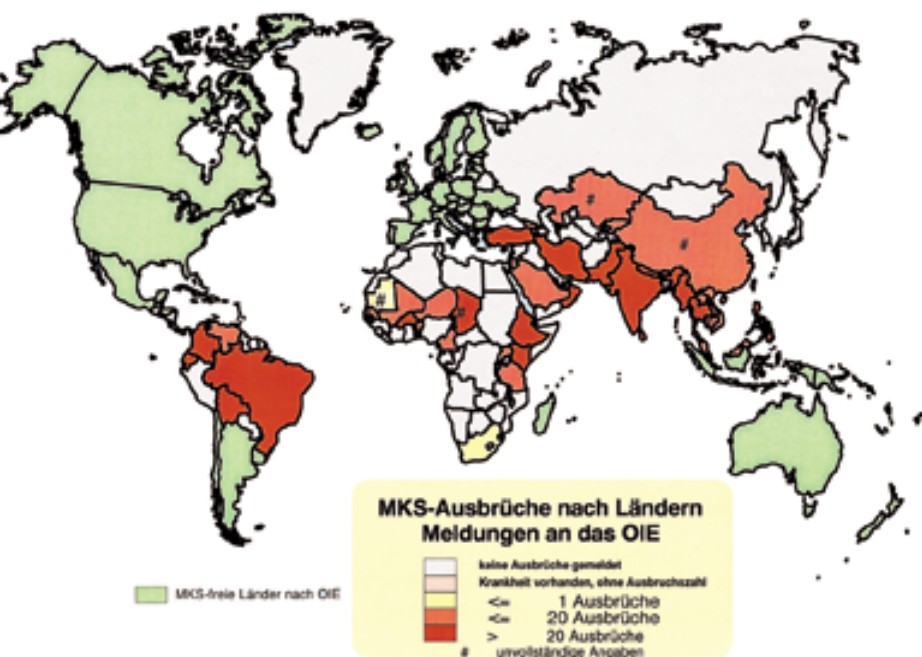
Der Landwirt hat die Möglichkeit und die Verpflichtung, durch Beschränkung des Zutritts zu seinem Tierbestand, die absolute Verhinderung der Verfütterung nicht erhitzter Speiseabfälle und die Vermeidung von Zukäufen aus dubiosen Quellen das Risiko für seinen Betrieb und die deutsche Landwirtschaft so gering wie möglich zu halten. Die Veterinärverwaltungen bereiten sich durch regelmäßige Übungen auf die MKS-Bekämpfung vor.

Der „MKS-Gürtel“

Die Weltkarte der MKS-Verbreitung (Abb. 1) zeigt einen „MKS-Gürtel“, beginnend vom asiatischen Teil der Türkei über einige Länder des Mittleren Ostens, große Teile Afrikas, den indischen Subkontinent, vielen Ländern Indochinas und des Fernen Ostens bis nach Südamerika.

Im asiatischen Teil der Türkei (Anatolien) ist die Maul- und Klauenseuche mit den Typen O und A seit Jahren heimisch. Die türkischen Veterinärbehörden haben ein MKS-Impfgebiet in Form einer Pufferzone im westlichen Teil Anatoliens eingerichtet, um ein Übergreifen der Seuche auf den europäischen Kontinent zu verhindern. Jedoch tritt auch in der Pufferzone die Krankheit immer wieder auf, unter anderem weil ständig neue MKS-Stämme in die Türkei eingeschleppt werden, gegen welche die eingesetzten Impfstoffe nicht wirken. Eine besonders akute Gefahr für Europa besteht immer dann, wenn die MKS im europäischen Teil der Türkei ausbricht. Die Kontrolle des Tierhandels vom asiatischen zum europäi-

Abb. 1: Vorkommen der Maul- und Klauenseuche in der Welt 1998 (Angaben aus: World Animal Health Reports 1998)



schen Teil der Türkei bereitet große Schwierigkeiten.

Die Situation auf dem Gebiet der ehemaligen Sowjetunion muss differenziert beurteilt werden. Während die Ukraine und Weißrussland in den letzten Jahren MKS-frei blieben und aus Russland im April 2000 ein isolierter Fall im Fernen Osten bekannt wurde, gab es eine Vielzahl von Ausbrüchen in verschiedenen Kaukasus-Republiken. In Asien sind der Iran, weite Teile Arabiens, Indien, China sowie Teile Indochinas und der Philippinen verseucht. Auch der mittlere und südliche Teil Afrikas muss in weiten Teilen als MKS-verseucht angesehen werden. 1999 trat die MKS nach mehrjähriger Seuchenfreiheit wieder in Algerien, Tunesien und Marokko auf.



Abb. 2: Symptome der Maul- und Klauenseuche: oben: Bläschen am Rüssel eines Schweins, rechts: Läsionen an Klauen und Beinen eines Schweins (Fotos: CSIRO Animal Health Laboratory, Australien)

Südamerika zählt seit vielen Jahren zu den weltweit am stärksten betroffenen Regionen, insbesondere Kolumbien, Bolivien, Peru, Ecuador, Venezuela und große Teile Brasiliens. Insgesamt hat sich die MKS-Situation in Südamerika aber im Vergleich zu den 80er Jahren gebessert; Chile und Uruguay sind amtlich MKS-frei.

Klinische Anzeichen

Die Maul- und Klauenseuche ist eine fieberhafte Viruserkrankung der Klauentiere (Rind, Schaf, Ziege, Büffel, Wildwiederkäuer und Schwein). Sie führt zur Bildung von Bläschen (Aphthen) und Erosionen an Schleimhäuten und unbehaarten Teilen der Haut, insbesondere – nomen est omen – im Bereich des Mauls und der Klauen (Abb. 2 und 3). Die Krankheit verläuft bei erwachsenen Tieren meist nicht tödlich, führt aber bei Rindern zu einem lang anhaltenden Leistungsabfall. Bei

Jungtieren können hohe Verluste durch Schädigung des Herzmuskels auftreten.

Beim Rind ist Fieber das erste Krankheitszeichen. Als weiteres Frühsymptom kann auch die Milchleistung abfallen. Die Tiere speicheln, die Maulschleimhaut ist gerötet und die Futteraufnahme geht zurück. Dann treten auf der Maulschleimhaut und den Klauen, unter Umständen auch am Euter, Bläschen auf, die nach dem Platzen rasch abheilen. Beim Schaf fallen nach einer Inkubationszeit von 2 bis 14 Tagen vorwiegend Lahmheiten auf. Meist sind die Krankheitszeichen beim Schaf schwächer ausgeprägt als beim Rind oder fehlen ganz. Zu achten ist bei MKS-Verdacht auch auf Fieber, Appetitlosigkeit, Aborte und Lämmerverluste.

Beim Schwein treten nach einer Inkubationszeit von meist 1 bis 3 Tagen Bläschen an den Sohlenballen, im Klauenspalt und am Kronsaum, teilweise auch an der Rüsselscheibe auf. Häufig sind die Bläschen zum Zeitpunkt der Untersuchung nur noch als Schorf erkennbar. Die Tie-



re zeigen einen „klammen Gang“ oder bewegen sich bei starken Schmerzen nur noch rutschend fort. Für meist 3 bis 4 Tage tritt Fieber zwischen 40-41 °C auf. Da in einem Schweinebestand nur wenige Tiere betroffen sein können, ist eine intensive Bestandskontrolle erforderlich. Häufig werden schwere Verluste unter Saugferkeln ohne Veränderungen an den Schleimhäuten beobachtet.

Befallene Bestände müssen getötet werden

Die besondere Bedeutung der MKS beruht außer auf ihrer hohen Ansteckungsfähigkeit auf den wirtschaftlichen Verlusten, die eine Einschleppung hervorruft. Diese resultieren nicht zuletzt aus den Maßnahmen, die zur Bekämpfung der Seuche erforderlich sind.

Die wichtigsten Bekämpfungsstrategien in Ländern mit fortgeschrittener Landwirtschaft sind die Tötung befallener sowie möglicherweise schon infizierter Bestände („stamping out“) und die Verhängung umfangreicher Sperrmaßnahmen, mit denen der Handel mit Klauentieren und deren Produkten unterbunden wird.

Diese drastischen Maßnahmen sind aus verschiedenen Gründen erforderlich. Infizierte Tiere, insbesondere Schweine, scheiden schon vor Auftreten deutlicher Symptome große Mengen Virus aus, während andererseits schon geringe Virusdosen zur Ansteckung eines Tieres ausreichen. Symptomlos infizierte Tiere können die Seuche daher weitertragen. Auch eine Verschleppung mit Personen, Fahrzeugen, Produkten und sogar dem Wind ist leicht möglich.

Die große Zahl potenzieller Kontaktbetriebe bei der heutigen Struktur der Landwirtschaft und der intensive und weiträumige Tierhandel in der EU erhöhen das Risiko einer explosiven Ausbreitung der Seuche. Infizierte Wiederkäuer, sogar wenn sie dank einer Impfung niemals klinische Symptome gezeigt haben, können über Monate bis Jahre Virus ausscheiden (Carrier-Status). Daher muss damit gerechnet werden, dass die Handelssperren nach einem größeren Seuchenzug lange Zeit aufrecht erhalten bleiben und große wirtschaftliche Nachteile für die betroffenen Regionen mit sich bringen.

Die Bekämpfung der MKS wird zusätzlich dadurch erschwert, dass sich das Virus ständig wandelt und neue Stämme ausbildet, was zur Entwicklung neuer Impfstoffe zwingt. Das Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland wurde in der Vergangenheit immer wieder von mehr oder weniger intensiven MKS-Seuchenzügen heimgesucht. Verbesserte Bekämpfungsmaßnahmen führten zusammen mit der jährlichen vorbeugenden Impfung aller



Abb. 3: Symptome der Maul- und Klauenseuche: links: Klauenbläschen beim Rind, rechts: Großflächige Zungenläsion beim Rind (Fotos: CSIRO Animal Health Laboratory, Australien)

Rinderbestände Mitte der 60er Jahre zu einem starken Rückgang der Ausbruchszahlen. Die letzten Seuchenausbrüche traten in den heutigen neuen Bundesländern 1982 und in den alten Bundesländern 1988 auf.

