DIE ZEITSCHRIFT DES SENATS DER BUNDESFORSCHUNGSANSTALTEN

FORSCHUNGS Report

ERNÄHRUNG · LANDWIRTSCHAFT · VERBRAUCHERSCHUTZ

Schwerpunkt: Allergierisiken verringern

Konkurrenz auf hoher See

Impfung von Wildschweinen

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

2/2007

Guten Tag!

Fast jeder Dritte in Deutschland – Tendenz steigend – ist in irgendeiner Weise von Allergien betroffen. Bei den einen sorgen Pollen für verquollene Augen und Niesattacken, andere reagieren empfindlich auf Lebensmittel wie glutenhaltige Getreideprodukte oder bestimmte Gemüsearten. Bei nicht wenigen führen allergen wirkende Substanzen in Kosmetika oder Kleidungsstücken zu Hautreizungen. Wie unterschiedlich auch die Auslöser sein mögen, gemeinsames Merkmal für eine Allergie ist eine überschießende Reaktion des Immunsystems: Auf eine eigentlich harmlose Umweltsubstanz reagiert der Körper mit der verstärkten Bildung von Immunglobulin E (IgE), einem Antikörper, der im Normalfall vor allem bei der Parasitenabwehr eine Rolle spielt (Typ-1-Allergien).

Allergierisiken verringern ist aktiver Verbraucherschutz

Nicht klar ist bislang, warum Allergien bei uns in den letzten Jahrzehnten so zugenommen haben. Liegt es an einer verbesserten Hygiene, durch die das Immunsystem von Kindern zu wenig beansprucht wurde? Welche Rolle spielen veränderte Ernährungsgewohnheiten? Hat am Ende der Rückgang von Parasiteninfektionen in den Wohlstandsländern etwas mit der Zunahme von Allergien zu tun? Viel Forschungsarbeit ist noch zu leisten, bis wir ein klareres Bild über die Ursachen erhalten.

Wenn es auch nicht zu den primären Aufgaben der Forschungseinrichtungen im Geschäftsbereich des BMELV gehört, grundlegende Erkenntnisse auf dem Gebiet der Allergieforschung zu erarbeiten, so tragen unsere Forschungsarbeiten doch zur Beantwortung der Fragen bei – häufig in enger Zusammenarbeit mit Universitäten, Kliniken, Max-Planck-Instituten und anderen Forschungseinrichtungen. Wissenschaftliche Untersuchungen mit dem Ziel, Allergierisiken zu verringern, sind ein aktiver Beitrag zum Verbraucherschutz. Deshalb wird im aktuellen „Aktionsplan gegen Allergien" des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz auch ausdrücklich die Forschung erwähnt – etwa wenn es darum geht, Methoden zur Bewertung von Pflanzensorten hinsichtlich ihrer allergenen Inhaltsstoffe zu entwickeln oder ein Maßnahmenprogramm gegen die Beifuß-Ambrosie zu erarbeiten, eine invasive Pflanze mit hochallergenem Pollen. Im Themenschwerpunkt des vorliegenden ForschungsReports finden Sie hierzu nähere Informationen.

Das Thema „Allergierisiken verringern" zeigt exemplarisch auch die enge Verbindung zwischen politischen Schwerpunktsetzungen und der wissensbasierten Politikberatung durch die Ressortforschung. Die beabsichtigte Neuordnung des BMELV-Forschungsbereiches soll unter anderem dazu beitragen, den Entscheidungshilfebedarf des Ministeriums noch besser zu decken. Es ist vorgesehen, die derzeit sieben Bundesforschungsanstalten auf vier Bundesforschungsinstitute zu konzentrieren. Um die Flexibilität zu erhöhen, werden die neuen Einrichtungen eine größere Eigenständigkeit in Sachen Haushalt, Organisation und Personal erhalten. Regelmäßige Evaluationen und verbesserte Vernetzungsmöglichkeiten sollen die Qualität der Leistungen – auch bei tendenziell abnehmenden Personalressourcen – sichern und fortentwickeln. Damit werden auch entsprechende Empfehlungen des Wissenschaftsrats kurzfristig in die Tat umgesetzt. Die neue Struktur soll zum Januar 2008 in Kraft treten.

Für Sie als Leser des ForschungsReports wird sich dabei nicht viel ändern. Auch wenn Sie sich an die Namen der neuen Bundesforschungsinstitute wohl erst gewöhnen müssen – unser Magazin wird Ihnen auch künftig erhalten bleiben. Freuen Sie sich also weiterhin auf neue Erkenntnisse und spannende Beiträge in Ihrem ForschungsReport.

Mit besten Grüßen

Prof. Dr. Dr. h.c. Thomas C. Mettenleiter
Präsident des Senats der Bundesforschungsanstalten

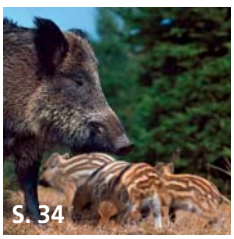
S. 4

S. 8

S. 18

S. 23

S. 30


S. 34

Berichte aus der Forschung

Die Beifußblättrige Ambrosie
Beginn einer Invasion in Deutschland? 4

Allergisch auf Gemüse? 8

Allergenes Potenzial bei Gemüse und Obst 12

Enzyme aus gekeimtem Getreide
Hilfe für Zöliakiekranke? 15

Allergieauslösenden Farben auf der Spur 18

Pilzanfälligkeit von Verpackungsholz
Schimmel auf Holzpaletten – das muss nicht sein 20

Palmöl: Saubere Produktion eines natürlichen Energieträgers
Ein neuer Baustein zur umweltverträglichen Palmölproduktion 23

Stoffdynamik in Waldökosystemen
Blattbesiedelnde Mikroorganismen in unseren Wäldern reagieren auf veränderte Umwelt 26

Dorsche in der Ostsee
Wo und wann sie sich fortpflanzen 30

Impfung von Wildschweinen gegen Schweinepest
Erfahrungen aus einer mehr als 10-jährigen Anwendung in Deutschland 34

Konkurrenz auf hoher See
Die deutsche Fischerei im Wettbewerb mit neuen Raumnutzern in der Nordsee 38

Portrait

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim
Vom Rohstoff zur Platte: Die Pilotanlage Hanf 42

Im Gespräch

„Die Wahlfreiheit für Allergiker beim Lebensmitteleinkauf verbessern“
Interview mit Bundesverbraucherschutzminister Horst Seehofer 44

Schlaglichter 47

Impressum 50

Der Forschungsbereich 51

Üppig wachsender Ambrosia-Bestand vor der Blüte. Ältere Bestände können bis zu zwei Meter hoch werden.

Uwe Starfinger

Die Beifußblättrige Ambrosie

Beginn einer Invasion in Deutschland?

Uwe Starfinger und Gritta Schrader (Braunschweig)

Über *Ambrosia artemisiifolia*, die Beifußblättrige Ambrosie, wird in letzter Zeit viel in den Medien berichtet. Vorkommen und Verbreitung dieses pflanzlichen Einwanderers stellen wegen seines allergenen Pollens eine Gefahr für die Menschen dar. An der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) wird deshalb zurzeit mit Hilfe einer interdisziplinären Arbeitsgruppe aus Pflanzenschützern, Medizinern, Ökologen, Botanikern und Meteorologen ein Aktionsprogramm betrieben, um die Bevölkerung zu informieren und zur Reduktion der Pflanzen beizutragen.

Die Gattung *Ambrosia* ist mit etwa 40 Arten in Amerika verbreitet, lediglich *A. maritima* gilt in Südeuropa als einheimisch. *Ambrosia artemisiifolia* wurde in Deutschland bereits um 1860 wild wachsend gefunden. Die erste Einführung nach Europa geschah wahrscheinlich mit Getreide oder mit Kleesaat.

Verbreitung in Europa

Heute ist *A. artemisiifolia* in verschiedenen Ländern Europas bereits weit verbreitet, umfangreiche Vorkommen gibt es bisher jedoch nur in wärmeren Ländern. In Ungarn begann die Ausbreitung um 1920, heute ist die Art besonders im Süden und im Osten des Landes häufig und fehlt nur in manchen Gebieten im Norden. In Italien findet man *A. artemisiifolia* vor allem in der Po-Ebene, in Frankreich ist sie in der Gegend von Lyon und im Rhonetal besonders häufig. Auch in Slowenien, Kroatien und Mazedonien gibt es größere Bestände.
In Österreich und der Schweiz wird die Ausbreitung zurzeit aufmerksam verfolgt. In Niederösterreich gibt es größere Bestände an Straßenrändern mit anscheinend zunehmender Tendenz. In der Schweiz scheint die Art einerseits im Tessin, andererseits im Gebiet um den Genfer See etabliert zu sein. In der nördlichen Schweiz wird über Pflanzen in Hausgärten berichtet, größere etablierte Bestände sind hier seltener.

Verbreitung in Deutschland

Ambrosia artemisiifolia, auch Beifußblättriges Traubenkraut genannt, wurde in Deutschland immer wieder bei der floristischen Kartierung erfasst. So zeigt die „Datenbank Gefäßpflanzen" des Bundesamts für Naturschutz (www.floraweb.de) zahlreiche Rasterfelder, in denen die Art gefunden wurde. Die daraus erstellte Verbreitungskarte gibt jedoch kein Bild vom tatsächlichen Auftreten, da sie Einzelbeobachtungen aus der Zeit seit 1970 enthält und nicht nach unbeständigen oder dauerhaften Vorkommen differenziert. Durch die Tätigkeit der interdisziplinären Arbeitsgruppe Ambrosia und besonders auch als Reaktion auf verschiedene Aufrufe in

Presse und Internet wurden im letzten Jahr zahlreiche kleinere und bisher etwa 50 größere Bestände mit über 100 Pflanzen bekannt. Diese liegen überwiegend in Süddeutschland und in Großstädten, somit in wärmeren Gebieten.

Dass sich *A. artemisiifolia* in den letzten Jahren tatsächlich ausgebreitet hat, darauf deuten auch Ergebnisse des Pollen-Informationsdienstes hin: So wurden im Jahr 2006 in Pollenfallen mehr Ambrosia-Pollen gefunden als im Vorjahr. Ein Vergleich mit weiter zurück liegenden Jahren ist bisher nicht möglich, da erst 2005 mit einer Erfassung von Ambrosia in einer größeren Zahl von Pollenfallen begonnen wurde.

Die Ausbreitung der Pflanze könnte mit den warmen Sommern und milden Herbstperioden der letzten Jahre zusammenhängen. Als Kurztagpflanze blüht *A. artemisiifolia* erst, wenn die Tage im Sommer kürzer werden, etwa ab Ende Juli. Die Blüte kann bis in den Oktober reichen. Deshalb wird ihre Ausbreitung in höhere Breitengrade durch die Zeit bis zum Frost begrenzt: Wo die Herbste nicht lang und warm genug sind, kann sie keine reifen Samen bilden und bleibt deshalb unbeständig.

Folgen

Gesundheitliche Auswirkungen

Der Pollen von *A. artemisiifolia* besitzt ein sehr starkes allergenes Potenzial. Bereits Konzentrationen von weniger als zehn Pollenkörnern pro Kubikmeter Luft können zu allergischen Reaktionen führen, Konzentrationen von 50 Pollen pro Kubikmeter reichen für eine Sensibilisierung aus. Die Allergie kann Menschen betreffen, die sonst nicht auf Pollen allergisch sind.

In den USA und auch in europäischen Ländern mit starker Präsenz der Art reagieren ca. 10–20 % der Menschen allergisch. Die Symptome sind die für Pollenallergien üblichen: Augenjucken, Jucken der Nase, wässriger Schnupfen, Niesattacken. Zusätzlich entwickelt ein großer Teil der Allergiker auch Asthma, dieses ist doppelt so häufig wie bei anderen Pollenallergien und betrifft etwa ein Viertel der Betroffenen. Häufig treten Kreuzreaktionen auf, beispielsweise mit Beifuß, aber auch mit Melone und Banane.

Die Bedeutung der Auswirkungen wird noch dadurch gesteigert, dass die Pflanze in einer Zeit blüht, wenn sonst keine Allergie auslösenden Pollen fliegen, nämlich von Ende Juli bis Oktober, zum Teil sogar bis in den November hinein. Damit wird die Leidenszeit für Allergiker um etwa drei Monate verlängert.

Diese Auswirkungen haben auch große wirtschaftliche Folgen. Verschiedene Studien haben versucht, die durch *A. artemisiifolia* verursachten Kosten zu beziffern. So hat in der Umgebung von Mailand, wo der Bestand der Art relativ hoch ist, das staatliche Krankenhaus «Milano 1» geschätzt, dass im Jahr 2002 etwa 1,4 Mio. EUR für die Betreuung von Ambrosia-Allergikern ausgegeben wurden. Im französischen Department Rhône-Alpes machte Ambrosia im Jahr 2004 die Hälfte der Gesundheitskosten durch Pollenallergien und 14 % der gesamten Allergiekosten aus – etwa 1,2 Mio. EUR.

In der Provinz Quebec in Kanada erreichen die direkten Kosten für Vorbeugung und Behandlung 30 Mio. EUR pro Jahr. Eine weitere Ausbreitung der Art im dicht besiedelten Mitteleuropa würde hier die Folgekosten stark erhöhen.

Landwirtschaftliche Auswirkungen

A. artemisiifolia ist ein aggressives Unkraut in verschiedenen Kulturen, besonders betroffen sind Erdnuss, Soja, Sonnenblume, Bohne, Kartoffel, Hirse, Weizen und Mais. Die Pflanze wird in Ungarn und in Teilen der USA zu den vier wichtigsten Unkrautarten gezählt. Je nach Befallsdichte wurden in Ungarn Ernteausfälle von bis zu 70 % in Mais und Bohnen und bis zu 50 % in Zuckerrüben festgestellt.

Zusätzliche landwirtschaftliche Auswirkungen ergeben sich aus den für Kulturpflanzen keimhemmend wirkenden Inhaltsstoffen. Außerdem kann Ambrosia als Nebenwirt für bedeutende Schaderreger fungieren, wie zum Beispiel für bestimmte Pilze an Sonnenblumen. Zur Bekämpfung von *A. artemisiifolia* wurden zahlreiche Herbizide eingesetzt. Deren Wirksamkeit hängt unter anderem vom Zeitpunkt der Anwendung und von der Kulturpflanze ab. Da Sonnenblume und Ambrosia beide zur Familie der Korbblütler gehören, ist hier eine chemische Bekämpfung besonders schwierig. Deshalb gilt die Pflanze in Frank-

Junger männlicher Blütenstand. Eine einzelne Pflanze kann bis zu 1 Mrd. Pollen bilden.

Charakteristisch für die Beifuß-Ambrosie sind doppelt fiederteilige Blätter mit grüner Unterseite sowie behaarte, oft rötliche Stängel.

Uwe Starfinger (2)

M. Welling

Auf den ersten Blick kann Ambrosia leicht mit Pflanzen wie Beifuß oder Gänsefuß verwechselt werden. Zum Vergleich: Blätter (Ober- und Unterseite) und Blüten von Ambrosia (oben), Beifuß (mitte) und Gänsefuß (unten). Beifuß hat auffallend helle Blattunterseiten, Gänsefußblätter sind nicht gefiedert.

reich als eines der problematischsten Unkräuter in Sonnenblumenfeldern.
In Deutschland spielt Ambrosia als Ackerunkraut bislang keine große Rolle.

Auswirkungen auf die Biodiversität
Die Ausbreitung von *A. artemisiifolia* außerhalb von Äckern kann Einfluss auf die betroffene Vegetation haben. Da die Art allerdings überwiegend auf stark gestörten Standorten gefunden wird, werden diese Auswirkungen meist als gering angesehen.