1991 wurde die Impfung in der EU eingestellt. Sie hatte ihre Aufgabe, die in Europa auftretenden MKS-Stämme zu tilgen, erfüllt und hätte gegen so genannte „exotische“ MKS-Stämme kaum Schutz geboten. Statt dessen bauten die EU wie auch verschiedene Mitgliedsländer für den Notfall internationale oder nationale Impfbanken auf. Diese enthalten tiefgefrorene Antigene verschiedener MKS-Stämme, aus denen im Falle der Seucheneinschleppung binnen Tagen für Wiederkäuer und Schweine geeignete Impfstoffe formuliert werden können.

Die Prüfung der Impfstoffe auf Wirksamkeit am Rind erfolgt an der BFAV. In Zusammenarbeit mit der Bayer AG wird an serologischen Prüfverfahren gearbeitet, mit denen bereits viele Testinfektion von Versuchstieren ersetzt werden konnten.

Aufgaben und Möglichkeiten der Diagnostik

Die Labordiagnostik hat bei der Maul- und Klauenseuche zunächst die Aufgabe, den Primärausbruch so schnell wie möglich

festzustellen und das isolierte Virus zu charakterisieren, um Empfehlungen für einen Impfstoff abgeben zu können.

Weitere Untersuchungen haben zum Ziel, die Epidemiologie der Seuche zu klären. Wenn es gelungen ist, die Seuche zum Stillstand zu bringen, schließen sich serologische Untersuchungen an um zu entscheiden, ob die verhängten Maßnahmen in den betroffenen Gebieten aufgehoben werden können.

Wegen des Ansteckungsrisikos darf mit dem MKS-Virus nur in Hochsicherheitslaboratorien gearbeitet werden. In Deutschland ist dies zur Zeit der Standort Tübingen der BFAV. Es ist geplant, die MKS-Arbeiten zum Hauptsitz der BFAV auf die Insel Riems bei Greifswald zu verlagern.

Der ELISA ist die erste und schnellste Methode zur MKS-Diagnostik; Ergebnisse liegen bereits innerhalb eines Tages vor. Der Test wird in Verdachtsfällen stets mit der Virusanzüchtung kombiniert.

Der Virusnachweis dient hauptsächlich zur Abklärung klinischer Verdachtsfälle. Er wird an der BFAV meist als Zellsuspensions-Plaquetest durchgeführt. Der Zeitbedarf beträgt mindestens 1-3 Tage bis zum Auftreten von Plaques, dann folgt die Identifizierung und Typendifferenzierung des Virus.

Der Nachweis viruspezifischer Nukleinsäure erfolgt mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Beim derzeitigen Entwicklungsstand sollte ein positives PCR-Ergeb-

nis mit anderen Labormethoden überprüft werden, sofern nicht klinische Befunde eindeutig für eine MKS-Infektion sprechen.

Die Europäische Union fördert im Rahmen ihres FAIR-Programms eine „Concerted Action“ zur Zusammenarbeit der europäischen MKS-Laboratorien bei der Weiterentwicklung labordiagnostischer Methoden. Die BFAV koordiniert zurzeit diese „Concerted Action“.

Neue Aufgaben für die Serologie ergeben sich aus der Möglichkeit, infizierte von lediglich geimpften Beständen zu unterscheiden. Der Trick dabei: Heutige inaktivierte MKS-Vakzinen erzeugen Antikörper praktisch nur gegen bestimmte Eiweiße – die Strukturproteine – des Virus, während infizierte Tiere meist auch Antikörper gegen Nicht-Strukturproteine ausbilden. Diese können durch geeignete Tests nachgewiesen werden. Zurzeit wird in deutsch-italienischer Zusammenarbeit untersucht, ob sich auch durch die Bestimmung von IgA-Antikörpern im Speichel von Rindern geimpfte von infizierten Tieren unterscheiden lassen. ■

Dr. med. vet. Bernd Haas, Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere, Institut für Immunologie, Paul-Ehrlich-Str. 28, 72076 Tübingen.

Dr. med. vet. Matthias Kramer, Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere, Institut für Epidemiologie, 16868 Wusterhausen.

„Wir brauchen das Vertrauen der Verbraucher“

Den aktuellen Themenschwerpunkt *Lebensmittelsicherheit* nahm der *ForschungsReport* zum Anlass für ein Gespräch mit Bundesernährungsminister Karl-Heinz Funke. Im Mittelpunkt standen Verbraucherpolitik, Lebensmittelkennzeichnung und das neue Weißbuch der EU.

ForschungsReport: Herr Bundesminister, nach Ihrem Amtsantritt haben Sie sich für eine stärkere Verbraucherorientierung der Agrar- und Ernährungspolitik ausgesprochen. Der Verbraucher muss nicht nur vor gesundheitlichen Risiken geschützt werden, er steht auch selbst in der Verantwortung, zum Beispiel bei der Auswahl der Produkte, dem Umgang mit Nahrungsmitteln und bei seinen Essgewohnheiten. Was hat die Bundesregierung in dieser Hinsicht zur Information und Aufklärung der Verbraucher getan?

Funke: Eine klare Verbraucherorientierung unserer Agrar- und Ernährungspolitik ist für mich unverzichtbar. Denn wir brauchen das Vertrauen der Verbraucher in unsere Lebensmittel und müssen alles tun, um es dort zurückzuerlangen, wo es verloren gegangen ist. Ich habe daher trotz der notwendigen Haushaltskonsolidierung die Förderung von Einrichtungen und Institutionen, die in der Verbraucheraufklärung im Ernährungsbereich tätig

werden im Mittagsmagazin „ARD-Buf-fet“ 15 Kurzbeiträge zu diesem Thema zu sehen sein, die in enger Zusammenarbeit mit uns entstanden sind. Wir geben das Verbraucherinformationsblatt „Compass Ernährung“ heraus und veranstalten Verbrauchersonderschauen auf Regionalausstellungen und auf der Internationalen Grünen Woche. Das BML beteiligt sich an vier Jugend-Presse-Kongressen zu Ernährungsthemen. Auch die bundesweite Obst- und Gemüsekampagne „5 am Tag“, für die ich zusammen mit der Bundesgesundheitsministerin als Schirmherr zur Verfügung stehe, erhält Fördermittel aus dem Bundesagrarhaushalt.

Umfassende und sehr erfolgreiche Aufklärungsarbeit im Auftrag des BML leistet der Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (aid). Er erstellt zahlreiche Medien zu den Themenbereichen Landwirtschaft und Umwelt sowie Verbraucher und Ernährung.

ForschungsReport: Die Kennzeichnung von Lebensmitteln ist ein Weg, interessierten Verbrauchern Informationen über die Produkte an die Hand zu geben. Gerade die Herkunftskennzeichnung von Rindfleisch als Reaktion auf die BSE-Krise hat lange auf sich warten lassen. Warum konnte hier nicht schneller reagiert werden und warum sehen die jetzt beschlossenen Regelungen noch nicht einheitliche Angaben zu Geburt, Mast und Schlachtung vor?

„Die Rindfleischetikettierung ist auf den Weg gebracht“

sind, im gleichen Umfang beibehalten. In diesem Jahr ist die Lebensmittelkennzeichnung ein Schwerpunkt unserer Aufklärungsarbeit. Ab Mitte Oktober

„Lebensmittelsicherheit ist weltweit ein Thema“

**„Das Verursacherprinzip
muss für die ganze
Lebensmittelkette gelten“**

Funke: Infolge der BSE-Krise im Jahre 1996 wurden in der EU umfassende Regeln zur Kennzeichnung und Registrierung von Rindern sowie zur Etikettierung von Rindfleisch beschlossen. Der EU-weite Aufbau entsprechender Datenbanken erfordert jedoch einen hohen Zeitaufwand, in einigen Mitgliedstaaten ist dies auch jetzt noch nicht endgültig abgeschlossen. Daher wurde zunächst die fakultative Angabe von Geburt, Mast und Schlachtung eingeführt. Verbraucher, die etikettiertes Rindfleisch einkauften, hatten die Sicherheit der Herkunft. Seit dem 1. September gelten verpflichtende Angaben über Schlachtung und Zerlegung in der gesamten EU, ab 1. Januar 2002 ist EU-weit die verpflichtende Angabe über Geburt und Mast vorgeschrieben. In Deutschland wird die Pflicht zur umfassenden Information über die Herkunft von deutschem Rindfleisch noch in diesem Jahr in Kraft treten.

ForschungsReport: *Wie ist es im Detail? Müssen neben dem klar erkennbaren Rindersteak auch Hackfleisch und Wurstwaren, in denen Rindfleisch „versteckt“ enthalten ist, deklariert werden?*

Funke: Die jetzt geltenden EU-Regeln beziehen sich auf frisches, gekühltes und gefrorenes Rindfleisch sowie auf Hackfleisch, nicht jedoch auf Verarbeitungserzeugnisse. Die Kommission ist allerdings verpflichtet, spätestens im August 2003 einen Bericht vorzulegen, ob und wie diese Angaben auch bei Verarbeitungserzeugnissen möglich sind.

ForschungsReport: *Der Umgang mit Gentechnik in der Land- und Ernährungswirtschaft wird nach wie vor kon-*

trovers diskutiert. Immer wieder werden in den Supermärkten Produkte aufgespürt, die in Spuren gentechnisch veränderte Inhaltsstoffe enthalten, ohne entsprechend gekennzeichnet zu sein. Sind hier stärkere Kontrollen oder präzisere Kennzeichnungsvorschriften notwendig?

Funke: Die Lebensmittelkennzeichnung ist ein wesentliches Element zur Information der Verbraucher. Hier haben wir durch die EG-Novel-Food-Verordnung und die EG-Verordnung zur Kennzeichnung von Lebensmitteln aus gentechnisch veränderten Sojabohnen und Mais sowie zwei ergänzende Kennzeichnungsverordnungen der Kommission schon viel erreicht.

Für die Wirtschaft sind also die Rahmenbedingungen klar. Wichtig ist, dass die geltenden nationalen und EG-rechtlichen Vorschriften auch eingehalten werden. Das ist, wie die jüngste Untersuchung der Stiftung Warentest aufgezeigt hat, leider nicht immer der Fall. Die Einhaltung der lebensmittelrechtlichen Vorschriften wird bei uns von den Ländern und ihren Behörden kontrolliert und bei Verstößen geahndet.

Darüber hinaus setze ich mich dafür ein, dass die EU-Kommission alsbald einen Vorschlag über die Kennzeichnung von Lebensmitteln, die ohne Anwendung der Gentechnik gewonnen wurden, vorlegt. Vor dem Hintergrund, dass einige Mitgliedstaaten wie wir bereits nationale Vorschriften über die Kennzeichnung von Lebensmitteln mit der Angabe „ohne Gentechnik“ haben, sind gemeinschaftsweite Kennzeichnungsregelungen auf diesem Gebiet dringend erforderlich.



ForschungsReport: Die Europäische Kommission hat mit der Vorlage ihres Weißbuchs zur Lebensmittelsicherheit deutlich gemacht, dass sie diesem Thema eine hohe Priorität zumisst. Aus der Erfahrung heraus, dass die einzelnen Mitgliedstaaten im Lebensmittelbereich die EU-Regelungen unterschiedlich anwenden, soll ein einheitlicher Rahmen für die nationalen Überwachungssysteme geschaffen werden. Welche im Weißbuch angesprochenen Punkte erachten Sie als besonders bemerkenswert?

Funke: Die Kommission verfolgt mit dem Weißbuch und den darin vorgeschlagenen Maßnahmen das Ziel, den höchstmöglichen Standard der Lebensmittelsicherheit in der Europäischen Union zu erreichen. Sie will damit das durch Krisen und Skandale erschütterte Vertrauen vieler Verbraucher in die Qualität und Sicherheit unserer Lebensmittel verbessern.

Dabei kommt der geplanten unabhängigen Europäischen Lebensmittelbehörde mit wissenschaftlicher Beratungskompetenz zentrale Bedeutung zu. Die Ankündigung der Kommission, alsbald eine Lebensmittel-Rahmenrichtlinie vorzulegen, die den notwendigen Rechtsrahmen für die Lebensmittelsicherheit in der Gemeinschaft vom Erzeuger bis zum Verbraucher schaffen und auch die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips festlegen soll, ist ebenfalls sehr zu begrüßen.

Die von der Europäischen Kommission angestrebte Verbesserung des EG-Futtermittelrechts ist aus meiner Sicht selbstver-

ständiglich, darf aber nicht isoliert gesehen werden. Neben dem Futtermittelrecht müssen auch andere für die Lebensmittelsicherheit wichtige Vorfeldregelungen, zum Beispiel im Umweltbereich, mit einbezogen werden.

Darüber hinaus kommt einer Verbesserung und Harmonisierung der amtlichen Kontrollen in den Mitgliedstaaten im Lebens- und Futtermittelbereich eine hohe Priorität zu. Damit haben wir uns im Agrarrat im März 2000 ausführlich befasst. Wir haben Einigkeit darüber erzielt, dass die Kommission mit den Behörden der Mitgliedstaaten über die Ergebnisse der durch die Kommission durchgeführten „Kontrollen der Kontrollen“ diskutiert, gemeinsame Schlussfolgerungen zieht und diese erforderlichenfalls umsetzt. Ferner sollte die Kommission bei der Methodenentwicklung für Analytik und Probenahme im Rahmen der Kontrolle stärker tätig werden.

Als eine weitere Initiative zur Verbesserung der Zusammenarbeit habe ich ange-regt, dass die Kommission die eingehenden Meldungen für das Schnellwarnsystem zunächst einer Risikobewertung, zum Beispiel durch die beabsichtigte Europäische Lebensmittelbehörde, unterziehen sollte, um das Schnellwarnsystem von unbedeutenden Meldungen zu entlasten. Die Bundesregierung wird außerdem darauf hinwirken, dass die EU Art und Umfang der Durchführung von Rückstandskontrollen bei Lebensmitteln und Futtermitteln verbindlich festlegt.

ForschungsReport: Stichwort Rückstände in Futter- und Lebensmitteln: Brauchen wir hier, wie es das Weißbuch vorsieht, weitere EU-Regelungen?

Funke: Vielfältige Faktoren beeinflussen im Vorfeld die Qualität der Futtermittel ebenso wie die Qualität der Lebensmittel. Die potenzielle Gefährdung in der Lebensmittelkette beginnt also nicht erst bei den Futtermitteln. Ich halte es daher für geboten, ergänzend zu den Maßnahmen im Weißbuch auch die erforderlichen Vorfeldregelungen im Umweltbereich, insbesondere beim Immissionsschutz, im Abfall-, Wasser- und Chemikalienrecht sowie beim Bodenschutz im Hinblick auf eine dauerhafte Sicherung des vorsorgenden gesundheitlichen Verbraucherschutzes zu



treffen. Auch hier muss – wie in vielen Bereichen – gelten: Vorbeugen ist langfristig besser als später die Schäden zu reparieren. Das Verursacherprinzip muss für die Lebensmittelkette insgesamt gelten.

ForschungsReport: Die EU-Kommission sieht, wie Sie ja bereits erwähnten, die Schaffung einer unabhängigen Europäischen Lebensmittelbehörde vor. Welche Kompetenzen soll diese Behörde erhalten?

Funke: Grundsätzlich sollte die Europäische Lebensmittelbehörde für die wissenschaftliche Beratung der Kommission, die Informationserhebung und -analyse über Fragen der Lebensmittelsicherheit und die Risikokommunikation mit der Verbraucherschaft zuständig werden. Die Aufgaben des Risikomanagements (Rechtsetzung und Kontrolle) müssen dagegen bei den nach EG-Vertrag zuständigen Organen und den Mitgliedstaaten verbleiben.

Im Detail ist vieles noch offen und nicht ausdiskutiert. Das gilt sowohl für die Organisation und die Aufgaben dieser Behörde als auch für das Zusammenspiel mit den wissenschaftlichen Ausschüssen der Kommission. Der Europäische Rat hat die EU-Kommission im Juni ausdrücklich gebeten, baldmöglichst einen konkreten Vorschlag über die Einrichtung der Europäischen Lebensmittelbehörde vorzulegen.

ForschungsReport: Es ist nicht vorgesehen, dass die Europäische Lebensmittelbehörde selbst aktiv Forschung betreibt. Darin unterscheidet sie sich zum Beispiel von den deutschen Bundesforschungsanstalten, die Ihrem Ministerium zugeordnet sind und die Bundesregierung beraten sollen. Wie ist eine sinnvolle Verzahnung zwischen den nationalen Forschungseinrichtungen und der europäischen Behörde denkbar?

Funke: Die Bundesregierung teilt die Auffassung der Kommission, dass die neue Behörde mit den nationalen Forschungseinrichtungen eng zusammenarbeiten sollte

„Ich nehme den Vertrauensverlust der Verbraucher sehr ernst“



„Vorfeldregelungen müssen mit einbezogen werden“

bis hin zu einer Vernetzung. Bei der wissenschaftlichen Informationserhebung und -analyse von Lebensmittelrisiken sollte die Europäische Lebensmittelbehörde eng mit den entsprechenden nationalen wissenschaftlichen Einrichtungen auf Bundes- und auf Länderebene zusammenarbeiten und sich dabei auf zentrale, nationale Kontaktpunkte stützen. Die neue Behörde sollte zwar Forschungsschwerpunkte definieren können, jedoch keine eigene Forschung betreiben, sondern Forschungsaufträge an renommierte wissenschaftliche Einrichtungen der Mitgliedstaaten vergeben.

Im Übrigen hat die Bundesregierung in ihrer Mitteilung vom 25. April 2000 zur Einrichtung einer Europäischen Lebensmittelbehörde ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sie selbst über kompetente wissenschaftliche Einrichtungen verfügt, die für nationale Kontaktpunkte geeignet sind; dazu zählen selbstverständlich auch die zu meinem Geschäftsbereich gehörenden Bundesforschungsanstalten.

ForschungsReport: *Das Weißbuch betont ausdrücklich, dass die Herstellungskette für Lebensmittel in Europa – trotz BSE-Krise und Dioxin-Skandalen – weltweit zu den sichersten zählt. Schließen Sie sich dieser Einschätzung an?*

Funke: Die BSE-Problematik und der belgische Dioxinskandal haben das Vertrauen der Verbraucher in die Qualität und Sicherheit der Lebensmittel erschüttert. Ich nehme diese Sorgen sehr ernst. Andererseits müssen wir aber auch die Fakten zur Kenntnis nehmen: Die Versorgung der Verbraucher mit qualitativ hochwertigen und gesundheitlich sicheren Lebensmitteln ist in Deutschland und auch in der Europäischen Union seit vielen Jahren gewährleistet. Noch nie hatten wir ein so reichhaltiges Angebot an sicheren Lebensmitteln in guter Qualität und zu so günstigen Preisen. Erforderlich ist und bleibt ein verantwortliches Handeln aller Beteiligten auf allen Stufen der Erzeugung, der Verarbeitung und des Handels, begleitet von

Rechtsvorschriften für die gesamte Lebensmittelherstellungskette, in dessen Mittelpunkt der vorsorgende Gesundheitsschutz steht.

In bestimmten Bereichen müssen zweifellos die Forschung noch intensiviert und die einschlägigen Vorschriften entsprechend angepasst werden. Die Kommission hat inzwischen einige konkrete Vorschläge vorgelegt bzw. angekündigt. Dazu zählen zum Beispiel vier Verordnungsvorschläge im Hygienebereich, die 17 EG-Richtlinien ablösen sollen. Dem Vernehmen nach steht außerdem ein Vorschlag für eine Novel-Feed-Verordnung kurz vor der internen Endabstimmung in der Kommission.