Möglichkeiten zum Gegensteuern

Wenn eine gebietsfremde Pflanze sich erst einmal weit ausgebreitet hat, ist es kaum noch möglich, sie zurückzudrängen. Dies gilt auch für die Beifußblättrige Ambrosie, wie das Beispiel Ungarn zeigt: Trotz einer gesetzlichen Bekämpfungspflicht, einer großen Öffentlichkeitsarbeit und umfangreicher Forschungsprogramme zu Bekämpfungsmethoden ist ein Rückgang der Art dort nicht in Sicht.
Umso wichtiger ist es, auf eine beginnende Invasion rechtzeitig zu reagieren. Die von der Biologischen Bundesanstalt gegründete interdisziplinäre Arbeitsgruppe Ambrosia hat die pflanzengesundheitlichen, medizinischen, botanisch-ökologischen und meteorologischen Aspekte der Ambrosia-Ausbreitung in Deutschland in zwei nationalen Workshops diskutiert und dabei auch von den Erfahrungen der schweizer Kollegen profitiert. Dabei wurde festgestellt, dass *A. artemisiifolia* bisher noch nicht sehr weit in Deutschland verbreitet ist, dass aber auch hier eine weitere Ausbreitung möglich erscheint. Aus diesem Grund hat die Arbeitsgruppe ein „Aktionsprogramm Ambrosia" beschlossen mit dem Ziel, der weiteren Ausbreitung entgegenzuwirken und bestehende Pflanzen zu bekämpfen. Dazu wird ein breites Bündnis von Akteuren angestrebt und vor allem auch die breite Öffentlichkeit zur Mitwirkung aufgerufen. Das Aktionsprogramm wird von der BBA koordiniert und besteht aus drei Teilen:

Monitoring
Als Voraussetzung für die Maßnahmen soll ein möglichst genaues Bild von der derzeitigen Verbreitung erstellt werden. Dazu hat die BBA eine zentrale Datenbank zur Sammlung von Funddaten eingerichtet. Hier werden Daten zu gefundenen Beständen, ihrer Größe bzw. Anzahl, zum Ort, zum Biotoptyp etc. von regionalen Sammelstellen entgegen genommen. Um möglichst viele Funde zu erfassen, ist auch die breite Öffentlichkeit zur Mithilfe aufgerufen. Jeder kann über ein Eingabeformular auf der BBA-Website (www.bba.bund.de/ambrosia) diese Daten direkt melden. Daneben wirken der Deutsche Wetterdienst, Pflanzenschutzdienste, die Frankfurter Projektgruppe „Biodiversität und Landschaftsökologie" und andere mit.

» Info:
Weitere Informationen zu *Ambrosia artemisiifolia*, dem „Aktionsprogramm Ambrosia" sowie das Formblatt für Fundmeldungen finden Sie im Internet unter www.bba.bund.de/ambrosia.
Die BBA hat ein Faltblatt zu Ambrosia herausgegeben, das bei der BBA-Pressestelle gegen Einsendung von Rückporto angefordert werden kann oder unter www.bba.bund.de, Rubrik „Veröffentlichungen", „Broschüren und Faltblätter" zum Download bereit steht.

Vorbeugung
Viele der bisher gefundenen Bestände von *A. artemisiifolia* wurden an Stellen gefunden, an denen im Winter Vögel gefüttert wurden. Diese Pflanzen stammen aus Samen, die als Verunreinigung in Vogelfutter, besonders in solchem mit Sonnenblumenkernen, enthalten waren. Untersuchungen haben gezeigt, dass Winterstreufutter häufig Ambrosia-Samen enthält, und zwar bis zu 350 Samen pro Kilogramm.
Um einer weiteren Ausbringung von Samen vorzubeugen, werden Möglichkeiten geprüft, durch Reinigungsschritte Ambrosia-Samen aus Vogelfutter zu eliminieren. Daneben wird die Öffentlichkeit über diesen Einbringungsweg informiert und aufgerufen, an Vogelfütterstellen besonders aufmerksam auf Ambrosia zu achten und die Pflanzen rechtzeitig herauszureißen, bevor sie Pollen oder Samen produzieren.

Bekämpfung
Aus anderen europäischen Ländern, besonders aus der Schweiz, liegen Erfahrungen zur Bekämpfung vor. Da *A. artemisiifolia* einjährig ist, ist es oberstes Ziel, die Samenbildung zu verhindern. Auch die Pollenbildung soll weitestgehend reduziert werden. Am besten wird beides durch rechtzeitiges Ausreißen der Pflanzen vor der Blü-

te erreicht. Für Einzelpflanzen wird deshalb grundsätzlich empfohlen, diese gleich beim Finden auszureißen. Dazu sollen zum Schutz der Haut Handschuhe und langärmelige Kleidung getragen werden. Wenn die Pflanzen schon blühen, ist zusätzlich Atemschutz zu empfehlen.
Die Bekämpfung größerer Bestände soll durch die zuständigen Ämter in Kreisen bzw. Gemeinden erfolgen. Auch hier ist das Ausreißen die beste Methode. Wo dies nicht praktikabel ist, sind auch andere mechanische, chemische oder kombinierte Methoden anwendbar. Eine einfache Mahd reicht nicht aus, da die Pflanze nach dem Abschneiden wieder austreibt.
Das Aktionsprogramm strebt an, ein Informationsnetzwerk aufzubauen, das den betroffenen Behörden Zugang zu den technischen Informationen zur Bekämpfung bietet.

Die etwa 3 mm großen Früchte der Beifuß-Ambrosie besitzen einen charakteristischen Zackenkranz.

Noch ist es nicht zu spät

Die Ausbreitung von *A. artemisiifolia* ist ein in mehrfacher Hinsicht ungewöhnliches Phänomen: Selten bedeuten neue Pflanzenarten ein so starkes Gesundheitsrisiko bzw. selten werden Gesundheitsrisiken durch Pflanzen ausgelöst. Biologische Invasionen betreffen meist den Naturschutz oder die Landwirtschaft. Außerdem werden biologische Invasionen häufig erst wahrgenommen, wenn es für Gegenmaßnahmen zu spät ist.
In diesem Fall erscheint es möglich, die Ausbreitung der Pflanze noch aufzuhalten. Nötig ist dazu ein rechtzeitiger Einsatz ausreichender Mittel – und eine breite, sektorübergreifende Koalition. ■

Dr. Uwe Starfinger und Dr. Gritta Schrader, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig.
E-Mail: u.starfinger@bba.de

Nur zurückschneiden reicht nicht: Die Pflanze treibt wieder aus und kann sogar zur Blüte kommen.

Ambrosia-Pflanze am Straßenrand.

Uwe Starfinger (2)

Allergisch auf Gemüse?

Dietmar Schwarz, Philipp Franken und Eckhard George (Großbeeren), Margitta Worm, Sabine Dölle, Carola Lehmann, Sabine Feller und Christian Scheler (Berlin), Wolfram Weckwerth, Olivia Bäßler, Stefanie Wienkoop und Rebecca Hugel (Potsdam)

Gemüse essen kann allergische Reaktionen verursachen. Insbesondere der Sellerie enthält hitzebeständige Allergene, auf die viele Allergiker besonders sensibel reagieren. Deshalb müssen alle Lebensmittel, die Sellerie oder dessen Verarbeitungsprodukte enthalten, gekennzeichnet werden. Von Möhre, Paprika und Tomate ist ebenfalls bekannt, dass sie allergische Reaktionen auslösen. Wie kann man das allergene Potenzial dieser Gemüsearten einschränken?

Nahrungsmittelallergien nehmen zu

Alle unsere Nahrungsmittel enthalten potenzielle Allergene. In den meisten Fällen stellen diese selbst für Allergiker keine Probleme dar. Jedoch kommt es immer häufiger vor, dass Nahrungsmittel-Allergene vom Immunsystem nicht akzeptiert werden und Allergien auslösen. Kinder sind vor allem betroffen bei Kuhmilch, Hühnerei, Weizen, Soja, Erdnuss oder Fisch. Allergene aus Gemüse- und Obstarten, die Ähnlichkeit mit denen aus Pollen haben, manifestieren sich dagegen meist erst im Jugend- oder Erwachsenenalter. In vielen Fällen haben dabei die Allergene aus Gemüse oder Obst selbst nicht zur Sensibilisierung geführt, sondern sie wirken als Kreuzallergene. Ein Beispiel: Birkenpollenallergiker vertragen manchmal keine Tomaten, weil sich das Hauptallergen der Birkenpollen und der Tomate sehr ähneln.

Wie alle anderen Allergien, so nehmen auch die Nahrungsmittelallergien weltweit und insbesondere in den Industriestaaten zu. In Mitteleuropa sind 2–3 % der Erwachsenen und 4 % der Kleinkinder von Nahrungsmittelallergien betroffen. Bei Kleinkindern mit Neurodermitis liegt der Anteil sogar bei rund 30 %. Allerdings gibt es starke regionale und länderspezifische Unterschiede. In Deutschland haben die allergischen Reaktionen auf Sellerie, Gewürze, Nüsse und bestimmte Obstsorten zugenommen. Innerhalb der Nahrungsmittelallergien sind die Allergien gegenüber Gemüsearten zwar eine kleinere Fraktion, nehmen jedoch ebenfalls zu. Die meisten Allergene in Gemüse sind nicht hitzestabil, das heißt sie verlieren durch die Zubereitung des betreffenden Nahrungsmittels (z.B. Möhre gekocht statt roh) ihre allergenen Eigenschaften und werden für den Allergiker verträglich. Nicht so beim Sellerie. Dieser bzw. seine Produkte sind auch im gekochten Zustand besonders allergen und wurden daher neben weiteren elf Lebensmitteln in die neue Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung aufgenommen (Tab. 1) (EU Richtlinie 2003/89/EG; LMKV vom 25.1.2005). Da die LMKV offen ist, wird eine Ausweitung der Kennzeichnungspflicht auch für andere Produkte, darunter weitere Gemüsearten, erwartet.

Tab. 1: Übersicht über die 12 Hauptallergene, die im Zutatenverzeichnis kenntlich gemacht werden müssen, wenn sie im Lebensmittel vorhanden sind (vgl. LMKV, Anhang 3). Bis zum 25. November 2007 gelten bestimmte Ausnahmeregelungen.

1)	Glutenhaltiges Getreide und daraus hergestellte Erzeugnisse
2)	Krebstiere und daraus hergestellte Erzeugnisse
3)	Eier und daraus hergestellte Erzeugnisse
4)	Fisch und daraus hergestellte Erzeugnisse
5)	Erdnüsse und daraus hergestellte Erzeugnisse
6)	Soja und daraus hergestellte Erzeugnisse
7)	Milch und daraus hergestellte Erzeugnisse (einschl. Laktose)
8)	Schalenfrüchte (z.B. Mandel, Haselnuss, Walnuss, Pistazie) und daraus hergestellte Erzeugnisse
9)	Sellerie und daraus hergestellte Erzeugnisse
10)	Senf und daraus hergestellte Erzeugnisse
11)	Sesam und daraus hergestellte Erzeugnisse
12)	Schwefeldioxid und Sulfite ab 10 mg/kg oder 10 mg/l

Teamarbeit ist notwendig

Am Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) in Großbeeren wird im Rahmen eines multidisziplinären Projektes (www.nutrigenomik.de) das Ziel verfolgt, das allergene Potenzial von Gemüse einzuschränken. In Zusammenarbeit mit der Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie der Charité und der Proteome Factory AG in Berlin sowie dem Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam sollen folgende Fragen geklärt werden: Welche Proteine bestimmen das allergene Potenzial von Gemüsepflanzen? Wie können diese Proteine identifiziert und quantifiziert werden? Welche Nachweis- und Vorhersageverfahren kann man zur Bestimmung von Allergenen in Nahrungsmitteln und als Alternative zum Patiententest entwickeln?

Am IGZ werden dafür unter definierten Bedingungen Gemüsepflanzen angebaut, aus denen am Max-Planck-Institut mittels integrativer Proteomics Allergene identifiziert werden, die dann für allergologische Tests an der Charité zur Verfügung stehen. Auf Grund dieser Kooperation ist es beispielsweise der Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut gelungen, neue Tomatenallergene zu identifizieren. Bisher sind in der Datenbank AllFam der Universität Wien (http://www.meduniwien.ac.at/allergens/allfam) 384 Allergene aus Pflanzen erfasst, die direkt oder verarbeitet der menschlichen Ernährung dienen. Im Vergleich dazu ist die Liste von Allergenen in Gemüsearten recht klein. In der Internationalen Allergen Nomenklatur sind für Tomate drei (andere Datenbanken nennen sechs), für Möhre zwei und für den der Kennzeichnungspflicht unterworfenen Sellerie vier Allergene beschrieben (Tab. 2).

Tab. 2: Ausgewählte Gemüsearten mit ihren bisher bekannten Allergenen.

Gemüse-art	Klinische Relevanz	Kreuzreaktivität	Entdeckte Allergene[1)]
Sellerie	schwer	Beifuß, Möhre, Latex seltener: Kiwi, Mango	Api g1. PR-10 Api g3. Chlorophyll a-b binding protein, Api g4. Profilin Api g5. FAD-containing oxidase
Möhre	schwer	Sellerie, Birke, Beifuß, seltener: Melone, Gurke, Kopfsalat, Mango, Kiwi	Dau c1. PR-10 Dau c4. Profilin
Tomate	leicht[2)]	Gräser, Erdnuss seltener: Latex, Beifuß, Apfel, Kartoffel	Lyc e1. Profilin Lyc e2. b-Fructofurano-sidase MG 35 T Lyc e3. nicht spezifisches Lipid-Transfer-Protein (Lyc e. Chitinase, Lyc e. Glucanase, Lyc e. Peroxidase)

1) Allergen Nomenclature International Union of Immunological Societies (http://www.allergen.org/Allergen.aspx vom 05. Juni 2007)

2) In Mitteleuropa beträgt der Anteil der Tomatenallergien ca. 1,5% der Nahrungsmittelallergien. In Ländern mit sehr hohem Tomatenkonsum, wie etwa Italien, ist die Tomate mit ca. 20 % eine der wichtigsten Ursachen des oralen Allergie-Syndroms.

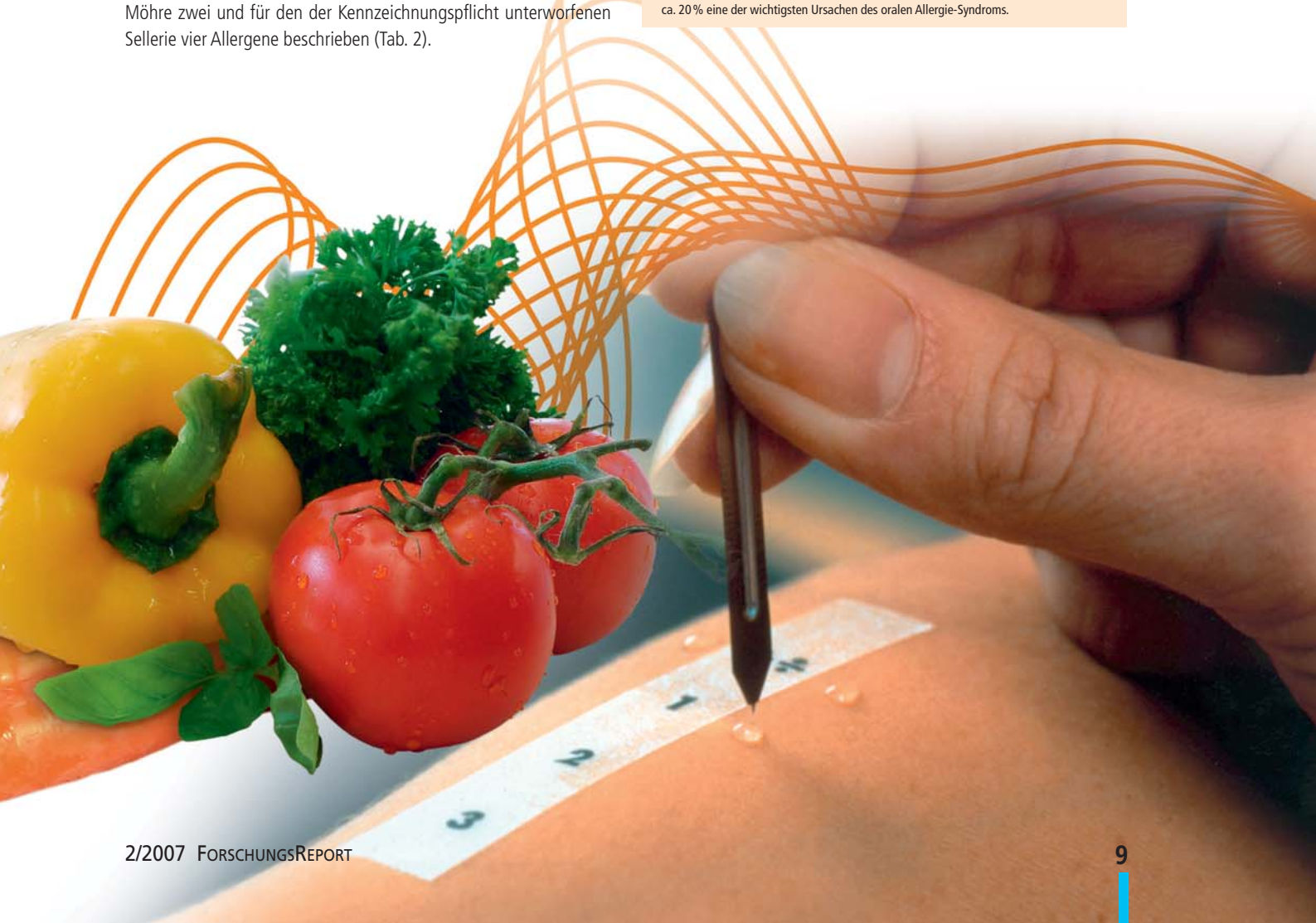
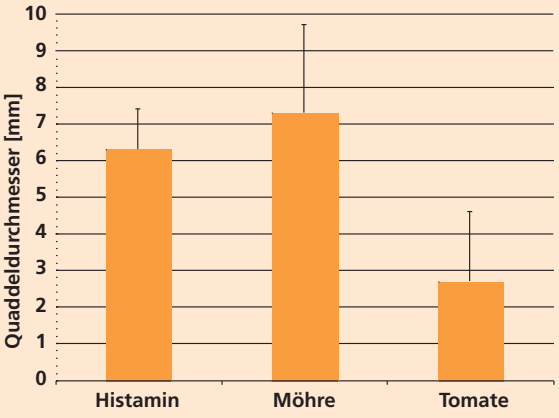
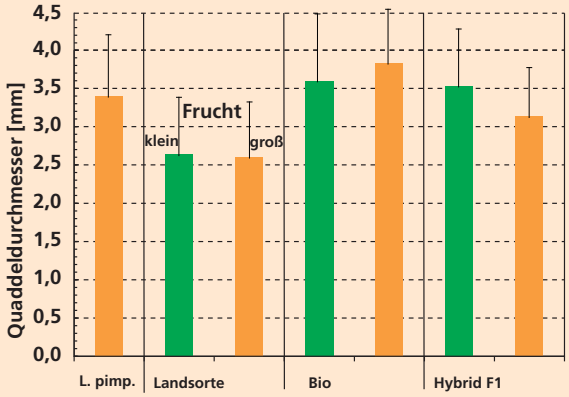


Abb. 1: Hauttestreaktivität von Tomate und Möhre im Vergleich zu Histamin beim Pricktest (10 Probanden).



Fehlerbalken: Standardfehler

Abb. 2: Hauttestreaktivität im Pricktest: kleine (grün) vs. große Früchte (orange). Tomatensorten verschiedener Herkünfte (32 Probanden)



Fehlerbalken: Standardfehler

Neben den genannten Untersuchungen geht es den Arbeitsgruppen aber auch um die Entwicklung von Maßnahmen und Verfahren, die das allergene Potenzial von Gemüse reduzieren. Dabei wird nicht in erster Linie an gentechnische Veränderung von Pflanzen gedacht, sondern an Kulturmaßnahmen. Dazu gehören die Selektion von Sorten, Kultivierungsbedingungen wie die Steuerung von klimatischen Bedingungen (z.B. beim Anbau im Gewächshaus), die Pflanzenernährung, aber auch der Einsatz von nützlichen Mikroorganismen. Diese Maßnahmen wurden ausgewählt, da sie eine Beeinflussung von Allergenen bzw. deren Metabolismus erwarten lassen.

Um die allergene Wirkung der verschiedenen Gemüsearten zu prüfen, wurden bei Probanden der Charité, die sich zu den Untersuchungen bereit erklärt hatten, so genannte Pricktests durchgeführt (engl.: prick = Einstich). Bei diesen Tests werden die Prüfsubstanzen auf die Haut aufgetropft, anschließend erfolgt ein leichtes Anritzen, sodass die Substanzen in die Oberhaut eindringen. Innerhalb der nächsten 20 Minuten können sich an den behandelten Stellen Quaddeln ausbilden, die je nach Stärke der allergischen Reaktion mehr oder weniger groß ausfallen.

Zwei Gemüsearten sind vorläufig für uns interessant, da sie häufiger Allergien auslösen: die Möhre mit schwerer und die Tomate mit leichter klinischer Relevanz (Abb. 1).

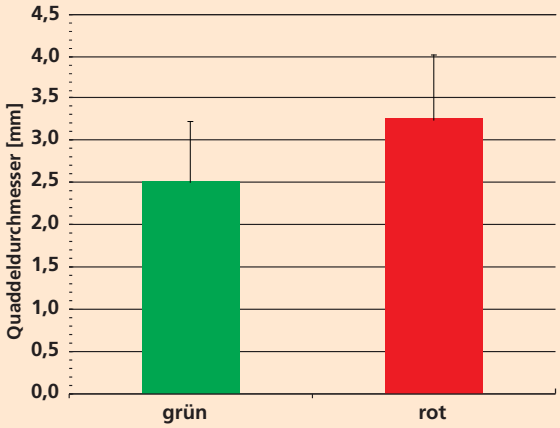
Welche Gemüsesorten müssen wie angebaut werden?

Aus der Fachliteratur ist bekannt, dass Äpfel, Haselnüsse oder Paprika je nach Sorte über unterschiedlich viele Allergene verfügen bzw. dass diese bei gleichen Probanden unterschiedlich starke allergische Reaktionen hervorrufen. Genetische Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten sind dafür die Ursache. Es war zu erwarten, dass dies bei Möhre und Tomate ebenso der Fall ist.

Tatsächlich zeigte sich bei der Tomate, dass Probanden im Pricktest unterschiedlich stark auf verschiedene Sortenherkünfte reagierten (Abb. 2). Interessanterweise war dieses Ergebnis unabhängig von der Fruchtgröße. Bei den Versuchen zeigte sich, wie wichtig die Beschaffenheit der Proben ist, die bei den Pricktests zur Anwendung kommen. Dazu gehört zum Beispiel der Anteil an Samen, denn dort sind 70 % des Gesamtproteins der Tomate lokalisiert. Somit ist im Samen ein ungleich höherer Allergengehalt zu erwarten als im Fruchtfleisch oder in der Schale.

Nachdem von verschiedenen Tomatenproben die Samen untersucht wurden, konnten insgesamt zwanzig verschiedene Speicherproteine isoliert und identifiziert werden, die alle als Allergene gelten. Dagegen war die Anzahl der Allergene im Fruchtfleisch wesentlich geringer. Neben der Beschaffenheit der Probe schien auch der Reifegrad des Gemüseproduktes für die Allergenität von Bedeutung zu sein. Bereits 1967 wurde publiziert, dass unreife Tomaten eine geringere Allergenität haben als reife (Bleumink et al.: Int. Arch. Allergy Appl. Imunol. 31:25–37). Wir haben das bei verschiedenen Sorten und

Abb. 3: Hauttestreaktivität im Pricktest: grüne vs. rote Tomaten (32 Probanden)



Fehlerbalken: Standardfehler

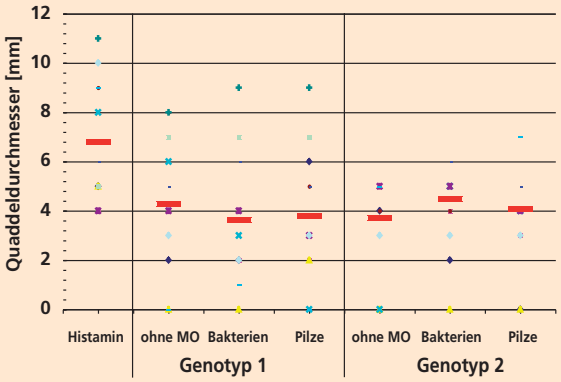
unter verschiedenen Anbaubedingungen genauer unter die Lupe genommen und konnten dieses Ergebnis jedes Mal bestätigen. Grüne Tomaten wiesen immer eine signifikant niedrigere Reaktion im Pricktest auf als rote, reife Tomaten (Abb. 3). Eine mögliche Ursache dafür könnte das schon bekannte Allergen Lyc e2 (β-Fructofuranosidase) sein. Dieses Enzym ist wesentlich an der Bildung der Zucker aus Stärke beteiligt. Während der Reife läuft dieser Prozess besonders intensiv ab und erfordert eine verstärkte Synthese dieses Enzyms. Daher ist Lyc e2 weniger in grünen, dafür aber umso häufiger in roten Früchten zu finden. Im Rahmen des Projekts konnten auch einige weitere Enzyme des Reifungsprozesses identifiziert werden, die aufgrund ihrer Bindung an ein IgE-Antiserum als potenzielle Allergene gelten.

Pflanzen wehren sich gegen Schädlinge und Krankheiten durch die Produktion von Abwehrstoffen. Dazu gehören Proteine aus verschiedenen Familien, die unter dem Namen PR (pathogenesis related)-Proteine zusammengefasst werden. Einige Abwehrstoffe mancher Pflanzen zeigen hohe Sequenzähnlichkeiten zu bereits als Allergen bekannten Proteinen. Wir fragten uns deshalb, ob durch die Infektion von Pflanzen mit Mikroorganismen nicht nur die Synthese von PR-Proteinen, sondern auch die Bildung von Allergenen verstärkt wird. Die Ergebnisse im Pricktest zeigten jedoch im Mittel keine signifikant größeren Hautreaktionen bei den Tomatenproben, die durch Mikroorganismen infiziert waren. Die Ergebnisse variierten bei den Probanden allerdings sehr stark. Damit wurde deutlich, dass auch die allergene Wirkung eines Nahrungsmittels in enger Beziehung zur Disposition des Probanden steht.

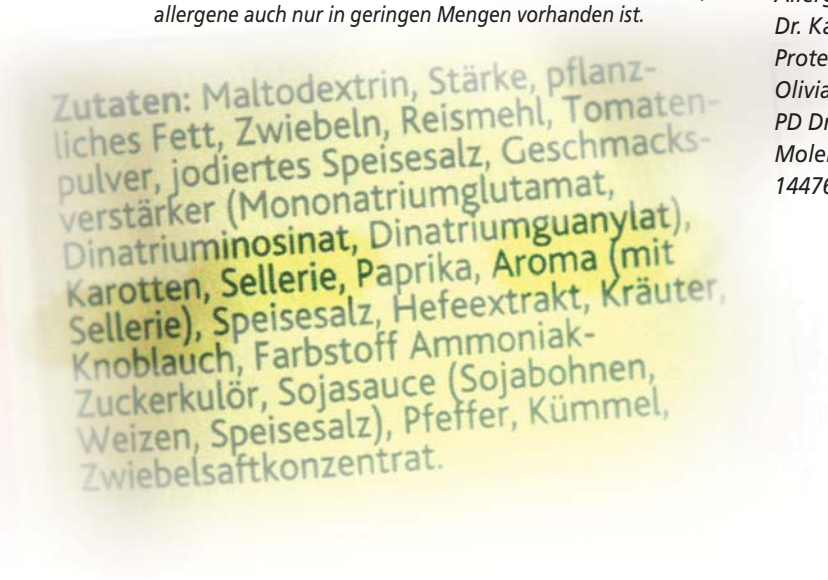
Schlussfolgerungen

Bereits aus diesen ersten Ergebnissen lassen sich wesentliche Schlussfolgerungen ableiten. Auf jeden Fall ist durch die Sortenwahl eine Einschränkung der Allergenität des Nahrungsmittels möglich. Die Ergebnisse zeigen auch, dass Maßnahmen der Kulturführung einen Beitrag zur Reduktion des allergenen Potenzials leisten können. Gegenüber den genetischen Eigenschaften einer Gemüse- bzw. Pflanzenart scheint dieser Beitrag jedoch eher gering zu sein. Unklar ist bislang noch, ob die Besiedlung von Früchten mit Mikroorganismen, die keine sichtbaren Krankheitssymptome an den Pflanzen hervorrufen, Einfluss auf die Allergenität hat. Dies ist eine der zahlreichen offenen Fragen, die kommenden Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Abb. 4: Hauttestreaktivität im Pricktest: Mittelwerte (rote Linie) und Variation (Punkte) bei den Probanden (n=12) nach Test von zwei Tomatengenotypen, die mit verschiedenen Mikroorganismen (MO) infiziert waren.



In der Zutatenliste, hier für eine Fertigsoße, muss verzeichnet sein, wenn Sellerie oder ein anderes der 12 Lebensmittel-Hauptallergene auch nur in geringen Mengen vorhanden ist.



Dr. Dietmar Schwarz, PD Dr. Philipp Franken, Prof. Dr. Eckhard George, Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren.
E-Mail: schwarz@igzev.de
Prof. Dr. med. Margitta Worm, Dipl. Ernährungswiss. Sabine Dölle, Charité-Universitätsmedizin, Campus Charité Mitte, Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie, Charitéplatz 1, 10117 Berlin.
Dr. Karola Lehmann, Sabine Feller, Dr. Christian Scheler, Proteome Factory AG, 10117 Berlin.
Olivia Bäßler, Dr. Stefanie Wienkoop, Rebecca Hugel, PD Dr. Wolfram Weckwerth, Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie, Wissenschaftspark Golm, 14476 Potsdam.

Allergenes Potenzial bei Gemüse und Obst

Thomas Nothnagel (Quedlinburg) und Christine Grafe (Dresden)

Allergische Erkrankungen sind bereits seit langem bekannt und in der medizinischen Literatur beschrieben. Die Krankheitsbilder sind sehr vielfältig, was zu einem hohen diagnostischen Aufwand für den Nachweis führt. Das mag eine Ursache für den noch teilweise lückenhaften Kenntnisstand auf diesem Gebiet sein. Die wirksamste und sicherste Therapie besteht bisher nur darin, auslösende Allergene möglichst konsequent zu meiden.

Eine durch Lebensmittel ausgelöste Allergie liegt dann vor, wenn krankhafte Symptome nach wiederholtem Kontakt mit einem Lebensmittel als Ergebnis immunologischer Mechanismen auftreten. Allergische Effekte zeigen sich meist innerhalb weniger Minuten bis Stunden nach der Nahrungsaufnahme. Das Spektrum der Symptome reicht vom oralen Allergiesyndrom (Heuschnupfen, Schwellungen im Mund-Rachen-Raum) über Juckreiz, Magen-Darm-Beschwerden und Asthma bis hin zum anaphylaktischen Schock.

Allergieauslösende Substanzen (Allergene) sind in der Regel Proteine oder Glycoproteine, die natürlicherweise im Lebensmittel vorkommen. Dabei wirken niedermolekulare Verbindungen mit einer mittleren Molekülmasse von 1 kDa allein nicht allergen und können erst nach einer Verbindung mit Proteinen eine Immunantwort hervorrufen. Im Regelfall wirken Proteinmoleküle erst oberhalb einer molekularen Masse von 4 kDa allergen. Hochpotente Allergene haben Molekülmassen zwischen 10 und 70 kDa.

Allergene, gegen die mehr als 50 % eines getesteten Patientenkollektivs spezifische IgE-Antikörper aufweisen, werden als Hauptallergene bezeichnet. Entsprechend nennt man die übrigen Allergene Minorallergene. Grundsätzlich können alle in Europa vermarkteten Gemüse- und Obstarten gelegentlich Allergien verursachen. Besonders häufig sind sie bei Sellerie, Möhre, Hülsenfrüchten, Tomate sowie Gurke bzw. anderen Kürbisgewächsen (*Cucurbitaceae*). Allergien gegen Knoblauch sind auch bekannt, treten aber wesentlich seltener im Vergleich zu erstgenannten Arten auf.