ForschungsReport: *Die Europäische Union ist ja auch ein bedeutender Agrarimporteur. Wie wird die Sicherheit von Lebensmitteln, die aus Staaten außerhalb der Union eingeführt werden, gewährleistet? Das Feld reicht da von Schweizer Käse über amerikanisches Rindfleisch bis zu tropischen Früchten.*

Funke: Die Grundsätze des Binnenmarktes gelten ebenfalls für Waren aus Nicht-Mitgliedstaaten. Diese Erzeugnisse müssen alle Anforderungen des gemeinschaftlichen Lebensmittelrechts erfüllen. An den jeweiligen Eingangszollstellen in die Gemeinschaft werden spezifische Kontrollen durchgeführt. Außerdem führt das Gemeinschaftliche Inspektionsbüro für Veterinär- und Pflanzenschutzkontrollen auch Inspektionen in Drittländern durch.

Darüber hinaus steht zurzeit das Thema Lebensmittelsicherheit weltweit ganz oben auf der Tagesordnung, zum Beispiel beim Weltwirtschaftsgipfel und bei der OECD, der WHO und im Rahmen der FAO/WHO Codex Alimentarius Kommission. Dies zeigt auch das internationale Bemühen um ein umfassendes und hohes Schutzniveau bei Lebensmitteln. Die Bundesregierung unterstützt diese Zielstellung nachdrücklich.

ForschungsReport: *Was erwarten Sie von der nächsten Verhandlungsrunde der Welthandelsorganisation WTO? Werden die hohen Sicherheits- und Umweltstandards, die in der EU bei der Produktion von landwirtschaftlichen Gütern und Lebensmitteln herrschen, im internationalen Rahmen anerkannt?*

Funke: Bei der Erarbeitung der europäischen Verhandlungsposition wurde der Absicherung von Verbraucherschutz-, Tierschutz- und Umweltstandards in der internationalen Agrarpolitik ein hoher Stellenwert beigemessen. Klare Formulierungen hierzu haben in den Schlussfolgerungen des Agrarrates und des Allgemeinen Rates für die WTO-Verhandlungen ihren Niederschlag gefunden.



„Liberalisierung darf nicht zu Lasten der Sicherheit und der Umwelt gehen“

Wir arbeiten im Rahmen von internationalen Fachorganisationen und Übereinkommen außerhalb der WTO auch weiterhin kontinuierlich an der Schaffung und Weiterentwicklung von international anerkannten Mindeststandards. Im WTO-Vertragswerk gilt es, klare Schnittstellen zwischen den multilateralen Handelsabkommen und solchen Fachabkommen zu verankern. Dort, wo eine Verständigung auf Mindeststandards auf dem derzeitigen europäischen Niveau nicht möglich ist, müssen zumindest eindeutige und kontrollierbare Kennzeichnungsregeln gefunden werden, die Transparenz für die Verbraucher schaffen.

Im Übrigen ist eine weitere Liberalisierung des Welthandels im Agrarbereich nur zu fairen Rahmenbedingungen akzeptabel. Das heißt auch, dass wir nicht hinter den erreichten Stand bei der Sicherheit von Lebensmitteln und bei der Umweltverträglichkeit der Lebensmittelproduktion zurückfallen dürfen.

ForschungsReport: *Herr Bundesminister, wir danken für das Gespräch.*

BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Institut für Vorratsschutz

Vorräte von Lebens- und Futtermitteln anzulegen ist seit Menschengedenken unerlässlich, um die Ernährung zu sichern. Doch prall gefüllte Kornspeicher und Vorratslager sind auch attraktiv für unerwünschte „Mitesser“. Vor allem Insekten konkurrieren mit dem Menschen um die eingelagerten Produkte. Das in Berlin-Dahlem gelegene Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) arbeitet daran, vorratsschädliche Insekten und Milben von den Vorräten fernzuhalten, einen Befall frühzeitig zu erkennen und diesen dann gezielt zu bekämpfen. Neu entwickelte Verfahren müssen verbraucherfreundlich sein, praxistauglich und dabei schonend für die Umwelt und das behandelte Produkt.



Abb. 1: Früherkennung von Insektenbefall im Getreide durch akustische Spurensuche

Der Schwerpunkt der Institutsarbeit hat sich in den letzten Jahren gewandelt: Standen früher fast ausschließlich chemische Schädlingsbekämpfungsverfahren im Mittelpunkt, so werden heute verstärkt auch biologische und physikalische Methoden zur Befallsabwehr bearbeitet. Dazu werden etwa 60-70 Arten der weltweit wichtigsten Vorratsschädlinge in Dauerkultur gehalten, die so zur genauen Erforschung ihrer Biologie und für Versuche bereitstehen.

Das Institut für Vorratsschutz zählt mit drei Wissenschaftlern auf Planstellen zu den kleineren BBA-Instituten. Aber zu-

sammen mit zahlreichen Gastwissenschaftlern, Doktoranden und Diplomanden – teils aus dem benachbarten und dem außereuropäischen Ausland – wird eine Vielzahl von Themen bearbeitet.

Vielfältige Kooperationen

Auf dem Gebiet der Befallsvermeidung gibt es mehrere gemeinsame Projekte mit der Lebensmittel- und der Verpackungsindustrie zur Entwicklung insektendichter Beutel und Faltschachteln.

Zur Erkennung eines Befalls im Korn verborgen lebender Vorratsschädlinge wurde zusammen mit einer mittelständischen Firma ein Mikrofon entwickelt, das den „Großen Lausangriff“ zur Früherkennung von Rüssel- und Bohnenkäfern möglich macht: Larven, die im Korn, in der Kakaobohne oder in der Erbse fressen, lassen sich über eine Mikrofonlanze mit Verstärker und Kopfhörer akustisch aufspüren (Abb. 1).

Fallen werden getestet, die Sexuallockstoffe der Insekten oder Lebensmittelaromen enthalten. In den siebziger Jahren wurden in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Seewiesen so genannte Pheromonfallen mit den Sexuallockstoffen der Mottenweibchen entwickelt. Heute werden diese Fallen in der Lebensmittelindustrie verbreitet zu Prognosezwecken eingesetzt. Sie können einen Befall anzeigen, bevor es zu großen Verlusten

kommt. Allerdings fangen diese Fallen ausschließlich Männchen, während die begatteten Weibchen weiter Eier ablegen. Gelänge es aber, eine hoch attraktive Falle für Weibchen zu entwickeln – und daran wird gearbeitet –, so könnte auf diese Weise einer Massenentwicklung entgegengewirkt werden.

Da die meisten Vorratsschädlinge durch den Handel heute weltweit verbreitet sind, kooperiert das Institut auch intensiv mit landwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen anderer Länder. Gemeinsame Forschungsaktivitäten bestehen auch mit Organisationen der Entwicklungshilfe, wie der Deutschen Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ), beispielsweise bei der biologischen Bekämpfung des aus Mittelamerika nach Afrika verschleppten Großen Kornbohrers.

Nur wenige Insektizide zugelassen

Bei der Bekämpfung muß in jedem Einzelfall die am besten geeignete Methode gewählt werden. Schaut man in dem ak-

Dossier-
anlage zur
Phosphor-
wasserstoff-
Begasung





Das Institut für Vorratsschutz befindet sich im Berliner Dienstsitz der BBA.

tuellen Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis der BBA nach Wirkstoffen, die zur Behandlung von Getreide im Vorratsschutz zugelassen sind, so findet man nur noch zwei konventionelle Insektizide. Dabei handelt es sich um das weltweit eingesetzte, hoch wirksame Gas Phosphorwasserstoff und um das flüssige Spritzmittel Pirimiphos-methyl, das überall dort angewendet wird, wo eine Begasung nicht möglich ist. Bei dem Gas Phosphorwasserstoff geht die Entwicklung hin zu Formulierungen, die zu einer schnelleren Wirkstoffverteilung führen, zu einer genaueren Dosierung und zu einer noch besseren Gebäudeabdichtung, wodurch sich die Gesamtaufwandmenge reduzieren läßt. Auch Emissionsmessungen rund um begaste Gebäude und Rückstandsuntersuchungen in behandelten Vorräten werden vom Institut durchgeführt.

sonders Puppenstadien und Eier bestimmter Insektenarten sind wahre Meister im „Luftanhalten“ und können bei extrem reduziertem Stoffwechsel lange Zeit überdauern. Bei höheren Temperaturen ist diese rückstandsfreie und umweltfreundliche Methode fast genau so schnell wirksam wie der Einsatz giftiger Gase. Im Grunde ist dieses Verfahren eine technische Weiterentwicklung der unterirdisch-hermetischen Lagerung, die im Orient und im Mittelmeerraum schon seit der Eisenzeit genutzt wurde.

Überhaupt trifft man bei der Suche nach ungiftigen, rückstandsfreien oder risikoärmeren Alternativen zum chemischen Vorratsschutz immer wieder auf Techniken, die schon unsere Vorfahren eingesetzt haben. Vor Kurzem wurde ein Kieselgurpräparat zugelassen, das aus den vermahlenden Skeletten einzelliger

Kieselalgen (Diatomeen) hergestellt ist (Abb. 2). Schon der Gründer des Instituts für Vorratsschutz, Prof. Friedrich Zacher, forschte um 1930 an diesen Stäuben, die die Wachsschicht von der Körperoberfläche der Insekten lösen und so zu deren Austrocknung führen.

Untersuchungen mit räuberischen Insekten und Parasitoiden führten unter anderem zum Einsatz der winzig kleinen Schlupfwespe *Trichogramma evanescens*. In Bioläden und Betrieben der Lebensmittelindustrie, die biologisch-organisch erzeugte Produkte verarbeiten, werden sie zur Bekämpfung vorratsschädlicher Moten verwendet.