Bei Obst besitzen vor allem die zu den Rosengewächsen (*Rosaceae*) gehörenden Arten wie Apfel, Kirsche oder Pfirsich, aber auch Weinrebe und eine Reihe exotischer Früchte allergenes Potenzial.

Sellerie

Eine Reihe von Befunden geht bei Sellerie (*Apium graveolens*) von einer echten Lebensmittelallergie und darüber hinaus sehr oft von einer Kreuzallergie mit Birken- oder Beifußpollen aus.

Sellerie gilt in Europa als die Gemüseart, die am häufigsten Lebensmittelallergien auslöst. Bei Studien in der Schweiz und Frankreich waren 30–40 % der Patienten mit Lebensmittelallergien gegen Sellerie sensibilisiert. Darüber hinaus schreibt man 30 % der schweren anaphylaktischen Reaktionen auf Lebensmittel dem Sellerie zu. Aus diesen Gründen wurde Sellerie in die Liste der deklarationspflichtigen Zutaten in Lebensmitteln aufgenommen (EU-Richtlinie 2003/89/EG).

Aktuell sind in der Datenbank des Europäischen Laboratoriums für Molekularbiologie (EMBL) fünf Sellerieallergene mit ihren Proteinstrukturen und Sequenzen aufgeführt: Vier Hauptallergene (Api g 1,2,3,5) und ein Minorallergen (Api g 4) mit Molekülmassen zwischen 9 und 28 kDa.

Seitens der Lebensmittelindustrie wurde versucht, die allergenen Substanzen in Sellerie durch verschiedene lebensmitteltechnologische Prozesse (Kochen, Mikrowelle, Hochdruck, Hochspannung, Gamma-Bestrahlung, Sauerkonservierung und Fermentation) zu reduzieren. Die Ergebnisse waren nicht überzeugend; grundsätzlich wiesen die untersuchten Produkte eine erhebliche Restallergenität auf.

Möhre

Nach einer in der Schweiz durchgeführten Studie waren von 402 Erwachsenen mit gesicherter Lebensmittelallergie 13 % gegen Möhren (*Daucus carota*) sensibilisiert, nach einer französischen Studie reagierten 16 % der untersuchten 580 erwachsenen Allergiker auf Möhre. Die Möhrenallergie manifestiert sich überwiegend in Lokalreaktionen im Mund- und Rachenraum, es werden aber auch allergischer Schnupfen und asthmatische Symptome sowie anaphylaktische Reaktionen nach dem Verzehr von rohen Möhren beschrieben. Eine Sensibilisierung gegen Möhren tritt selten isoliert auf, sondern manifestiert sich sehr häufig als Kreuzreaktion mit Allergien gegen weitere Pflanzen aus der Familie der Doldengewächse (*Apiaceae*) wie Sellerie, Fenchel und Petersilie sowie gegen Birken- und Beifußpollen.

Das Hauptallergen der Möhre, Dau c 1 mit einer Molekülmasse von 16 kDa sowie ein Minorallergen (Dau c 4, 14 kDa), sind sehr gut untersucht und bereits sequenziert.

Verschiedene thermische und enzymatische Behandlungsschritte zur Herstellung von Möhrensaft und Möhrenextrakt konnten die nachweisbaren Allergene nur geringfügig oder gar nicht eliminieren.

Knoblauch

Zur Allergenität von Knoblauch (*Allium sativum*) liegen vergleichsweise wenige Befunde vor. So wurde vereinzelt berichtet, dass die Inhalation von Knoblauch in Form von Staub („garlic dust") und eine orale Aufnahme von Knoblauch Bronchialasthma verursachte. Als Hauptallergen wird das schwefelhaltige Diallyldisulfid angenommen, welches sich im Knoblauch durch enzymatische Umwandlung aus dem Inhaltsstoff Alliin nach Zerstörung der Zellstruktur bildet.

Apfel

Der Apfel (*Malus domestica*) ist sowohl in der Anbaufläche als auch in der Höhe des Verzehrs die bedeutendste Frucht in Europa. Der Genuss von Äpfeln provoziert jedoch bei etwa einer Million EU-Bürgern allergische Reaktionen. Damit zählt die Apfelallergie zu den wichtigsten Fruchtallergien. Interessanterweise ist das Krankheitsbild regional unterschiedlich ausgeprägt. In Nord- und Mitteleuropa werden häufig nur leichtere Symptome beobachtet, wie Kribbeln und Jucken im Mund- und Rachenraum oder Schwellung der Mundschleimhäute. Zudem leiden die Patienten häufig unter einer zeitlich vorher manifest gewordenen Allergie gegenüber Birken-, Haselnuss- oder Erlenpollen. In Südeuropa treten hingegen häufig schwerere Krankheitsbilder auf, die durch Hautausschläge, Magen-Darm-Beschwerden oder Kreislaufprobleme gekennzeichnet sind. In dieser Region reagieren Apfelallergiker oft gleichzeitig gegenüber anderen, mit dem Apfel verwandten Früchten, vorrangig gegenüber Pfirsich.

Bei Apfel sind bisher die Allergene Mal d 1, Mal d 2, Mal d 3 und Mal d 4 identifiziert. Sie gehören Proteinfamilien an, die in die pflanzliche Pathogen- und Stressabwehr eingebunden sind. Das mit dem Hauptallergen des Birkenpollens Bet v 1 kreuzreagierende Apfel-Hauptallergen Mal d 1 (18 kDa) wird durch Erhitzung, mechanische Zerkleinerung sowie durch die Einwirkung proteolytischer Enzyme im Verdauungstrakt weitgehend zerstört. Mal d 1-Allergiker können die Früchte daher in verarbeiteter Form oft problemlos genießen. Demgegenüber zeichnen sich Mal d 2 (31 kDa) und Mal d 3 (9 kDa), das in Südeuropa als Hauptallergen gilt, durch hohe thermische und proteolytische Stabilität aus, sodass es zu Gesundheitsstörungen sowohl beim Verzehr unverarbeiteter als auch verarbeiteter Früchte kommen kann. Mal d 4 (14 kDa) ist von geringerer Bedeutung und wird als mäßig stabil eingeschätzt.

Empirische Berichte von Apfelallergikern über sortenabhängige Unterschiede in der Allergenität sind in mehreren wissenschaftlichen Studien bestätigt worden. Auch am Institut für Obstzüchtung Dresden-Pillnitz der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) wurden in Zusammenarbeit mit dem Paul-Ehrlich-Institut (PEI) Untersuchungen zum allergenen Potenzial Pillnitzer Apfelsorten durchgeführt. Der Mal d 1-Gehalt der ausgewählten Genotypen lag zwischen 1,1 und 6,6 %, während die Vergleichssorte 'Golden Delicious' mit 9,4 % den höchsten Gehalt besaß. Allerdings macht die Instabilität des Mal d 1-Allergens es schwierig, im Labor die tatsächliche Allergenität der Früchte zu bestimmen und eine Sorten-Rangfolge aufzustellen, da endogene Enzyme das Protein während der Extraktion verändern können. Zukünftig werden für umfangreiche Sortenscreenings, die nicht mit nativem Apfel am Patienten durchgeführt werden können, immunologische Methoden benötigt, die nicht mehr zwischen nativem und modifiziertem Mal d 1 unterscheiden.

Auch auf genomischer Ebene wurden von mehreren Arbeitsgruppen intensive Forschungsarbeiten zur Charakterisierung der kodierenden Gene durchgeführt. Am Institut für Obstzüchtung Dresden-Pillnitz wurden bereits publizierte Sequenzen konservierter Regionen genutzt, um das allergene Potenzial des Pillnitzer Apfelsortimentes zu bestimmen. Dabei zeigte sich jedoch, dass alle getesteten 51 Sorten und Abstammungen die Gene für Mal d 1, Mal d 2 und Mal d 3 gleichermaßen besaßen. Zur Klärung der molekularen Natur sortenbedingter Allergenitätsunterschiede könnten neueste, im Rahmen des EU-Projektes SAFE veröffentlichte Ergebnisse beitragen: In umfangreichen Studien wurden für alle vier Allergene mehrere Gene mit teils verschiedenen Allelen identifiziert und kartiert.

Kirsche

Die vier bekannten Kirschallergene (Pru av 1 - 4) gehören den gleichen Proteinfamilien an wie die Apfelallergene. Daher sind die Symptome einer Kirschallergie in der Art und in der regional unterschiedlichen Häufigkeit mit denen des Apfels vergleichbar. Das Hauptallergen Pru av 1 zeigt Kreuzreaktionen zu allergieauslösenden Proteinen von Petersilie, Kartoffel und Soja sowie zu Mal d 1 von Apfel und Bet v 1 von Birke. Es ist sehr empfindlich gegenüber Hitze, enzymatischer Verdauung und enzymatischen phenolischen Oxidationen. Pru av 2, das als zweites Hauptallergen in Mitteleuropa gilt, sowie das Hauptallergen der Mittelmeerländer Pru av 3 sind sehr thermostabil und resistent gegenüber enzymatischen Reaktionen. Allerdings wird Pru av 3 durch chemisches Enthäuten der Früchte entfernt. Sortenbedingte Unterschiede im allergenen Potenzial konnten bei Kirsche bisher nicht nachgewiesen werden.

Erdbeere

Im Vergleich zu anderen Fruchtarten der Familie Rosaceae treten allergische Reaktionen gegenüber Erdbeeren (*Fragaria*) seltener auf. Die Symptome sind ähnlich wie bei Apfel und Kirsche. Das Allergen Fra a 1 zeigt Kreuzreaktionen zu Birken-, Apfel- und anderen Rosaceae-Allergenen. Als weiteres Erdbeerallergen wird ein in den pflanzlichen Abwehrmechanismus eingebundenes Enzym diskutiert. Gezielte Untersuchungsergebnisse zu sorten- oder anbauspezifischen Unterschieden sowie zur Stabilität der Allergene liegen nicht vor.

Selleriepflanzen auf dem Zuchtfeld der BAZ

Ansätze im Bereich Züchtungsforschung

Obwohl Sellerie in gewissem Maße als Modellpflanze für die Allergenforschung gilt und recht gut untersucht ist, existieren bisher so gut wie keine systematischen Untersuchungen darüber, inwieweit sich verschiedene Sorten hinsichtlich ihrer allergenen Wirkung unterscheiden. Züchtungsmethodische oder praktische züchterische Aktivitäten zur Minderung des allergenen Potenzials sind bisher weder bei Sellerie, Möhre oder den anderen Doldenblütlern noch bei Knoblauch bekannt. Ansatzpunkte für züchtungsmethodische Arbeiten werden bei Sellerie und Möhre vorrangig im Bereich der Evaluierung pflanzengenetischer Ressourcen gesehen. Sollte sich bei den Hauptallergenen eine ausreichende Genom- oder Allelvariabilität zeigen, kann darauf aufbauend eine Selektionsstrategie entwickelt werden, um das allergene Potenzial züchterisch zu verringern.

Bei Knoblauch sind züchtungsmethodisch massive Schwierigkeiten zu erwarten. Zwar existiert eine große Formenvielfalt, doch lässt sich diese derzeit nicht gezielt durch konventionelle Züchtung verändern. Mit wenigen Ausnahmen bilden fast alle Formen keine funktionsfähigen Blüten aus, so dass Kreuzungen nicht möglich sind. Daher existiert auch keine Knoblauch-Züchtung! Erst seit kurzem wird über erste fertile Knoblauch-Typen berichtet, die in den USA zu einer eigenen Züchtung geführt haben sollen. Solches Material ist in Europa bisher nicht verfügbar. Die vermutlich allergieauslösenden Substanzen, Alkenylsulfide, sind gleichermaßen für die medizinisch-therapeutische Wirkung verantwortlich. Eine Züchtung gegen allergene Effekte würde daher auch die gewünschte, wertvolle Wirkung einer knoblauchhaltigen Diät mindern.

Andere Lauchformen, die zunehmend konsumiert werden, wie Schnittknoblauch (*Allium tuberosum*) und Bärlauch (*Allium ursinum*), besitzen die gleichen Inhaltsstoffe (S-Allylcysteinsulfoxid) wie Knoblauch.

Bei Apfel können weiterführende Studien durchgeführt werden, die die einzelnen Gene bzw. Allele hinsichtlich ihrer Allergenität charakterisieren. Gleichzeitig ist es notwendig, ein umfangreiches Sorten- und Wildartenspektrum auf die Alleldiversität zu testen. Wenn die Gene bzw. Allele mit niedriger bzw. hoher Allergenität bekannt sind und Klarheit über ihre Kopplungsverhältnisse in potenziellen Elterngenotypen besteht, kann dieses Wissen gezielt in die Züchtung niedrig allergener Sorten einfließen. Dass die Möglichkeit real besteht, konnte kürzlich anhand der Kreuzung eines hoch allergenen und eines niedrig allergenen Elters gezeigt werden: Drei der Nachkommen wiesen ein sehr niedriges allergenes Potenzial auf.

Bei Kirsche und Erdbeere ist das Wissen über die genomische Organisation der Allergene noch nicht so umfassend untersucht wie bei Apfel. Darüber hinaus besteht bei Erdbeere insbesondere auf dem methodischen Sektor noch erheblicher Forschungsbedarf. ■

Dr. Thomas Nothnagel, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für gartenbauliche Kulturen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg. E-Mail: t.nothnagel@bafz.de

Dr. Christine Grafe, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Obstzüchtung, Pillnitzer Platz 3a, 01326 Dresden. E-Mail: c.grafe@bafz.de

Enzyme aus gekeimtem Getreide

Hilfe für Zöliakiekranke?

Herbert Wieser, Georg Hartmann und
Peter Köhler (Garching)

Menschen, die an Zöliakie leiden, müssen lebenslang auf den Verzehr von Produkten aus Weizen, Roggen, Gerste und Hafer verzichten, da die darin enthaltenen Proteine (Gluten) eine schwere Schädigung der Dünndarmschleimhaut verursachen. Die Betroffenen dürfen eine breite Palette von Lebensmitteln des Alltags wie Brot, Teigwaren und auch Bier nicht zu sich nehmen, was mit einer beträchtlichen Einschränkung der Lebensqualität verbunden ist. Daher wird seit einigen Jahren versucht, alternative Therapien zu entwickeln. Am aussichtsreichsten scheint der Einsatz hochspezifischer Enzyme zu sein, die sowohl zur „Detoxifizierung" glutenhaltiger Produkte als auch zur „oralen Therapie" (Pille zum Essen) herangezogen werden könnten.

Die Zöliakie, beim Erwachsenen auch „Einheimische Sprue" genannt, ist eine der weltweit häufigsten Nahrungsmittelunverträglichkeiten, die mit einer schweren Schädigung der Dünndarmschleimhaut einhergeht. Sie wird von den Speicherproteinen des Weizens (Gliadine und Glutenine), des Roggens (Secaline) und der Gerste (Hordeine) verursacht. Diese Proteine werden im Zusammenhang mit Zöliakie auch als „Gluten" bezeichnet. Ob entsprechende Haferproteine (Avenine) ebenfalls Zöliakie auslösen, bedarf noch der endgültigen Klärung.