Pflanzen bilden bestimmte Inhaltsstoffe, um mit nützlichen Insekten zu kom-

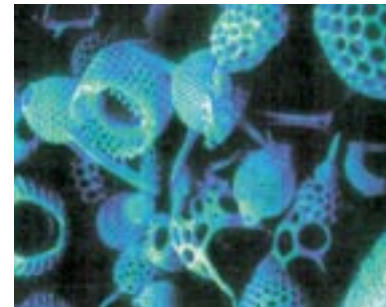


Abb. 2: Skelette von Kieselalgen vor ihrer Vermahlung zu Kieselgurstaub (rasterelektronenmikroskopische Aufnahme)

munizieren oder Schädlinge abzuwehren. Derzeitige Forschungsaktivitäten im Institut für Vorratsschutz zielen darauf ab, mit repellierenden Inhaltsstoffen Insekten von Vorräten fernzuhalten, mit attraktiven Inhaltsstoffen Insekten in Fallen zu locken oder aus pflanzlichen Giftstoffen neue, schnell abbaubare Vorratsschutzmittel zu entwickeln. ■

Dr. Cornel S. Adler, Dipl.-Biol. Werner Rassmann, Dr. Christoph Reichmuth, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Vorratsschutz, Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin

Alternativen

Neben den beiden Insektiziden sind zur Getreidebehandlung seit etwa 10 Jahren auch die Gase Kohlendioxid (CO₂) und Stickstoff (N₂) zugelassen. Mit ihnen kann man die Luft aus einem Vorratslager verdrängen. Ohne Luftsauerstoff können Schädlinge nicht atmen. Allerdings kann eine solche Behandlung bei kühlen Waren mehrere Wochen dauern, denn be-

<p>IMPRESSUM</p> <p>FORSCHUNGSREPORT Ernährung – Landwirtschaft – Forsten 2/2000 (Heft 22)</p> <p>Herausgeber: Senat der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten</p>	<p>Schriftleitung & Redaktion: Dr. Michael Welling Geschäftsstelle des Senats der Bundesforschungsanstalten c/o Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig Tel.: 0531 / 299-3396 Fax: 0531 / 299-3001 E-mail: senat@bba.de</p> <p>Redaktionsbeirat: Dr. Heinrich Brüning, BAZ Dr. Stefan Kühne, BBA Anke Schiemann</p>	<p>Konzeption, Satz und Druck: AgroConcept GmbH Clemens-August-Str. 12-14 53115 Bonn Tel.: 0228/969426-0 Fax: 0228/630311</p> <p>Webdesign: TAKO Auf dem Äckerchen 11 53343 Wachtberg Tel.: 0228 / 9323213 E-mail: froberg@tako.de</p> <p>Internet-Adresse: http://www.dainet.de/senat/</p>	<p>Bildnachweis: AgroConcept GmbH Bayer AG, Zefa</p> <p>Erscheinungsweise: Der ForschungsReport erscheint zweimal jährlich</p> <p>Nachdruck, auch auszugsweise, mit Quellenangabe zulässig (Belegexemplar erbeten) ISSN 0931-2277</p> <p>Druck auf chlorfrei gebleichtem Papier</p>
--	---	--	---

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Durchbruch beim biologischen Pflanzenschutz im Apfelanbau

Wer deutsche Äpfel der diesjährigen Ernte verzehrt, hat große Chancen in einen Apfel zu beißen, bei dem der Wurm biologisch bekämpft wurde. 5.000 ha, ein Sechstel der deutschen Anbaufläche, wurden dieses Jahr mit einer kombinierten Methode aus einem Viruspräparat gegen den Wurm und Sexualduftstoffen, durch die die Männchen des Schädling ihre Weibchen nicht finden können, behandelt. Ist dies der Durchbruch beim biologischen Pflanzenschutz? Dr. Erich Dickler vom Obstbauinstitut der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Dossenheim bei Heidelberg bejaht dies vehement: „Nach mehr als 20 Jahren Forschung hat die Praxis endlich den richtigen Weg beschritten“.



Bei der so genannten Verwirrungsmethode mit Sexuallockstoffen verdunsten im Laufe des Sommers winzige Mengen von Pheromonen aus kleinen Plastikampullen, die im Bestand aufgehängt werden. Der Geruchsstoff wird in der Natur von den Weibchen des Apfelwicklers verbreitet, um damit die Männchen anzulocken. Der Trick der Methode ist ganz einfach: Es riecht überall nach Weibchen, die Männchen sind nicht in der Lage, die Weibchen zu finden und für eine neue Generation zu sorgen. Leider funktioniert das nicht hundertprozentig, zufällig finden immer einige Männchen ein Weibchen. Deshalb muss außerdem auch die zweite Bekämpfungsmethode angewandt werden.

Diese Methode, die Bekämpfung der Schmetterlingsraupen mit einer Viruskrankheit, wurde in mehr als 20jähriger Arbeit an den Dossheimer und Darmstädter Instituten der BBA entwickelt. Das Virus selbst ist für Menschen völlig ungefährlich, es kann nur die Raupen

des Apfelwicklers befallen. Schon nach Aufnahme weniger Viruspartikel erkranken die Raupen und sterben. Die beiden Verfahren zusammen können den Wurm im Apfel zu fast 100 % bekämpfen.

Der Apfelwickler hat vielerorts gegen die wichtigsten im Obstbau verwendeten Insektizide Resistenzen entwickelt. Die biologischen Methoden bieten daher, obwohl sie teurer sind, die besten Erfolgchancen. Das Apfelanbauland Baden-Württemberg gewährt Obstbauern, die auf Biologie setzen, Ausgleichszahlungen als zusätzlichen Anreiz. (BBA)

Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung

Deutsches Getreide nahezu frei von unerwünschten Rückständen

In Deutschland erzeugtes Getreide ist nahezu frei von Rückständen unerwünschter Inhaltsstoffe. Das ergaben Untersuchungen der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGF) in Detmold an Getreideproben aus der letztjährigen 'Besonderen Ernteterminierung'. Aus dem gesamten Bundesgebiet waren 221 repräsentativ entnommene Weizen- und Roggenproben auf die Gehalte an Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittelrückständen sowie Polychlorierten Biphenylen (PCB) untersucht worden. In weiteren 320 Weizen- und Roggenproben wurden die Gehalte des Mykotoxins Zearalenon, eines von Schimmelpilzen der Gattung *Fusarium* gebildeten Giftstoffes, bestimmt. Nur in wenigen Proben wurden die gesuchten Rückstände analytisch nachgewiesen, wobei deren Gehalte fast



ausnahmslos im Spurenbereich lagen. In keinem Fall wurden die nach der Rückstands-Höchstmengenverordnung zulässigen Mengen überschritten. Die Untersuchungen erbrachten damit – wie schon in den Vorjahren – den Nachweis einer hohen Qualität des deutschen Getreides.

Die Rückstände an Insektiziden, Fungiziden und Herbiziden in Getreide sind in den vergangenen Jahren ständig zurückgegangen. Dies wertet die Bundesanstalt als ein wichtiges Indiz für den sachgerechten Umgang der Landwirte mit Pflanzenschutzmitteln. (BML)

Bundesanstalt für Milchforschung

Probiotische Milchprodukte unter der Lupe

Probiotische Milchprodukte zählen zu den Rennern unter den Milcherzeugnissen. Sie werden intensiv beworben und versprechen oft einen zusätzlichen gesundheitlichen Nutzen. Den Verbrauchern fällt es schwer, das vielfältige Angebot sowie die Qualität der verschiedenen Milchprodukte und deren Preis zu überblicken.

Mit fachlicher Unterstützung der Bundesanstalt für Milchforschung (BAfM) in Kiel haben die Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände (AgV) und die Verbraucherzentralen 60 probiotische Milchprodukte unter die Lupe genommen. In einem Untersuchungsbericht haben sie die Ergebnisse dieses Marktchecks über Inhaltsstoffe, Kennzeichnung, probiotische Bakterienkulturen und Werbeaussagen zusammengestellt. Die Kennzeichnung der verwendeten Mikroorganismen, so ein Ergebnis der Untersuchung, wurde sehr unterschiedlich gehandhabt. Die Werbeaussagen der erfassten Produkte waren meist vage gehalten. Nach dem Untersuchungsbericht sind folgende Verbraucherempfehlungen zu geben:

- Probiotische Milchprodukte sind keine Wundermittel.
- Nährstoffgehalt und Zutaten ähneln denen herkömmlicher Milchprodukte.
- Sauermilchprodukte – seien sie mit oder ohne Probiotika – leisten allesamt einen wertvollen Beitrag zur Gesundheit.

Der Untersuchungsbericht „Probiotische Milchprodukte“ ist, ebenso wie ein kurzgefasstes Faltblatt zu diesem Thema, gegen Gebühr bei den Verbraucherzentralen bzw. der AgV erhältlich. (BML)

Bundeforschungsanstalt für Fischerei

Wie lange hält sich Frischfisch im Kühlschrank?

Der Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland an Fischen, Krebsen und Weichtieren liegt bei 13 bis 14 kg pro Jahr. Unsicherheit besteht beim Verbraucher häufig bei der Frage der Haltbarkeit von Frischfisch im Kühlschrank.

Reiner Ranau und Dr. Carsten Meyer, Lebensmittelexperten am Institut für Biochemie und Technologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg, haben die Haltbarkeit und Qualitätsveränderungen von rohen Fischfilets während der Haushaltslagerung im Kühlschrank untersucht. Erste Ergebnisse wurden in der Fachzeitschrift „Informationen aus der Fischereiforschung“ veröffentlicht.

Grundlage ihrer Versuchsreihen waren Filets verschiedener Fischarten: Seelachs (Magerfisch), Rotbarsch (mittelfetter Fisch) sowie Filets vom Lachs (fetter Fisch). Neben der sensorischen Bewertung, also Aussehen, Geruch und Geschmack, ermittelten die Wissenschaftler den pH-Wert und bestimmten die Keimzahl.

„Die Untersuchungen haben verdeutlicht, dass rohe Fischfilets nach 1-2 Tagen Lagerung bei Kühlschranktemperaturen (6-9 °C) durchaus noch genussfähig sind und nach ausreichender Erhitzung ohne gesundheitliche Bedenken verzehrt werden können“, erläutern die Forscher. „Nach zwei Tagen traten häufig ein stark fischiger Geruch und bitterer, traniger Geschmack auf – typische Anzeichen für einen einsetzenden Verderb. Bestätigt wurden die sensorischen Befunde durch hohe Keimzahlen“. Besonders schnell setzte der Verderb bei roh gelagertem Rotbarschfilet ein.