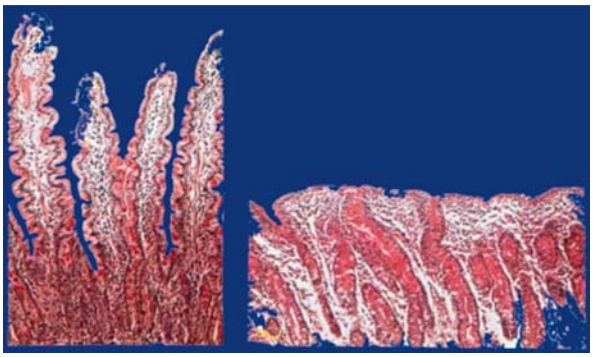


Abb. 1: Gewebeschnitt durch eine Dünndarmschleimhaut (60-fache Vergrößerung). Links: normale Schleimhaut; rechts: geschädigte Schleimhaut

Verbreitete Krankheit

Nach dem Verzehr glutenhaltiger Nahrung kommt es bei Zöliakiekranken im Dünndarm zu einer heftigen Entzündung und der Zerstörung der Darmzotten (Abb. 1). Dadurch werden Lebensmittelinhaltsstoffe nur in stark reduziertem Umfang aufgenommen, wodurch es zu gravierenden Mangelerscheinungen kommt. Erste Symptome sind andauernder oder periodischer Durchfall, Fettstuhl, Blähbauch, Erbrechen und Gewichtsverlust. Im weiteren Verlauf kommen Blutarmut, Avitaminosen, Muskel- und Knochenschmerzen, Osteoporose, ein erhöhtes Darmkrebsrisiko, aber auch psychische Störungen hinzu. Die Zöliakie kann aber auch ohne deutliche Symptome („silent") verlaufen, sodass sie häufig unerkannt bleibt.

In der weißen Bevölkerung Europas und Amerikas liegt die Häufigkeit der Zöliakie bei etwa einer von 200 Personen, bei Verwandten ersten

Tab. 1: Zöliakieaktive Peptide aus Gliadinen, die mit Peptidasen aus gekeimtem Getreide umgesetzt wurden

Herkunft	Aminosäuresequenz[a]
α(31–49)	LGQQQPFPPQQPYPQPQPF
α(56–75)	LQLQPFPQPQLPYPQPQLPY
α(58–88)	LQPFPQPQLPYPQPQLPYPQPQLPYPQPQPF
α(62–75)	PQPQLPYPQPQLPY

[a] F = Phenylalanin, G = Glycin, L = Leucin, P = Prolin, Q = Glutamin, Y = Tyrosin.

Grades tritt sie häufiger (1 : 10) auf. Die Krankheit kann in jedem Lebensalter erstmalig auftreten und hält dann ein Leben lang an.

Die zurzeit einzig mögliche therapeutische Maßnahme ist eine strikt glutenfreie Diät. Dies bedeutet, dass keine Weizen-, Roggen-, Gersten- und Haferprodukte außer reiner Stärke verzehrt werden dürfen. Die tägliche Aufnahme von Gluten sollte unter 20 mg liegen, was etwa dem hundersten Teil einer Brotscheibe entspricht. Die Betroffenen dürfen eine breite Palette von Lebensmitteln aus dem Getreidebereich wie Brot, sonstige Backwaren, Teigwaren, aber auch Bier nicht verzehren. Sie müssen auf Surrogate der zu meidenden Produkte zurückgreifen (so genannte glutenfreie Lebensmittel), die zum Beispiel auf der Basis von Mais, Reis, Hirse oder Buchweizen hergestellt werden. Diese diätetischen Produkte sind nicht überall erhältlich, in der Regel teurer und in ihren sensorischen Merkmalen von den Originalprodukten abweichend. Außerdem steht der Zöliakiekranke vor dem häufigen Problem des „versteckten" Glutens, zum Beispiel in gedickten Soßen, Fertigsuppen, Cornflakes oder Wurstwaren.

Peptide lösen Immunreaktion aus

Nach heutigen Kenntnissen handelt es sich bei der Zöliakie um eine im lymphatischen Gewebe der Dünndarmschleimhaut ablaufende Immunreaktion. Auslösende Faktoren sind nicht die Speicherproteine selbst, sondern deren Bruchstücke (Peptide), die im Verdauungstrakt gebildet werden. Besonders die Proteinabschnitte, die reich an den Aminosäuren Glutamin und Prolin sind, können von den proteinabbauenden Verdauungsenzymen (Peptidasen) des Magens und Darms nicht vollständig abgebaut werden. Wenn diese Peptide aus mehr als acht Aminosäureresten bestehen, lösen sie speziell beim Zöliakiekranken eine entzündliche Immunantwort aus: Die Peptide dringen in das intestinale lymphatische Gewebe ein, werden an zöliakiespezifische Zellen gebunden und stimulieren T-Lymphozyten, die dann die Entzündung der Schleimhaut herbeiführen.

Auf diesem Mechanismus bauen neueste wissenschaftliche Ansätze auf mit dem Ziel, diese Immunreaktion zu unterbinden und damit eine alternative Zöliakie-Therapie zu entwickeln. Am aussichtsreichsten scheint die Strategie zu sein, mit Hilfe hochspezifischer Peptidasen aus bestimmten Bakterien oder Pilzen die zöliakieauslösenden Peptide in Fragmente aufzuspalten, die keine Zöliakie mehr auslösen. Entsprechende wissenschaftliche Veröffentlichungen und Patentschriften erheben den Anspruch, dass derartige Peptidasen sowohl zur „Detoxifizierung" glutenhaltiger Rohstoffe und Lebensmittel als auch zur oralen Therapie (Pille vor dem Essen) eingesetzt werden können. Die Produktion und klinische Testung entsprechender Präparate ist derzeit im Gange. Die hohen Kosten der biotechnologischen Herstellung dieser Enzyme dürften neben anderen Nachteilen wie langsame Umsetzungsraten oder nicht ausreichende Spezifität und Stabilität für die praktische Anwendung limitierend sein.

In diesem Zusammenhang stellte sich die Arbeitsgruppe „Struktur/Wirkungsbeziehungen von Biopolymeren" an der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA) in Garching die Frage, ob nicht auch Peptidasen aus gekeimtem Getreide in der Lage sein könnten, zöliakieaktive Proteine und Peptide weitestgehend aufzuspalten. Grundlage dafür ist die Tatsache, dass die einzige biologische Aufgabe der Speicherproteine darin besteht, dem Keimling während der ersten Wachstumsphase Stickstoff und Aminosäuren bereitzustellen. Dies kann nur gelingen, wenn im gekeimten Korn Peptidasen aktiviert werden, die auch glutamin- und prolinreiche Proteinabschnitte vollständig aufspalten können. Erstes Ziel der Arbeiten an der DFA war daher zu prüfen, inwieweit während der Keimung von Weizen, Roggen und Gerste ein Proteinabbau erfolgt.

Dazu wurden Körner dieser Getreidearten einer bis zu sieben Tagen dauernden Keimung unterzogen, wobei zwischenzeitlich Proben entnommen und die enthaltenen Proteinmengen bestimmt wurden. Die Ergebnisse zeigten, dass die Speicherproteine nach sieben Tagen zum Großteil abgebaut worden waren; der stärkste Abbau erfolgte bei Roggen, gefolgt von Weizen und Gerste. Korrespondierend dazu war im Verlauf der Keimung bei Weizen und Roggen ein starker Anstieg der Peptidasenaktivät zu verzeichnen; bei Gerste fiel dieser Anstieg geringer aus. Durch Vermahlung wurden die gekeimten und getrockneten Proben in Mehl und Kleie getrennt; bei allen drei Getreidearten war die Peptidasenaktivät in der Kleie wesentlich höher als im Mehl. Die Kleie konnte über mindestens sechs Monate bei –18 °C ohne Aktivitätsverlust gelagert werden.

Für nachfolgende Versuche wurden überwiegend Roggenkleie aus über sieben Tage gekeimten Material herangezogen; daraus wurden die Peptidasen extrahiert (= Rohextrakt) und in ihren Eigenschaften charakterisiert. Wurde der Rohextrakt zusammen mit Gliadinen (Speicherproteine des Weizens) inkubiert, so zeigte sich, dass die Speicherproteine *in-vitro* ebenso abgebaut werden wie im keimenden Weizenkorn.

Kleiepräparate bauen Peptide ab

Mit dem Rohextrakt und den angereicherten Präparaten wurden Abbauversuche an vier Peptiden (Tab. 1) durchgeführt, die glutamin- und prolinreichen Abschnitten von α-Gliadinen entsprachen und in *in-vivo*-Versuchen oder in einem zöliakiespezifischen Lym-

phozytentest als zöliakietoxisch erkannt worden waren. Die einzelnen Peptide wurden mit den Peptidasen umgesetzt und ihr Abbau mit Hilfe der Hochdruckflüssigkeitschromatographie und Massenspektrometrie verfolgt.

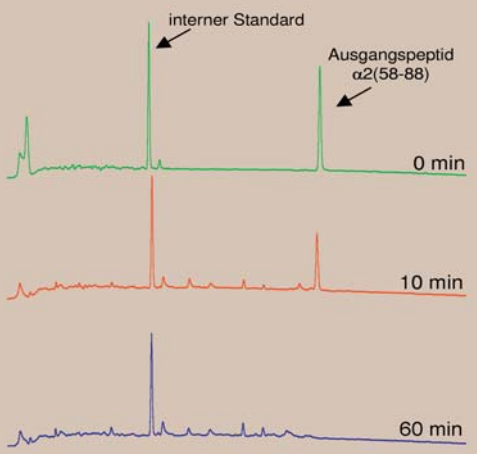
Abbildung 2 zeigt beispielhaft den Abbau des Gliadinpeptids α(58–88). Die Peptidasen waren in einem pH-Bereich von 3–9 aktiv, wobei zwei Optima bei 4,5 und 6,5 auftraten. Die Temperaturoptima lagen im Bereich von 50–60 °C, aber auch bei niedrigeren Temperaturen (30–40 °C) waren die Peptidasen hochaktiv. Die Peptidasen konnten mit Hilfe der Ammoniumsulfatfällung, einer einfachen und biochemisch etablierten Methode, angereichert werden. Durch verschiedene Sättigungsgrade von Ammoniumsulfat wurden Peptidasenpräparate erhalten, die sich in ihrer Spezifität deutlich unterscheiden, und die Kombination einzelner Fällungsschritte führte zu einer erheblichen Steigerung der Aktivität.

Die Halbwertszeit des Ausgangspeptids lag unter fünf Minuten; nach einer Inkubationszeit von zwei Stunden konnten keine Fragmente mit mehr als acht Aminosäureresten nachgewiesen werden – eine Peptidlänge, die für eine zöliakiespezifische Wirkung notwendig ist. Bevorzugte Spaltstellen innerhalb der Aminosäuren waren die Bindungen P-F, F-P sowie Q-P (Tab. 2) und somit Prolin enthaltende Bindungen, die von körpereigenen Darm-Enzymen nicht angegriffen werden.

Das aus Kleie gewonnene Präparat weist Anwendungsmöglichkeiten auf, wie sie auch für mikrobielle Peptidasen propagiert worden sind. Dazu gehört die „Detoxifizierung" glutenhaltiger Rohstoffe wie zum Beispiel Weizenstärke oder glutenhaltiger Lebensmittel wie Malztrunk und Bier, die zwar Gluten enthalten, bei denen diese Proteine aber nicht notwendig für die Produktqualität sind (bei Mehl zum Beispiel ist das Gluten entscheidend für die Viskoelastizität und das Gashaltevermögen der Teige und damit für die Backqualität).

Die Einsatzmöglichkeiten für eine „orale Therapie" müssen allerdings noch durch aufwändige klinische Tests geprüft werden.

Abb. 2: Abbau des zöliakieaktiven Peptids α(58-88) durch einen Rohextrakt aus gekeimter Roggenkleie (7 Tage, 15 °C) bei pH 6,5 und 37 °C; interner Standard: Saccharin



Tab. 2: Spaltungsmuster des zöliakieaktiven Peptids α(31–49) während der Umsetzung mit Peptidasen aus gekeimtem Getreide

	Aminosäuresequenz	bevorzugte Spaltstelle		
Peptid	LGQQQPFPPQQPYPQPQPF			
Fragmente	LGQ	–	/	Q-Q
	LGQQQP	–	/	P-F
	LGQQQPFPPQQPYPQ	–	/	Q-P
	LGQQQPFPPQQPYPQPQ	–	/	Q-P
	LGQQQPFPPQQPYPQPQP	–	/	P-F
	GQQQPFPPQQPYP	L-G	/	P-Q
	GQQQPFPPQQPYPQPQP	L-G	/	P-F
	GQQQPFPPQQPYPQPQPF	L-G	/	–
	QQQPFPPQQPYPQPQPF	G-Q	/	–
	PFPPQQPYPQPQPF	Q-P	/	–
	FPPQQ	P-F	/	Q-P
	PPQQP	F-P	/	P-Y
	PPQQPYPQPQP	F-P	/	P-F
	PPQQPYPQPQPF	F-P	/	–
	PQQPYPQPQP	P-P	/	P-F
	PYPQPQPF	Q-P	/	–

Zahlreiche Vorteile

Peptidasen aus gekeimtem Getreide haben gegenüber mikrobiellen Peptidasen zahlreiche Vorteile. Sie enthalten eine aufeinander abgestimmte Kombination von Exo- und Endopeptidasen mit breiter Substratspezifität, bauen sowohl intakte Proteine als auch Peptide ab und zeichnen sich durch eine ausgeprägte Spezifität gegenüber prolinhaltigen Aminosäuresequenzen aus. Aufgrund ihrer hohen Aktivität in einem breiten Temperatur- und pH-Bereich können sie in einem weiten Anwendungsfeld eingesetzt werden.

Die Peptidasen stammen aus einem natürlichen und sicheren Ausgangsmaterial, und ihre Herstellung erfolgt auf der Basis bewährter, industrieller Verfahren (Mälzung). Sie können durch einfache Fällungsverfahren angereichert werden, und es entfallen aufwändige Reinigungsschritte, sodass sie kostengünstig produziert werden können. Gentechnische Verfahren zur Herstellung rekombinanter Enzyme sind nicht notwendig, sodass die Akzeptanz beim Verbraucher als hoch anzusetzen ist. ■

Dr. Herbert Wieser, Georg Hartmann und PD Dr. Peter Köhler, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Lichtenbergstraße 4, 85748 Garching. E-Mail: h.wieser@lrz.tum.de

Allergieauslösenden Farben auf der Spur

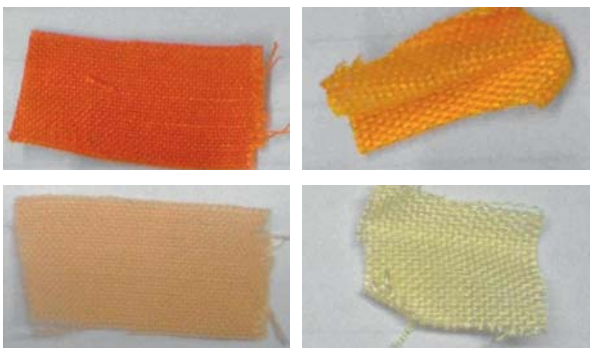
Jürgen Thier-Kundke (Berlin)

Die Zahl der Allergiker nimmt in Deutschland zu, auch die Zahl der Menschen, die an Kontaktallergien leiden. Eine wesentliche Quelle für Kontaktallergien sind Stoffe, die aus Produkten wie Kosmetika, Kleidung, Modeschmuck, aber auch Schuhen, Handschuhen oder Spielzeug freigesetzt werden und beim Kontakt mit der Haut allergische Reaktionen auslösen.

Von Stoffen wie Nickel oder Chrom VI ist bekannt, dass sie allergen wirken. Die Betroffenen können sie bei entsprechender Kennzeichnung meiden. Etwas anders stellt sich die Situation bei bestimmten Farbstoffen dar, den so genannten Azofarben. Azofarbstoffe werden in vielen Bereichen eingesetzt. Sie sind in Bekleidungstextilien und Lederwaren ebenso als Farbmittel zu finden wie in Kosmetika oder in Spielzeug. Ein Problem: Möglicherweise wirkt der Farbstoff selbst gar nicht allergen, sondern es sind aus den eigentlichen Farbmitteln durch Aufspaltung entstehende aromatische Amine, die die Haut röten und sie jucken lassen oder ein Kontaktekzem auslösen.

Tests in drei Schritten

Am Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) in Berlin untersuchen Professor Dr. Thomas Platzek und seine Mitarbeiter, wie aus den Farbstoffen beim Tragen von Kleidung auf der Haut solche allergen wirkenden Substanzen entstehen können. Dabei gehen sie in drei Schritten vor. Zunächst untersuchen sie in so genannten Migrationsversuchen, ob sich der Farbstoff beim normalen Tragen auf der Haut aus dem Textilgewebe lösen kann. Bei diesen Versuchen arbeiten die BfR-Forscher eng mit dem Deutschen Wollforschungsinstitut in Aachen zusammen. Aus Aachen erhalten sie verschiedene Textilproben, zum Beispiel Azetat-, Polyester- oder Polyamidgewebe, die mit bestimmten Farbmitteln und nach verschiedenen Methoden definiert gefärbt wurden. Die gefärbten Gewebe werden dann in Freisetzungsbädern mit unterschiedlichen Extraktionsmitteln behandelt (Abb. 1). Verändert werden bei den Versuchen zum Beispiel die Parameter Temperatur und Zeit. Ein wichtiger Faktor ist natürlich auch die mechanische Beanspruchung des Gewebes, die ebenfalls simuliert wird.



T. Platzek, BfR

Abb. 1: Mit Dispersionsorange 3 (DO 3) gefärbte Textilien vor (oben) und nach (unten) den Migrationsversuchen. Links: Polyamid 0,5 % DO 3; rechts: Azetat 0,5 % DO 3

Man möchte in den Freisetzungsversuchen der realen Beanspruchung von Textilien beim Tragen auf der Haut möglichst nahe kommen. Deshalb sind unter den Extraktionsmitteln auch Lösungen, die ähnlich zusammengesetzt sind wie der menschliche Hautschweiß (Abb. 2). Bei den bisher durchgeführten Versuchen zeigte sich, dass die Menge des Farbstoffes, die aus dem Gewebe herausgelöst wird, von verschiedenen Parametern abhängt. Textilart, Färbetechnik, Farbechtheit, und der Farbgehalt beeinflussen die Migration ebenso wie Temperatur, mechanische Beanspruchung und das Flottenverhältnis (Verhältnis von Probe zu Lösungsmittel).

Einer besonders spannenden Frage gehen die Wissenschaftler dann im zweiten Schritt nach: Können die beim normalen Tragen herausgelösten Farbmittel und Farbpigmente auf der Haut durch dort lebende Bakterien aufgespalten werden und – wenn das der Fall ist – welche toxischen Eigenschaften haben diese Spaltprodukte?

Die Versuche führen die BfR-Wissenschaftler zusammen mit dem Institut für Mikrobiologie und Genetik der Technischen Universität Berlin durch. Die ersten Kandidaten für eine mögliche Azospaltung durch Bakterien waren die Farben Dispersionsorange 3 und Direktblau 14, zwei typische Substanzen, die zum Färben von Textilien verwendet werden können. Die Experimente zeigten, dass auf der Haut lebende Bakterien wie *Staphylococcus epidermidis* bei einer Temperatur von 37 °C in der Lage sind, den jeweiligen Azo-Farbstoff aufzuspalten. Als Reaktionsprodukte entstehen bei der Spaltung von Dispersionsorange 3 die beiden aromatischen Amine 4-Nitroanilin (4-NA) und p-Phenylendiamin (PPD). Von beiden Substanzen ist auch durch eigene Untersuchungen bekannt, dass sie – anders als die Farbmittel selbst – relativ leicht in die tieferen Schichten der Haut eindringen können. Die Wissenschaftler konnten auch bestimmen, welchen Anteil des ihnen „angebotenen" Farbstoffs die Bakterien aufspalten. Im Mittel wurden über einen Zeitraum von vier Stunden um die 10 % Farbstoff in 4-NA und PPD aufgespalten. Auch wenn diese Ergebnisse aus Laborstudien nicht direkt auf die Situation beim Menschen übertragen werden können, muss man davon ausgehen, dass bei einem nur gering farbechten Kleidungsstück, das etwa wie eine Leggins direkt auf der Haut getragen wird, der Träger mit durchaus bedeutenden Mengen an aromatischen Aminen in Kontakt kommen kann.

In einem dritten Schritt werden dann gemeinsam mit Immuntoxikologen der Charité in Berlin die Eigenschaften der Spaltprodukte untersucht. Neben den toxischen Eigenschaften wie Genotoxizität und Zytotoxizität geht es dabei vor allem um das allergene Potenzial dieser aromatischen Amine. Die Forscher haben dafür einen etablierten Test verfeinert und weiterentwickelt, den so genannten Maus-Lymphknoten-Test. Er gilt als besonders empfindliches Instrument, mit dem man das allergene Potenzial von Stoffen schon bei sehr niedriger Konzentration ermitteln kann. Die Untersuchung zeigte, dass insbesondere das aus den Farbstoffen abgespaltene PPD, aber auch der Farbstoff selbst sensibilisierend wirkt.

Noch viele Unbekannte

Rund zwei Drittel der heute verwendeten Farbmittel in der Textilindustrie sind Azo-Farbstoffe. Von vielen ist bis heute nicht bekannt, wie sie sich verhalten, sollten sie beim Tragen aus dem Gewebe ausbluten und auf die menschliche Haut gelangen. Gegenwärtig widmet sich die Arbeitsgruppe von Thomas Platzek weiteren Azofarben wie dem Dispersionsgelb 3. Andere Farbmittel stehen noch auf der Agenda.

Die Untersuchungen am BfR sind nicht nur für die Risikobewertung von Bekleidungstextilien von Bedeutung. Auch in Kosmetika wie den Haarfärbemitteln sind Substanzen enthalten, die in PPD und verwandte aromatische Amine aufgespalten werden können. Ziel der Forscher am BfR ist es, genügend Daten zusammenzutragen, um das allergene Potenzial dieser Produkte möglichst umfassend zu ermitteln und den Verbraucher vor sensibilisierenden Stoffen zu schützen. ■

G. Friedmann-Marohn, BfR

Abb. 2: Schweiß-Lösung mit dem Farbstoff Crocein Scharlach und Micrococcus luteus. Ansätze mit 1, 2 bzw. 3 mg Farbstoff. Oben vor, unten nach 4 h anaerober Inkubation. 1 mg Farbstoff wurde vollständig abgebaut (linker Kolben), Konzentration des Farbstoffs im 2 mg Ansatz (Mitte) wurde sichtbar vermindert.

BfR
Risiken erkennen – Gesundheit schützen

Jürgen Thier-Kundke, Bundesinstitut für Risikobewertung, Pressestelle, Thielallee 88-92, 14195 Berlin.
E-Mail: juergen.thier-kundke@bfr.bund.de

Pilzanfälligkeit von Verpackungsholz

Schimmel auf Holzpaletten – das muss nicht sein

Gerda Lambertz und Johannes Welling (Hamburg)

Um Verpackungsholz für den weltweiten Warenaustausch „insektenfrei" zu machen, ist gemäß internationaler Richtlinie eine Hitzebehandlung zwingend erforderlich. Dadurch wird jedoch ein anderes unerwünschtes Übel gefördert: Folgt nicht unmittelbar nach der Behandlung eine Trocknung, kann hitzebehandeltes Holz einen idealen Nährboden für holzverfärbende Pilze bilden. Damit dem Empfänger bzw. Verbraucher nicht schon beim Anblick des Verpackungsholzes die Lust am Auspacken der Ware vergeht, muss das Holz auf ökologisch und ökonomisch sinnvolle Weise pilzfrei gehalten werden.

Keine Freitickets für Schadinsekten

Verpackungen und Ladungsträger aus Holz dienen nicht nur dazu, verschiedenste Waren international zu verfrachten; auch Schadorganismen können auf diese Weise quasi „nebenbei" über Länder- und Kontinentgrenzen hinweg verbreitet werden. Aus diesem Grund wurde im Jahre 2002 durch die Internationale Pflanzenschutz-Konvention (IPPC) zum weltweiten Schutz der einheimischen Wälder eine Richtlinie erlassen, die das Risiko einer Verschleppung der Schadorganismen minimieren soll (vgl. ForschungsReport 2/2003). Der so genannte ISPM Nr. 15, der internationale Standard für phytosanitäre (pflanzengesundheitliche) Maßnahmen, beschreibt dabei Verfahren zur Abtötung der schädlichen Organismen, die anzuwenden sind, bevor das Vollholzmaterial international auf die Reise geht (Abb. 1).

Im Wesentlichen werden in der Richtlinie zwei Behandlungsmethoden zur Vernichtung der Schadorganismen unterschieden: zum einen eine Begasung des Holzes mit Methylbromid, zum anderen eine Hitze- bzw. Wärmebehandlung des Holzes. In Deutschland sowie in zahlreichen anderen Ländern ist der Einsatz von Methylbromid verboten, da es als hochgiftig für Mensch und Umwelt eingestuft wurde. Andere Begasungsalternativen sind derzeit zwar im Gespräch (z.B. Sulfuryldifluorid), jedoch sind diese noch nicht durch die Richtlinie als geeignete Schutzmaßnahme anerkannt. Nicht zu vernachlässigen sind dabei auch die Ergebnisse neuester Untersuchungen, die belegen, dass eine Begasung die Gefahr des Übergangs der Begasungssubstanz auf das transportierte Gut mit sich bringt. In den meisten ISPM-15-Ländern ist daher nur noch eine Wärme-/Hitzebehandlung des Holzes als geeignete Behandlungs-

Abb. 1: Neu produzierte Holzpaletten. In den mittleren Klötzen sind die von der Internationalen Pflanzenschutz-Konvention (IPPC) geforderten Kennzeichnungen zur „Schädlingsfreiheit" zu erkennen.

maßnahme zulässig. Dabei muss eine Mindesttemperatur von 56 °C über einen Zeitraum von mindestens 30 Minuten in der Mitte des größten Querschnittes des Holzes wirken, um sicherzustellen, dass die im Holz befindlichen Schadorganismen durch Denaturierung des Eiweißes abgetötet werden. Diese Bedingungen können einerseits im Zuge einer technischen Trocknung des saftfrischen Holzes erfüllt werden, andererseits durch eine reine Hitzebehandlung ohne weitere Trocknung des Holzes. Der Unterschied zwischen beiden Verfahren: Bei einer technischen Trocknung wird Schnittholz in gut isolierten Kammern, ähnlich wie in einem Heißluftherd, mit warmer Luft auf eine bestimmte niedrige Holzfeuchte heruntergetrocknet. Dieser Prozess dauert je nach Dimension des Holzes mehrere Tage. Bei einer Hitzebehandlung ohne weitere Trocknung wird das Material nur kurzzeitig in einer sehr feuchten Atmosphäre auf die gewünschte Temperatur gebracht, vergleichbar mit dem Garen in Heißdampf.

Um im Zuge der ISPM-15-Behandlung die Substratfeuchte so schnell wie möglich auf ein für Pilze unattraktives Niveau zu senken, wird in größeren Betrieben der Holzpackmittelbranche immer häufiger – trotz Mehrkosten – eine technische Trocknung des Holzes durchgeführt. Klein- und mittelständische Betriebe sind jedoch oft nicht in der Lage, diese zeit- und kostenintensive Maßnahme umzusetzen und wenden daher eine reine Hitzebehandlung an, um die Regularien zu erfüllen.

Probleme durch Hitzebehandlung

Berichte aus der Praxis und Ergebnisse aus Forschungsuntersuchungen zeigen, dass frisches Schnittholz, welches einer reinen Hitzebehandlung ohne weitere Trocknung unterzogen wurde, eine extreme Affinität gegenüber Schimmel- und Bläuebefall aufweist (Bläue = holzverfärbende Pilze). Diese Anfälligkeit ist weitaus größer als bei vergleichbarem frischem Holz, das nicht hitzebehandelt wurde. Der Befall erfolgt in wesentlich kürzerer Zeit und ist merklich ausgeprägter (Abb. 2).

Bei den von der deutschen Verpackungsindustrie verwendeten Holzarten neigt vor allem Kiefernsplintholz zu starkem Schimmelbefall und Verblauen. Obwohl durch einen derartigen Befall die Festigkeitseigenschaften des Holzes nicht beeinträchtigt werden, stellt der Befall doch eine starke Wertminderung aus optischer Sicht dar und gilt daher sowohl bei den Herstellern als auch bei den Verwendern in hohem Maße als unerwünscht. Auch die gesundheitlichen Risiken für den Menschen, die durch Schimmelsporen verursacht werden können, zum Beispiel Allergien und Asthma, stellen einen wesentlichen Mangel des befallenen Holzes dar. Es ist daher ersichtlich, dass mit Schimmel besetztes Verpackungsmaterial nicht in Kontakt mit Lebensmitteln gebracht werden darf.

Da es sich bei dem verwendeten Holzverpackungsmaterial in der Praxis meist um saftfrisch verarbeitete Hölzer handelt, gilt es, den etwa zwei bis vier Wochen umfassenden kritischen Zeitraum zwischen dem feuchten, pilzanfälligen Zustand des Holzes nach dem Einschnitt bis zu einem Abtrocknen (durch Umgebungsluft) auf eine für pilzliche Organismen unattraktive Feuchte zu überbrücken. Nach der Trocknung besteht aufgrund zu niedriger Holzfeuchten die Gefahr mikrobieller Verfärbungen nicht mehr. Gesucht wurde nach Alternativen zu ökologisch bedenklichen Methoden und Mitteln, die auch für einen Einsatz in gesundheitlich sensiblen Bereichen, wie beim Transport von Lebensmitteln, geeignet sind. Diese Alternativen sollten neben guter Wirksamkeit auch für den Anwender praktisch umsetzbar und ökonomisch tragbar sein.

Die Untersuchungen konzentrierten sich zunächst auf die Frage, warum hitzebehandeltes Holz so anfällig für Pilzbefall ist. Darauf aufbauend wurde erforscht, wie sich die Bildung von Schimmel und Bläue auf derartig behandelten Hölzern zumindest temporär einschränken oder vermeiden lässt, ohne dabei auf konventionelle chemische Holzschutzmittel zurückzugreifen.

Erforschung der Ursachen

Als potenzielle Gründe für einen gesteigerten Pilzbefall nach einer Hitzebehandlung wurden zunächst von Praktikern wie auch von Forschern zwei denkbare Ansätze angenommen: Zum einen könnten durch die Behandlung wichtige Nährstoffe, wie Zucker-, Fett- oder Stärkemoleküle, aufgrund von Verlagerungsprozessen oder chemischen Veränderungen verstärkt an der Holzoberfläche zur Verfügung stehen. Eine andere Möglichkeit wurde in einer Erhöhung der Holzfeuchte an der Oberfläche gesehen.

Letztere Annahme konnte schnell durch entsprechende Untersuchungen widerlegt werden: Die Feuchte nach einer Hitzebehandlung entspricht annähernd der Feuchte vor der Behandlung. Eine

Abb. 2: Struktur des Pilzbefalles auf hitzebehandeltem (links) und nicht-hitzebehandeltem (rechts) Kiefernsplintholz nach zweiwöchiger Lagerung unter Folie in sehr feuchtem Klima.

Erhöhung des Feuchtegehaltes an der Holzoberfläche spielt bei Holzfeuchten von über 90 % für das Wachstum der Pilze, deren Wachstumsoptimum zwischen 30 und 70 % liegt, keine entscheidende Rolle.

Eine Veränderung des Stärkegehaltes, des Gehaltes an freien Zuckern und des pH-Wertes durch die Hitzebehandlung konnte analytisch ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Hingegen nahmen im Zuge der Hitzebehandlung die eluierbaren lipiden Extraktstoffe in den behandelten Hölzern zu. Durch eine schrittweise Extraktion mit drei verschiedenen Extraktionsmitteln konnten diverse Substanzen aus dem Holz herausgelöst werden, die vorwiegend zur Klasse der Fett- und Harzsäuren gehören. In zwei voneinander unabhängigen Versuchsreihen war die Ausbeute an Extrakt jeweils bei der hitzebehandelten Variante gegenüber der entsprechenden nicht-behandelten Kontrollvariante um ca. 40–70 % erhöht (Tab. 1).

Alkalische Lösungen legen Pilze lahm

Diese Beobachtung führte zu der Hypothese, dass die erhöhte Verfügbarkeit von Fett- und Harzsäuren die Ursache für einen gesteigerten Pilzbefall des hitzebehandelten Holzes darstellen könnten, da diese den pilzlichen Organismen als eine erweiterte Nahrungsquelle dienen. Folglich dürfte es nicht mehr zu einer verstärkten Pilzbesiedlung kommen, wenn diese Substanzen chemisch gebunden und/oder aus dem Holz herausgelöst würden.