Die Genussfähigkeit der gelagerten Filets sei allerdings auch stark von der Ausgangsqualität, der Frische und den hygie-

nischen Verhältnissen im Kühlschrank abhängig, resümieren die Forscher. „Sehr wichtig ist auch eine ausreichende Erhitzung während des Garens. Eine Kerntemperatur von 70 °C sollte erreicht werden“. In diesem Zusammenhang spielt auch die Art der Erhitzung bei der Zubereitung eine Rolle: Ranau und Meyer stellten fest, dass beim Fritieren bei 180 °C sämtliche Mikroorganismen abgetötet wurden, während beim Braten in der Pfanne ein Abtöten der Keime nicht immer vollständig war. (Senat)

Bundeforschungsanstalt für Ernährung

„Karlsruher Ernährungspyramide“ aufgebaut

Jeder Deutsche konsumiert jährlich mehr als eine Tonne Lebensmittel

Das Institut für Ernährungsökonomie und -soziologie der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE) hat am 5. Juli 2000 auf dem Karlsruher Marktplatz erstmals die „Karlsruher Ernährungspyramide“ aufgebaut. Die Pyramide veranschaulicht die Menge an Lebensmitteln, die ein durchschnittlicher Bundesbürger im Jahr isst und trinkt. Die Aktion lief im Rahmen der Veranstaltung „Nachhaltigkeit als Zukunftsstrategie“.



Die Ernährungspyramide der BFE auf dem Marktplatz von Karlsruhe

Mehr als eine Tonne an Lebensmitteln konsumiert statistisch jeder Mensch in Deutschland pro Jahr. Die Pyramide auf dem Karlsruher Marktplatz hatte eine Grundfläche von 2,4 x 2,4 Metern und war 2,4 Meter hoch. Da jeder Mensch essen muss, werden in Deutschland jährlich rund 80 Millionen solcher Pyramiden beschafft und verbraucht.

Zusätzliche Tafeln und Poster der BFE informierten die Besucher des Standes über aktuelle Ernährungsziele. Auch konnte man erfahren, dass die privaten Haushalte in Deutschland einen immer geringeren Anteil ihres Geldes für Essen und Trinken ausgeben. Der Anteil an Ausgaben für Lebensmittel, Getränke und Tabakwaren ist innerhalb der letzten 25 Jahre von 28 % auf 18 % gesunken.

Die Zusammenstellung der Lebensmittel, die ein Mensch verbraucht, beeinflusst nicht nur die Gesundheit, sondern wirkt sich auch direkt auf die Agrar- und Ernährungswirtschaft und die Umwelt aus. Ziel der Aktion „Ernährungspyramide“ war es, den Besuchern diese Zusammenhänge bewusst zu machen. (BFE)

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung

Institutsleiter des ZALF erhält Professur in Berlin

Vernetzung wird weiter ausgebaut

Das Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V. in Müncheberg verstärkt durch eine gemeinsame Berufung das Netzwerk berlin-brandenburgischer Agrarlandschaftsforschung: Der Leiter des Instituts für Sozioökonomie am ZALF, Dr. Klaus Müller, wurde am 12. September an der Humboldt-Universität zu Berlin zum Professor ernannt und übernimmt dort eine Professur für Ökonomie und Politik des ländlichen Raumes.

Müller promovierte an der Universität Gießen, habilitierte sich 1994 für das Fach Volkswirtschaftslehre und übernahm 1997 die Leitung des Instituts für Sozioökonomie. Seine Tätigkeiten am ZALF, vor allem die Untersuchung von Fragen einer multifunktionalen Landschaftsnutzung im Stadt-Land-Verbund, setzt Müller auch nach der Berufung in Personalunion fort.

Bereits Ende August übernahm Dr. Harald Kächele eine Professur für Umweltökonomie an der Fachhochschule Eberswalde. Die Verbindung von Forschung, Lehre und Praxis im ZALF, die sich in solchen gemeinsamen Berufungen ausdrückt, basiert auf Kooperationsverträgen des ZALF mit den Hochschulen der Region. Auch mit den Universitäten in Potsdam und Cottbus sind

gemeinsame Berufungen in Vorbereitung. So wird der neue Direktor des ZALF zugleich eine Professur für Geoökologie an der Universität Potsdam übernehmen.

(ZALF)

Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere

Förderpreis an Wissenschaftler der BFAV verliehen

Zweite große Auszeichnung für jungen Tiermediziner

Dr. Jens Peter Teifke von der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV) hat den Förderpreis der Akademie für Tiergesundheit (AfT) erhalten. Die hoch angesehene Auszeichnung wurde dem Privatdozenten auf der Festsitzung des diesjährigen Deutschen Tierärztetages in Würzburg verliehen. Dr. Teifke erhielt den Förderpreis für seine molekular-pathologischen Arbeiten über die Ursachen und das Wachstumsverhalten von Haut- und Schleimhauttumoren.

Nachdem ihm 1996 der Karl-Pfizer Nachwuchsförderpreis zuerkannt worden war, erhielt er nunmehr mit dem Förderpreis der AfT die zweite hohe wissenschaftliche Auszeichnung. (BFAV)

Bundesforschungsanstalten

Bundesforschungsanstalten zeigen (Bio-)Profil

Überzeugende Forschungsprojekte im BioProfile-Wettbewerb des BMBF

Die Jury des bundesweiten „BioProfile“-Wettbewerbs des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) hat im Sommer dieses Jahres 20 Forschungskonzeptionen für die Zwischenrunde nominiert. Damit verbunden ist eine Förderung von jeweils bis zu 100.000 DM. Den drei besten Konzeptionen winken im Mai 2001 Fördermittel von insgesamt 100 Millionen DM. Grund zur Freude haben die Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML): Alle Konzeptionen, an denen sie mit Teilprojekten betei-

ligt sind, stehen in der zweiten Runde.

BioProfile richtet sich an Regionen, die sich in besonders zukunftssträchtigen Gebieten der Biotechnologie profiliert haben. Die Bundesregierung verfolgt mit dem Wettbewerb das Ziel, das biowissenschaftliche Know-how in Deutschland zu mobilisieren und zu nutzen.

„Zukunftsprogramm Pflanzenbiotechnologie. Die marktfähige transgene Pflanze der nächsten Generation“, so lautet die erfolgreiche Konzeption der Forschungsregion BioRegion, einem Netzwerk im Städtedreieck Hannover-Braunschweig-Göttingen. Ziel ist hier die Entwicklung von Nutzpflanzen, die mit gentechnisch veränderten Erbanlagen dem Verbraucher einen direkt erkennbaren Nutzen bringen, also beispielsweise weniger Pflanzenschutzmittel benötigen. Die Forscher streben an, gentechnische Veränderungen gezielter als bisher einzusetzen: Sie sollen zum Beispiel nur in den Pflanzenteilen zum Tragen kommen, in denen sie benötigt werden. Besonders wichtig ist den Wissenschaftlern die Transparenz ihrer Entwicklungen für die Öffentlichkeit; Wünsche und Befürchtungen der Verbraucher sollen ernst genommen und berücksichtigt werden. Beteiligt an dem Projekt sind die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) und die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig.

Auf den ersten Blick ähnlich erscheint die Konzeption der Region Kiel-Hamburg: „Schlüsseltechnologien zur Produktion marktfähiger transgener Pflanzen“. Das Projekt ist aber weiter gefasst, der Begriff Pflanze reicht hier von Algen bis hin zu Bäumen. Gerade bei den Bäumen lassen die Experten der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) in Großhansdorf bei Hamburg ihre langjährige Erfahrung mit der Transformation von schnellwachsenden Baumarten wie Pappeln in das Projekt einfließen. Wichtig in diesem Zusammenhang sind zum Beispiel Tests, die Hinweise auf die Stabilität gentechnischer Veränderungen geben. Schließlich lebt ein Baum länger als eine Raps- oder eine Zuckerrübe. Durch gezielte Änderungen im Erbgut lassen sich der Ligningehalt oder die Holzbildung der Bäume an die jeweiligen Erfordernisse anpassen. Die BFH-Wissenschaftler denken aber auch daran, Bäume als „Bioreaktoren“ zur Produktion bestimmter Stoffe für

die industrielle Verwertung zu nutzen. Das Institut für Zierpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) im schleswig-holsteinischen Ahrensburg sucht im Rahmen des gleichen Projekts nach neuen Wegen, Zierpflanzen unempfindlich gegen Pilzkrankheiten zu machen. Dabei sollen Techniken entwickelt werden, mit denen gezielt in das Erbgut der Pflanzen eingegriffen wird, ohne dass unerwünschte „Hilfs-Gene“ wie beispielsweise Antibiotika-Resistenzgene in das Genom gelangen oder dort zurück bleiben.

Um Ernährungsfragen dreht sich eine zweite erfolgreiche Konzeption der Region Kiel-Hamburg. Ihr Titel: „Lipide und Fettsäuren für Lebensmittel mit besonderem gesundheitlichen Wert“. Mit im Boot sitzt die Bundesanstalt für Milchforschung (BAfM) in Kiel. Den Milchwissenschaftlern geht es um die Wirkungen und die ernährungsphysiologische Bewertung von Fetten und Fettsäuren. Im Mittelpunkt stehen dabei die konjugierten Linolsäuren, denen eine gesundheitsfördernde Wirkung zugeschrieben wird.

Einen außergewöhnlichen Ansatz verfolgt die Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV) auf der Insel Riems bei Greifswald: Die Wissenschaftler schlagen mit der „Impfmöhre“ einen Spagat zwischen Pflanzenbiotechnologie und Tiermedizin. Die Idee ist, Futterpflanzen gentechnisch so zu verändern, dass Nutztiere bestimmte Impfstoffe direkt mit der Nahrung aufnehmen. Denkbar wäre es zum Beispiel, in Möhren Teile krankmachender Viren (Hüllproteine) einzubauen, gegen die die Tiere Antikörper bilden würden. Kämen sie dann in Kontakt mit den echten Viren, wären sie gegen die Krankheit geschützt. Eingebunden ist dieser Forschungsansatz in das Projekt „BIONetz Ostsee Küste – Meerwert in der Pflanze“ der Region Greifswald-Rostock. Auch zwei Züchtungsforschungsinstitute der BAZ im mecklenburgischen Groß Lüsewitz sind in diesem Netzwerk vertreten.

Die Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE) in Karlsruhe beteiligt sich an der Konzeption „Biotechnologische Entwicklungen und Anwendungen im Bereich der Sonderkulturen“ des Vereins Grüne Biotechnologie Rheinland-Pfalz.

Bis zum Januar kommenden Jahres haben die Teilnehmer in den ausgewählten

Regionen Zeit, ihre Ideen weiter zu entwickeln. Besonderes Gewicht legt die Jury auf die Umsetzungsmöglichkeiten und praktischen Nutzenanwendungen, die in den Konzepten stecken. Schon jetzt hat sich in den beteiligten Regionen ein intensives Netzwerk an Kooperationen herausgebildet, das zu gemeinsamen Forschungsprojekten, aber auch zur Gründung aufstrebender BioTech-Unternehmen geführt hat. Dass die Bundesforschungsanstalten in den Netzwerken als gefragte Partner mitein stehen, liegt nicht zuletzt an der anwendungsorientierten Arbeit ihrer Wissenschaftler.

(M. Welling, Senat)

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung

Weltneuheit auf den DLG-Feldtagen vorgestellt

Innovationen durch „pre agro“

Wissenschaftler des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) haben zusammen mit dem Landmaschinenhersteller Anazonen-Werke eine „Kreisel-Grubber-Kombination“ entwickelt, die den Boden innerhalb eines Ackerschlages gerade so tief bearbeitet, wie es die kleinräumigen Gegebenheiten erfordern (precision agriculture). Auf den diesjährigen DLG-Feldtagen in Rottmersleben bei Magdeburg wurde ein Prototyp des Geräts erstmals einem größeren Fachpublikum vorgestellt.

Die Besucher der DLG-Feldtage erwartete eine Weltneuheit: Die Maschinen-Kombination für ortsspezifische Bodenbearbeitung erlaubt – gesteuert vom Bordterminal des Traktors – eine gezielte Veränderung der Arbeitstiefe von 8-25 cm. Bislang konnten die Landwirte den Boden nur mit einer starren, fest eingestellten Arbeitstiefe bearbeiten – ein Nachteil besonders auf großen, uneinheitlichen Flächen hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Bodenschonung. Mit dem vorgestellten Gerät lassen sich zum Beispiel Zonen mit Bodenverdichtungen individuell tiefer bearbeiten. Möglich wird die Neuerung durch computerlesbare Anweisungskarten.

Zusammen mit dem Gerät wurde ein vom Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) in Münchenberg entwickeltes Konzept zur Berechnung einer standortangepassten Saatmenge vorgestellt, das von der Firma Agricon softwaremäßig umgesetzt wurde.

Die Maschinen-Kombination wie auch das Softwaremodul zur Aussaatmenge sind Ergebnisse des vom ZALF koordinierten Verbundprojektes „pre agro“. Ziel dieses Projektes ist es, ein Managementsystem für ortsspezifischen Pflanzenbau zu entwickeln, das ökonomische und ökologische Ziele der Landbewirtschaftung miteinander verbindet. Dipl.-Ing. Andreas Jarfe vom ZALF zu den Hintergründen: „In der Landwirtschaft führen bereits kleinräumig auftretende Standortunterschiede zu großen Ertrags- und Qualitätsunterschieden. Durch Berücksichtigung der kleinräumigen Standortgegebenheiten sollen die vorhandenen Ertragspotenziale besser ausgeschöpft werden“. Umgesetzt in Softwareprodukte versetzen die Ergebnisse den Landwirt in die Lage, die Bewirtschaftung optimal auf die jeweiligen Teilflächen innerhalb seiner Felder abzustimmen. Gefördert wird das „pre agro“-Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

(ZALF, Senat)

Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere

Neunzig Jahre Virusforschung auf der Insel Riems

'Eure Exzellenz berichte ich gehoramt, daß ich sofort nach dem Eintreffen einer frischen Lymphprobe aus Witkowo am Montag, dem 10. Oktober 1910 mit den Arbeiten auf der Insel Riems begonnen habe'. Dieser Bericht des Greifswalder Universitätsprofessors Friedrich Loeffler an den preußischen Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten vor 90 Jahren markiert den Beginn der Forschungsarbeiten auf der Insel Riems und damit die Gründung der weltweit ersten und damit heute ältesten virologischen Forschungsstätte.

Der Umzug auf die Insel geschah nicht ganz freiwillig: Nachdem Loefflers Experimente mit dem Virus der Maul- und Klau-

enseuche, das er gemeinsam mit Paul Frosch 1898 als erstes tierpathogenes Virus identifiziert hatte, in der Umgebung von Greifswald zu wiederholten Ausbrüchen der Seuche geführt hatten, wurde ihm 1907 die Fortführung der Arbeiten in Greifswald untersagt. Er war sich der Gefahr durch diesen Erreger aber vorher schon bewusst und schrieb 1906: '... daß die Lage eines künftigen Instituts an und für sich eine derartige sein müsse, daß eine Verbreitung des Infektionsstoffes durch sie allein schon vollständig ausgeschlossen sein würde. Am besten würde sich ohne Zweifel eine Insel für diese Zwecke eignen'. Nach mehreren Besichtigungen der Ostsee-Inseln Riems und Koos entschied er sich letztlich für die Insel Riems.



Das Loeffler-Haus auf der Insel Riems ist die Keimzelle des Riemser Forschungsstandortes. Ab 1910 arbeitete Friedrich Loeffler hier über den Erreger der Maul- und Klauenseuche.

Ursprünglich ausschließlich zur Erforschung der Maul- und Klauenseuche gegründet, weiteten sich die Forschungsarbeiten nach dem Tod Loefflers (1915) unter seinem Nachfolger Prof. Otto Waldmann auf eine Vielzahl anderer Viruserkrankungen bei Tieren aus, so zum Beispiel Schweinepest und Geflügelpest. Dem Zusammenbruch nach dem 2. Weltkrieg mit der Auflösung des Instituts folgte unter Prof. Heinz Röhrer ein Neubeginn, der die Tradition der Virusforschung fortsetzte. Nach der Wiedervereinigung wurde das Riemser Institut in die Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV) eingegliedert.

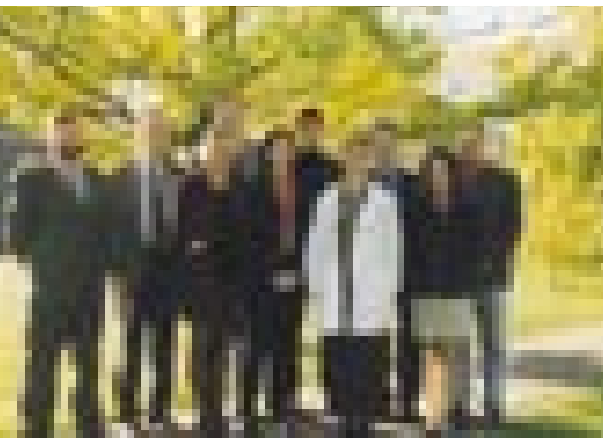
Heute ist die Insel Riems unter Leitung von Prof. Thomas C. Mettenleiter Hauptsitz dieser Forschungsanstalt. Nach Plänen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten soll die Insel Riems in den nächsten Jahren zum zentralen Tierseuchenforschungsstandort Deutschlands ausgebaut werden, wofür Investitionen in Höhe von 200 Millionen DM vorgesehen sind. Damit eröffnet sich für das Riemser Institut eine weit in die Zukunft weisende Perspektive, die eine Fortführung der langen Tradition sicherstellen sollte.

(BFAV)

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

100. Sitzung des ECCO-Teams in Braunschweig

Die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln auf europäischer Ebene kommt stetig voran. An der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Braunschweig fand vom 3. bis 7. Juli 2000 die einhundertste Sitzung einer Arbeitsgruppe statt, die Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln bewertet.



Wissenschaftler am Rande der ECCO-Sitzung in Braunschweig

Alle in Pflanzenschutzmitteln enthaltenen Wirkstoffe werden in der Europäischen Union nach einer 1991 festgelegten EU-Richtlinie geprüft. In die europäische Positivliste werden nur Wirkstoffe übernommen, deren Anwendung keine Gefahr für Gesundheit von Mensch und Tier und kein unvertretbares Risiko für den Naturhaushalt darstellen. Künftig dürfen in der EU nur Pflanzenschutzmittel zugelassen werden, deren Wirkstoffe in dieser Positivliste aufgeführt sind.

1991 wurde zur Prüfung der rund 800 auf dem EU-Markt befindlichen Wirkstoffe ein Arbeitsprogramm festgelegt, das 2003 abgeschlossen werden soll. Seit August 1996 wird die EU-Prüfung im Auftrag der Europäischen Kommission von zwei renommierten Zulassungsbehörden koordiniert: der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig und dem Pesticides Safety Directorate in York (Großbritannien). Dazu wurden in beiden Zentren so genannte ECCO-Teams gegründet (ECCO = European Commission Co-ordination),

welche die Expertensitzungen organisieren und durchführen.

In den Eröffnungsansprachen der 100. Sitzung wurde die herausragende Bedeutung der ECCO-Teams für die europäische Wirkstoffprüfung unterstrichen. In den bisherigen Sitzungen berieten etwa 200 Experten über 93 Wirkstoffe. Außerdem wurden Leitlinien zur gemeinsamen Prüfung und Bewertung erarbeitet sowie ein Handbuch zu technischen Fragen der Prüfung erstellt. Ein Randergebnis war vielleicht das wichtigste: Der intensive persönliche Kontakt der beteiligten Experten war die Grundlage für die Entwicklung von Vertrauen und Partnerschaft.