Auf den Erkenntnissen der chemischen Analyse aufbauend ist es in weiterführenden Versuchen gelungen, für toxikologisch unbedenkliche und in der Anwendung kostengünstige Chemikalien eine temporär fungistatische Wirksamkeit nachzuweisen (Abb. 3). Als gut wirksam erwiesen sich vor allem kaliumcarbonat- bzw. natriumcarbonathaltige Lösungen. Diese Substanzen wirken alkalisch bis stark alkalisch und begründen demnach zwei mögliche Reaktionsmechanismen, durch die das pilzliche Wachstum gehemmt werden kann:

1. Eine Behandlung des Holzes mit diesen Substanzen erhöht den pH-Wert in den oberflächennahen Holzschichten. Der pH-Wert an der Holzoberfläche liegt nach der Substanzbehandlung oberhalb des von pilzlichen Organismen tolerierten Wertes von pH 10,5.

Tab. 1: Mittelwerte der Ergebnisse der sukzessiven Extraktion von Kiefernsplintholz (bezogen auf absolut trockenes Holz)

Extraktionsmittel	Versuchs-Reihe	Ausbeute [%] Hitzevariante	Kontrollvariante	Verhältnis Ausbeute Hitze/Kontrolle
Petrolether	1	3,29	1,91	1,72
	2	3,54	2,19	1,62
Ether	1	0,56	0,4	1,40
	2	0,17	0,12	1,42
Aceton/ Wasser	1	1,42	1,03	1,38
	2	0,92	0,65	1,42

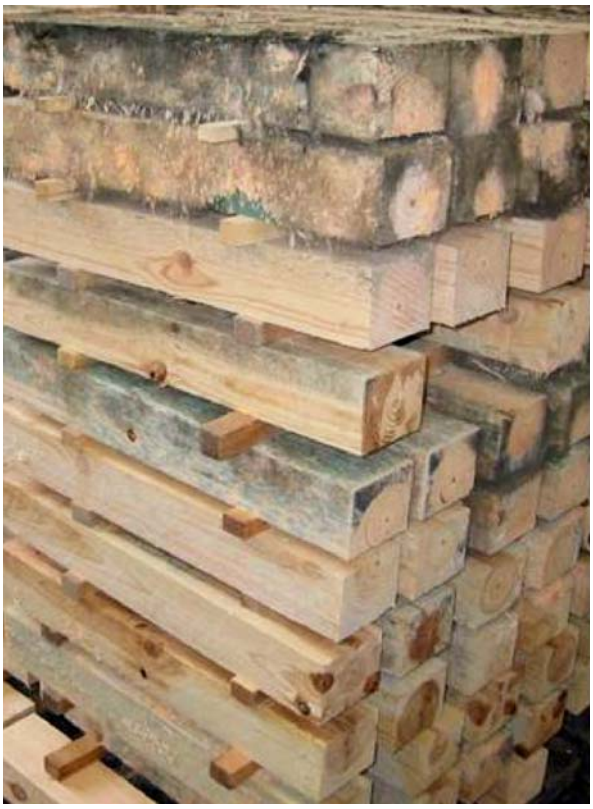


Abb. 3: Schadbilder hitzebehandelter Proben nach zweiwöchiger Lagerung unter Folie. Obere beiden Reihen ohne zusätzliche Behandlung; darunter liegende Reihen mit verschiedenen Substanzen behandelt.

2. Die im Holz vorhandenen freien Fettsäuren werden durch die Zugabe von Laugen neutralisiert bzw. verseift und stehen den pilzlichen Organismen demzufolge nicht mehr als Nahrungsquelle zur Verfügung.

Praxistauglichkeit

An der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft werden zurzeit in einem von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Projekt weiterführende Versuche zum genauen Wirkmechanismus, zum Auswaschverhalten, zum Korrosionsverhalten und zum Einfluss der Substanzen auf die technologischen Eigenschaften des Holzes durchgeführt. Im Zuge dessen wird in Zusammenarbeit mit dem Pflanzenchemie-Hersteller LIVOS und der Firma Zuelch Industrial Coatings nach einer optimalen Lösungszusammensetzung gesucht. Dank der Beteiligung der Firmen HMS Holz Hagenow und Paletten Service Hamburg ist dabei ein Test der Substanzen im praktischen Pilotmaßstab gewährleistet. ■

Gerda Lambertz und Dr. Johannes Welling, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg. E-Mail: g.lambertz@holz.uni-hamburg.de

dpa

Palmöl: Saubere Produktion eines natürlichen Energieträgers

Ein neuer Baustein zur umweltverträglichen Palmölproduktion

Frank Schuchardt (Braunschweig)

Bei der Nachfrage nach „Biokraftstoffen" in Deutschland gewinnt Palmöl zunehmende Bedeutung. Neue Biodiesel-Raffinerien und Blockheizkraftwerke werden in den nächsten Jahren viele Hunderttausend Tonnen Palmöl verarbeiten. Doch wie verträgt sich die Palmölproduktion mit der Umwelt? Palmölmühlen sind wahre Klimakiller.

Durch den Zwang der Bundesregierung zur Beimischung von Biokraftstoff zum Diesel ist die Nachfrage nach Pflanzenölen stark gestiegen. Zudem werden immer mehr Pflanzenöl-Kraftwerke betrieben. Das auf dem heimischen Markt produzierte Rapsöl kann die Nachfrage nicht befriedigen; steigende Preise sind die Folge. Palmöl erscheint da eine willkommene Ergänzung und Alternative.
Die Länder Malaysia und Indonesien produzierten 2005 fast 34 Millionen Tonnen Palmöl, etwa 84 % der Weltproduktion. Die weltweite Produktion an Rapsöl ist nur etwa halb so hoch.

Doch unter welchen Bedingungen wird dieses Palmöl produziert? Mehrere Aspekte sind dabei zu betrachten: Zum einen ist es der Umweltschutz bei der Flächenrodung, beim Anbau und bei der technischen Gewinnung des Öls in Ölmühlen, zum anderen sind es soziale Fragen. Die steigende Nachfrage nach Palmöl auf dem Weltmarkt hat zu einer Ausweitung der Anbauflächen, insbesondere in Indonesien und Südamerika geführt. Vielfach wurden bzw. werden wertvolle ökologische Flächen mit tropischem Urwald und Moorflächen in Ölpalmplantagen (Abb. 1) umgewandelt. Die Folgen: Ver-

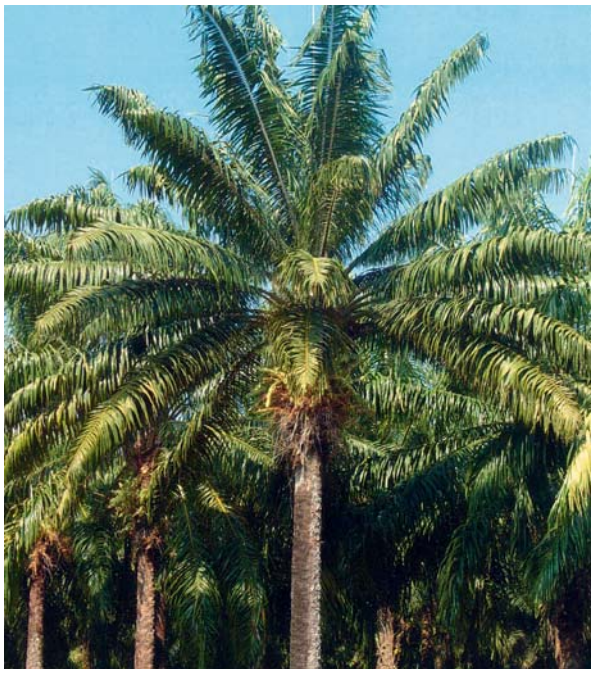


Abb. 1: Ölpalmplantage

luste von Lebensräumen für bedrohte Tiere und Pflanzen sowie Luftverschmutzung durch den Rauch aus der Brandrodung.

Darüber hinaus sind auch die Palmölmühlen selbst eine bedeutende Emissionsquelle für unerwünschte Stoffe. Mit jeder Tonne Palmöl fallen gleichzeitig drei bis vier Kubikmeter Abwasser an. Dieses Abwasser ist hoch belastet mit organischen Stoffen; fast 100-mal so hoch wie häusliches Abwasser. So entspricht die Schmutzmenge im Abwasser eine Ölmühle mittlerer Größe etwa der einer Stadt von 140.000 Einwohnern.

In Palmölmühlen ist es üblich, das Abwasser zunächst in anaerobe Abwasserteiche einzulassen (Abb. 2). Dort werden die organischen Verbindungen nach und nach biologisch abgebaut, bevor das Abwasser in einen Vorfluter eingeleitet wird. Mit dem Abwasser gehen gleichzeitig auch große Nährstoffmengen verloren, die die Umwelt belasten.

Abb. 2: Abwasserteich einer Palmölmühle, eine trügerische Idylle

Klimakiller Methan

Bei dem biologischen Abbau der organischen Stoffe im Abwasser entweicht energiereiches Biogas, das aus Kohlendioxid und zu über 60 % Methan besteht, in die Atmosphäre. Dabei beschleunigen die warmen Temperaturen der Tropen die Abbauprozesse ganz wesentlich. Dieses Verfahren der Abwasser-„Klärung" ist einfach und nicht teuer, es geht aber auf Kosten der Umwelt, denn das Methan zerstört unsere Erdatmosphäre. Dessen zerstörerische Kraft ist 23-mal so groß wie die von Kohlendioxid.

Die bei der Palmölgewinnung freigesetzten Mengen an Methan sind erheblich: Bei jeder produzierten Tonne Palmöl werden 46 Kubikmeter Methan erzeugt oder – umgerechnet auf CO_2-Äquivalente – 756 kg CO_2. Bezogen auf die weltweite Palmölproduktion von 33,5 Mio. Tonnen waren das im Jahre 2006 mehr als 25 Mio. t CO_2. Eine gewaltige Menge, die dem jährlichen CO_2-Ausstoß von etwa 17 Mio. Pkws entspricht (Fahrleistung: 10.000 km, CO_2: 150 g/km). Für eine Ölmühle mittlerer Größe ist das in die Atmosphäre entweichende Methan der Verlust einer großen Energieressource von über 1,4 Mio. Liter Diesel (als Energieäquivalent gerechnet).

Es gibt eine Lösung

In einem vom Bundesministerium für Bildung and Forschung finanzierten und vom Institut für Technologie und Biosystemforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) durchgeführten Vorhaben wurde gemeinsam mit dem Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI) und dem Ingenieurbüro UTEC in Bremen eine technische Lösung gefunden. Dabei bleiben die Nährstoffe aus dem Abwasser erhalten und die Methanemissionen in die Atmosphäre werden vermieden. Die Lösung heißt: Kompostierung und Biomethanisierung (Abb. 3).

Neben dem Abwasser fallen in einer Ölmühle auch noch leere Fruchtstände als Abfall an: 1,2 Tonnen bei jeder produzierten Tonne Palmöl. Diese Abfälle können nach Zerkleinerung kompostiert werden. Durch die Aktivität der Mikroorganismen steigen die Temperaturen in den Kompostmieten auf bis zu 75 °C an. Die Folge dieser hohen Temperaturen und des hohen Gehalts an Luftporen im Abfall ist eine sehr starke Wasserverdunstung. Methan und Lachgas werden dabei nur in Spuren freigesetzt.

Täglich können je Tonne Abfall bis zu 70 Liter Wasser verdunstet werden. In sechs Wochen sind das fast 3.000 Liter – genug, um das gesamte Abwasser aus der Ölproduktion zu verdunsten. Bedingung ist dabei aber der Einsatz von Umsetzmaschinen für die Kompostmieten, die das Rottegut immer wieder intensiv durchmischen. Nach acht bis zwölf Wochen steht ein gebrauchsfertiger und hochwertiger Kompost zur Verfügung, in dem alle Nährstoffe aus den leeren Fruchtständen und aus dem Abwasser enthalten sind. So hat sich das Abwasser buchstäblich in Luft aufgelöst. Man kann von einer „biologischen Trocknung" sprechen.

Um die Wertschöpfung aus dem Abwasser noch zu steigern, kann aus diesem vor der Verwendung bei der Kompostierung noch Biogas gewonnen werden. Dazu wird ein spezieller Hochleistungsfermenter („Festbettreaktor") verwendet, in dem sich eine stabile Bio-

masse ansiedelt. Auch starke Schwankungen in der Zulaufmenge des Abwassers und Zeitunterbrechungen können die Leistungsfähigkeit des Fermenters nicht beeinträchtigen. Innerhalb von nur zwei Tagen werden so 90 % der Schmutzfracht abgebaut. In den Abwasserteichen sind dazu über einhundert Tage notwendig.
Die Endprodukte des patentierten Verfahrens sind lediglich Biogas und Kompost – ein „zero waste" Verfahren.
Das Biogas kann zunächst den hohen Energiebedarf der Ölmühle abdecken, so dass Heizöl oder andere Energieträger nicht mehr gebraucht werden. Es kann aber auch an andere Fabriken mit Strom- und Wärmebedarf verkauft werden oder in Privathaushalten zum Kochen und zur Beleuchtung genutzt werden. Der hochwertige Kompost kann entweder in die Plantagen zurückgebracht werden oder dient als nährstoffreicher, organischer Dünger für den Gemüse- und Gartenbau.
Inzwischen haben neun Palmölmühlen in Indonesien das Kompostierungsverfahren, auch mit deutscher Technologie, in die Praxis umgesetzt. Weitere Anlagen sind in der Planung, und bei über 500 Ölmühlen allein in Malaysia und Indonesien gibt es für deutsche Unternehmen gute wirtschaftliche Aussichten.

Kosten

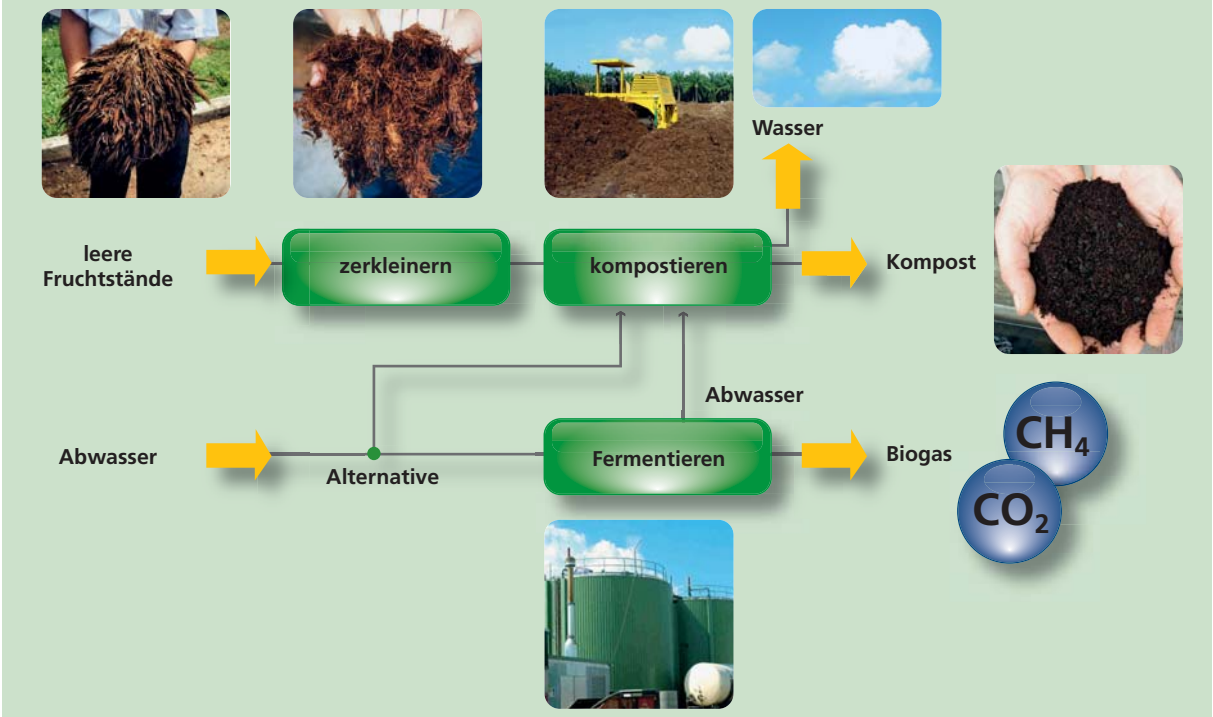
Eine entscheidende Frage zur Realisierung des neuen Konzeptes in der Praxis ist aber dessen Wirtschaftlichkeit. Eine Kostenanalyse ergab für das Kompostierungsverfahren Amortisationszeiten zwischen 1,3 und 2,4 Jahren. Begründet sind diese kurzen Zeiten insbesondere durch die Einsparung von Dünger und Behandlungskosten für das Abwasser, erhöhte Flächenerträge durch die Kompostanwendung und den Verkauf von CO_2-Zertifikaten im Rahmen des Emissionshandels.
Die Biogasproduktion ist dagegen aus wirtschaftlicher Sicht nur dann profitabel, wenn das Gas auch vollständig verwertet werden kann. Da viele Ölmühlen nicht an öffentliche Stromnetze angeschlossen sind und ihren Energiebedarf über die Verbrennung von Fasern der Ölfrüchte abdecken, fehlt häufig eine Möglichkeit zur Gasnutzung. An der Entwicklung neuer Verwertungsstrategien wird derzeit gearbeitet.