Zum zufriedenen Zurücklehnen besteht jedoch kein Anlass, denn eine abschließende Beurteilung steht für die meisten Mittel noch aus. Erst 17 Entscheidungen sind bisher von der Europäischen Kommission gefällt worden, und nur sieben Wirkstoffe stehen auf der Positivliste. „Die Interessen der einzelnen Länder sind sehr unterschiedlich und die bisherigen Zulassungssysteme zu verschieden“, sagt Dr. Jörg-Rainer Lundeck als zuständiger Koordinator von der Biologischen Bundesanstalt. So spielt zum Beispiel der Umweltschutz in Schweden und Finnland eine größere Rolle als die Landwirtschaft, die jedoch in den südlichen EU-Staaten ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor ist.

Nach der Phase des Zusammenwachsens ist jetzt der Übergang zu effizienter Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Zulassungsbehörden dringend nötig. Das in den 100 gemeinsamen Sitzungen gewachsene Vertrauen wird dabei eine große Hilfe sein. *(J. v. Kietzell, BBA)*

Senat der Bundesforschungsanstalten

Biokonversion: der aktuelle Forschungsstand

Tagungsband erschienen

In der Vielfalt ihrer Fähigkeiten noch lange nicht erforscht, sind Mikroorganismen für die moderne Industrie mittlerweile unentbehrlich. Woran die Wissenschaftler derzeit in ihren Labors arbeiten, wurde beim zweiten Workshop „Biokon-

version nachwachsender Rohstoffe“ deutlich, den der Arbeitskreis „Nachwachsende Rohstoffe“ des Senats der Bundesforschungsanstalten zusammen mit der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) im Oktober 1999 an der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig durchgeführt hat. Die Ergebnisse der Tagung fasst der jetzt erschienene Band 15 der Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ zusammen.

Mit dem Begriff „Biokonversion“ bezeichnen die Experten Verfahren, pflanzliche Rohstoffe auf biotechnologische Weise zu veredeln, also in höherwertige Produkte umzuwandeln. Ob pflanzliche Öle, Lignocellulose oder Zucker: An fast allen nachwachsenden Rohstoffen machen sich Bakterien oder Pilze unter der Aufsicht der Chemiker schon zu schaffen. Wie kleine Fabriken sind sie in der Lage, daraus wichtige Rohstoffe für die Industrie herzustellen.

Den jetzigen Stand der Forschung geben die Beiträge des Bandes wieder, wobei allen präsentierten Arbeiten ein Ziel gemein ist: Innovative Methoden sollen dazu führen, dass nachwachsende Rohstoffe von der Industrie besser nachgefragt werden.

Während sich Produkte aus biotechnologisch veränderter Stärke unter den Reinigungsmitteln, Pharmazeutika und Biokunststoffen schon fest etabliert haben, greift die Industrie auf Zucker bislang kaum zurück. Man ist sich lediglich seines großen Nutzungspotenzials bewusst. Einzelbeiträge beleuchten erfolgversprechende Forschungsansätze.

Im Bereich Holz arbeiten die Wissenschaftler verstärkt daran, mit Enzymen die Cellulose besser abzubauen, um der Papier- und Textilindustrie ihre Verwendung zu erleichtern. Für Feinchemikalien, Tenside und Beschichtungsmaterialien zeichnen sich Perspektiven ab.

Relativ weit sind die Forschungen zur Biokonversion pflanzlicher Öle gediehen. Vor allem für die Herstellung von Tensiden oder von Kunststoffen greifen die Chemiker vermehrt auf die neuen Methoden zurück.

Die neue Publikation der FNR ist beim Landwirtschaftsverlag Münster oder über den Buchhandel (ISBN 3-7843-3044-4) erhältlich. *(FNR)*



Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) unterhält einen Forschungsbereich, um wissenschaftliche Entscheidungshilfen für die Ernährungs-, Land- und Forstwirtschaftspolitik der Bundesregierung zu erarbeiten und damit zugleich die Erkenntnisse auf

diesen Gebieten zum Nutzen des Gemeinwohls zu erweitern (Rochusstr. 1, 53123 Bonn, Tel.: 0228/529-0, <http://www.bml.de>).

Dieser Forschungsbereich wird von 10 Bundesforschungsanstalten und der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) gebildet und hat folgende Aufgaben:

■ **Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL):**

Erhaltung und Pflege natürlicher Ressourcen agrarischer Ökosysteme und Weiterentwicklung der Nahrungs- und Rohstoffproduktion unter verstärkter Einbeziehung neuer Wissensgebiete und Forschungsmethoden. Dabei stellen die Analyse, Folgenabschätzung und Bewertung von zukünftigen Entwicklungen für die Landwirtschaft und die ländlichen Räume einen besonderen Schwerpunkt dar (Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Tel.: 0531/596-1, <http://www.fal.de>).

■ **Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA):**

Eine selbständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsanstalt mit im Pflanzenschutz-, Gentechnik- und Bundesseuchengesetz festgelegten Aufgaben. Forschung auf dem Gesamtgebiet des Pflanzen- und Vorratsschutzes; Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln; Eintragung und Prüfung von Pflanzenschutzgeräten; Beteiligung bei der Bewertung von Umweltchemikalien nach dem Chemikaliengesetz; Mitwirkung bei der Genehmigung zur Freisetzung und zum Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen (Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, Tel.: 0531/299-5, <http://www.bba.de>).

■ **Bundesanstalt für Milchforschung (BAFM):**

Erarbeitung der Grundlagen für die Erzeugung von Milch, die Herstellung von Milchprodukten und anderen Lebensmitteln und die ökonomische Bewertung der Verarbeitungsprozesse sowie den Verzehr von Lebensmitteln mit dem Ziel einer gesunden Ernährung (Hermann-Weigmann-Str. 1, 24103 Kiel, Tel.: 0431/609-1, <http://www.bafm.de>).

■ **Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi):**

Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Wahrnehmung deutscher Verpflichtungen und Interessen in der Gemeinsamen Europäischen Fischereipolitik, in den internationalen Meeresnutzungs- und Schutzabkommen sowie im Lebensmittelrecht (Palmaille 9, 22767 Hamburg, Tel.: 040/38905-0, <http://www.dainet.de/bfafi>).

■ **Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH):**

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Erhaltung des Waldes und zur Steigerung seiner Leistung sowie zur Verbesserung der Nutzung des Rohstoffes Holz und zur Steigerung der Produktivität in der Holzwirtschaft (Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg, Tel.: 040/73962-0, <http://www.dainet.de/bfh>).

■ **Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGKF):**

Forschungsarbeiten mit der Zielsetzung einer Qualitätsverbesserung von Getreide, Mehl, Brot und anderen Getreideerzeugnissen, von Kartoffeln und deren Veredelungsprodukten sowie der Lösung wissenschaftlicher und technologischer Fragen im Zusammenhang mit Ölsaaten und -früchten und daraus gewonnenen Nahrungsfetten und -ölen sowie Eiweißstoffen (Schützenberg 12, 32756 Detmold, Tel.: 05231/741-0, <http://www.dainet.de/bagkf>).

■ **Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV):**

Eine selbständige Bundesoberbehörde mit im Tierseuchengesetz und Gentechnikgesetz festgelegten Aufgaben. Erforschung und Erarbeitung von Grundlagen für die Bekämpfung viraler Tierseuchen (Boddenblick 5a, 17498 Insel Riems, Tel.: 038351/7-0, <http://www.dainet.de/bfav>).

■ **Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF):**

Erforschung der Voraussetzungen, unter denen die Versorgung mit qualitativ hochwertigem Fleisch sowie einwandfreien Fleischerzeugnissen einschließlich Schlachtfetten und Geflügelerzeugnissen sichergestellt ist (E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326 Kulmbach, Tel.: 09221/803-1, <http://www.dainet.de/baff>).

■ **Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE):**

Horizontale, das gesamte Gebiet der Ernährungs-, Lebensmittel- und Haushaltswissenschaften übergreifende Aufgabenstellung (Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, Tel.: 0721/6625-0, <http://www.dainet.de/bfe>).

■ **Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ):**

Erhöhung der biotischen Resistenz und der Verbesserung der abiotischen Toleranz der Kulturpflanzen sowie Entwicklung von Zuchtmethoden und Verbesserung der Produktqualität (Neuer Weg 22/23, 06484 Quedlinburg, Tel.: 03946/47-0, <http://www.bafz.de>).

■ **Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI):**

Aufbau des Deutschen Agrarinformationsnetzes (DAINet), Online-Angebot nationaler und internationaler Datenbanken, Forschung und Entwicklung auf den Gebieten Agrardokumentation und Informatik sowie Koordinierung der Dokumentation im Fachinformationssystem Ernährung, Land- und Forstwirtschaft (FIS-ELF) (Villichgasse 17, 53177 Bonn, Tel.: 0228/ 9548-0, <http://www.zadi.de>).

● **Forschungseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft G. W. Leibniz**

Darüber hinaus sind sechs Forschungseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft G. W. Leibniz dem Geschäftsbereich des BML zugeordnet: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA) (Lichtenbergstr. 4, 85748 Garching, Tel.: 089/28914170, <http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de>); Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V. (ZALF) (Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg, Tel.: 033432/82-0, <http://www.zalf.de>); Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB) (Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim, Tel.: 0331/5699-0, <http://www.atb-potsdam.de>); Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e. V. (IGZ) (Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, Tel.: 033701/78-0, <http://www.dainet.de/igz>); Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) (Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, Tel.: 038208/68-5, <http://www.fbn-dummerstorf.de>); Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) (Theodor-Lieser-Straße 2, 06120 Halle/S., Tel.: 0345/5008-111, <http://www.iamo.de>).

Die wissenschaftlichen Aktivitäten des Forschungsbereiches werden durch den **Senat der Bundesforschungsanstalten** koordiniert, dem die Leiter der Bundesforschungsanstalten, der Leiter der ZADI und sieben zusätzlich aus dem Forschungsbereich gewählte Wissenschaftler angehören. Der Senat wird von einem auf zwei Jahre gewählten Präsidium geleitet, das die Geschäftsstelle des Senats führt und den Forschungsbereich gegenüber anderen wissenschaftlichen Institutionen und dem BML vertritt (Geschäftsstelle des Senats der Bundesforschungsanstalten, c/o BBA, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, Tel.: 0531/299-3396, <http://www.dainet.de/senat>).



Senat der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich
des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