Fazit

Palmölmühlen können nachhaltig betrieben werden. Mit dem hier vorgestellten Verfahren der Kompostierung und Biogasgewinnung aus dem Abwasser und den leeren Fruchtständen wird die Umwelt entlastet und es entstehen neue Arbeitsplätze. Eine Besonderheit ist aber die Möglichkeit, mit einer Umweltschutzmaßnahme auch noch Profit zu machen. ■

Prof. VRC Dr. Frank Schuchardt, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.
E-Mail: frank.schuchardt@fal.de

Abb. 3: Umweltfreundliche Verwertung von Abfall und Abwasser aus der Palmölgewinnung durch Kompostierung und Biomethanisierung



Stoffdynamik in Waldökosystemen

Blattbesiedelnde Mikroorganismen in unseren Wäldern reagieren auf veränderte Umwelt

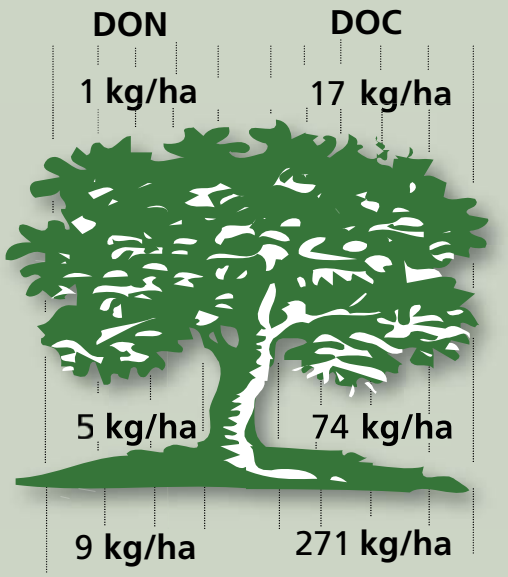
Thomas Müller und Andreas Ulrich (Müncheberg)

Wälder im gemäßigten Klima sind permanent Veränderungen des Klimas und der Umwelt ausgesetzt. Die Erwärmung der Erdatmosphäre, regionale Rückgänge der Niederschläge, häufigere Extremwitterungsereignisse, steigende CO_2- und Ozon-Konzentrationen in der Atmosphäre sowie die Versäuerung von Boden und Wasser sind dafür markante Beispiele. Auch biotische Faktoren, zum Beispiel großflächiger Insektenbefall, beeinflussen die Wälder. Veränderte Umweltbedingungen ziehen allgemein auch Veränderungen in den Stoff- und Energieflüssen eines Ökosystems nach sich. Eine Vorhersage der Stoffdynamik setzt voraus, dass wir die Beziehungen und Interaktionen zwischen den biologischen Prozessen verstehen, die sowohl unter- als auch oberhalb des Waldbodens ablaufen.

Wenn Regen durch die Baumkronen rinnt, können wir analytisch verfolgen, wie gelöste organische Substanz vom Freiland- über den Bestandesniederschlag bis in die organische Bodenauflage angereichert wird (Abb. 1). Die organische Substanz im Bestandesniederschlag speist sich aus der Atmosphäre einschließlich Pollenflug, den Auswaschungen aus der pflanzlichen Biomasse, der mikrobiellen Biomasse sowie Insekten in der Baumkrone. Neben der organischen Bodenauflage ist bei uns der Kronenraum der Wälder die zweitgrößte Nettoquelle für gelöste organische Substanz. Durch ihren Eintrag werden der Streuabbau und eine Reihe von Bodenprozessen wie der Ionen- und Nährstofftransport oder die Mobilisierung von Schwermetallen und Schadstoffen beeinflusst. Darüber hinaus stellt diese organische Substanz ein wichtiges Nährsubstrat für Mikroorganismen dar.

Die in Abbildung 1 aufgeführten Daten sind Mittelwerte aus mitteleuropäischen Laubwäldern unter „normalen" Bedingungen. Wie ändern sich jedoch diese Daten, wenn sich die Umweltfaktoren in unseren Wäldern im Zuge des Klimawandels ändern?

Abb. 1: Jährliche Flüsse von gelöstem organischem Stickstoff (DON) und Kohlenstoff (DOC) in einem mitteleuropäischen Laubwald



(Mittelwerte von 1997 und 1998, nach Angaben von Solinger et al.: Biogeochemistry 55 (2001), 327–349)

Phyllosphäre

Die Oberfläche von grünen Blättern und Nadeln wird von Mikroorganismen besiedelt. In Analogie zur Rhizosphäre der Wurzeln wird dieser Lebensraum als Phyllosphäre bezeichnet. Gemessen an seiner Oberfläche ist die Phyllosphäre das größte Habitat auf der Erde.

Die Vielfalt der Milieubedingungen in diesem Habitat führt zu einer Vielfalt der Eigenschaften dieser Mikroorganismen, die noch erheblichen Forschungsbedarf bieten. Schon heute ist zum Beispiel bekannt, dass eine konkurrenzstarke Mikroflora auf den Blättern pflanzenpathogene Mikroorganismen weitgehend unterdrücken kann. Darüber hinaus sind einige blattbesiedelnde Bakterienarten in der Lage, das Wachstum ihrer Wirtspflanzen durch Ausscheidung von Phytohormonen direkt zu fördern.

Bakterien, Hefen und filamentöse Pilze, die die Oberfläche von Laub- und Nadelblättern besiedeln, nehmen organische Substanz aus dem Kronenbereich und der ihn umgebenden Luft auf und setzen diese Substanz in veränderter Form spätestens nach ihrem Zelltod auch wieder frei. Mit dem Niederschlagswasser gelangen die organischen Verbindungen in den Boden. Auf diese Weise sind die Mikroorganismen der Phyllosphäre eng mit den biogeochemischen Stoffkreisläufen verbunden.

Ziel unserer Untersuchungen war es, Reaktionen der Phyllosphären-Mikroorganismen auf Insektenbefall und Luftverschmutzungen zu ergründen und mögliche Konsequenzen für den Stoffffluss im Waldökosystem aufzuzeigen.

Mikroorganismen auf Buchen, Fichten und Hainbuchen

In unseren Experimenten untersuchten wir einerseits Blätter von Buchen (*Fagus sylvatica*), die von der Buchenblattlaus *Phyllaphis fagi* befallen waren. Zum anderen wurde ein Manipulationsversuch an Sitkafichten in Schottland zur Untersuchung der Wirkung invasiver Insekten unter Stressbedingungen genutzt. Die Bäume waren von der Blattlaus *Elatobium abietinum* (Grüne Sitkalaus) befallen und wurden mit Regenwasser besprüht, das erhöhte Konzentrationen an Stickstoff und Schwefel aufwies (als Einzelkomponenten und in Kombination als saurer Regen).

Abb. 2: Projektskizze des Canopy Crane Project in Hofstetten (Schweiz). Ein automatisiertes System setzt in einem Netzwerk aus dünnen Schläuchen in den Baumkronen CO_2 in einer Konzentration von 520 µmol/mol frei.

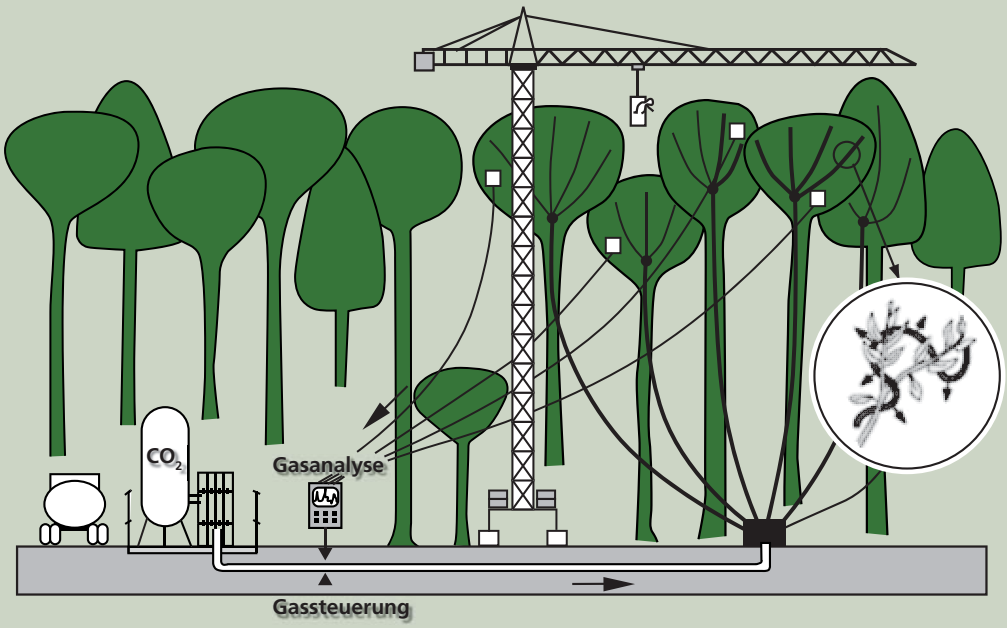


Abb. 3: Niederschlagssammler und Begasungsschläuche in der Baumkrone.

Schließlich nahmen wir in einem dritten Versuch Proben vom Swiss Canopy Crane Project (Abb. 2), einem großskaligen Freiluft-CO_2-Anreicherungs-(FACE)-Experiment in Hofstetten (Schweiz), um mikrobiologische Parameter in der Phyllosphäre von Hainbuchen (*Carpinus betulus*) zu untersuchen[1].

Zur mikrobiologischen Analyse wurden Bakterien und Pilze der Phyllosphäre auf Nähragarplatten kultiviert. Da sich nicht alle Mikroorganismen auf diese Weise anziehen lassen, wurden die jeweiligen bakteriellen Gemeinschaften auch kultivierungsunabhängig mithilfe von Fingerprint-Analysen (Terminaler Restriktionsfragment-Längenpolymorphismus-(T-RFLP) der ribosomalen DNA) untersucht. Darüber hinaus wurden in Blattabschwemmungen mikrobielle Enzymaktivitäten gemessen, wobei die β-Glucosidase als Indikator der mikrobiellen Aktivität im Kohlenstoff-Kreislauf diente und die Leucin-Arylamidase als solcher im Stickstoff-Kreislauf. Konzentrationsbestimmungen an organischem Kohlenstoff (DOC) und Stickstoff (DON) in Blattabschwemmungen oder im Bestandesniederschlag (Abb. 3) ergänzten die Untersuchungen.

Umwelt und Insekten beeinflussen die Phyllosphäre

Unter dem Einfluss des von Blattläusen abgeschiedenen Honigtaus nahmen die epiphytischen (blattbesiedelnden) Mikroorganismen rapide zu. Abbildung 4 zeigt die Bildung von Konglomeraten aus Honigtauresten und Hefen auf einem Buchenblatt. Die Fingerprint-Analyse wies auf deutliche Veränderungen in der Artenzusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften hin. Auch die Enzymaktivitäten stiegen an, besonders die der β-Glucosidase. Als Ergebnis der Wechselwirkung zwischen Blattläusen und den Phyllosphären-Mikroorganismen gelangten höhere Mengen an organischer Substanz in die Bodenauflage (Abb. 5).

Im Sitkafichten-Experiment hatte vor allem der Blattlausbefall eine signifikante Wirkung auf die meisten der getesteten Parameter. Die Luftschadstoffe verursachten nur dann eine zunehmende mikrobielle Dichte und ansteigende Enzymaktivitäten, wenn die Bäume gleichzeitig durch die Sitkalaus befallen waren (Abb. 6). Das deutet darauf hin, dass dieser biotische Umweltfaktor einen stärkeren Einfluss auf die Mikroorganismen hat, als ihn die Luftschadstoffe haben.

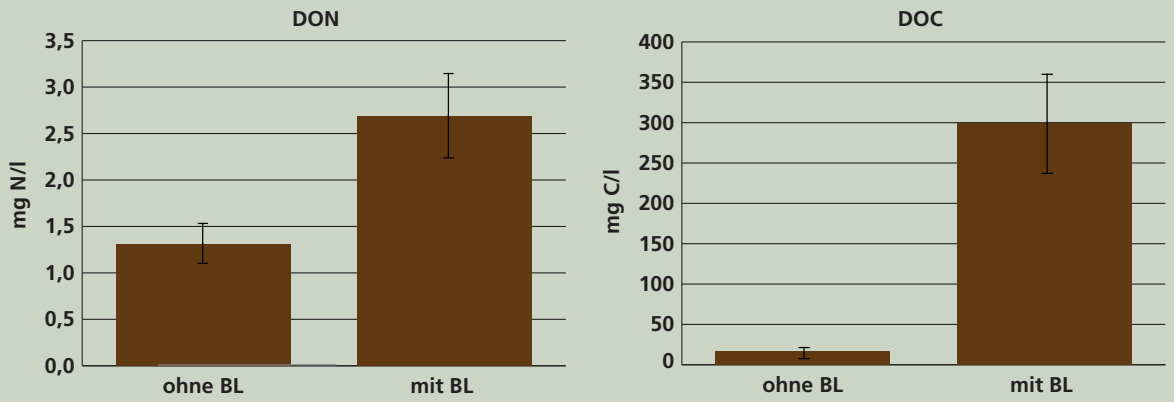
Ein erhöhter CO_2-Gehalt in der Atmosphäre, wie er im FACE-Experiment simuliert wurde, scheint die filamentösen Pilze auf Hainbu-

Abb. 4: Blätter von *Fagus sylvatica*. Links: von Blattläusen unbefallen, rechts: von *Phyllaphis fagi* befallen. Die rechte elektronenmikroskopische Aufnahme zeigt ein Konglomerat aus Honigtauresten und Hefen.

S. Blank, ZALF Müncheberg, DEI

1) Zu Untersuchungen mit CO_2-angereicherter Atmosphäre auf Ackerflächen vgl. auch einen Artikel im ForschungsReport 1/2005.

Abb. 5: Konzentrationen von gelöstem organischen Stickstoff (DON) und Kohlenstoff (DOC) in Abschwemmungen von Buchenblättern, die von Blattläusen (BL) befallen oder unbefallen waren.



DON- und DOC-Angaben in mg N bzw. C pro Liter Blattabschwemmung
Sowohl bei DON als auch bei DOC gibt es zwischen Blattlaus-freier und Blattlaus-Variante hoch signifikante Unterschiede ($P < 0,01$).

chenblättern zu unterdrücken. Hingegen wurden die Populationen der Bakterien und Hefen kaum beeinflusst. Ebenso konnten keine signifikanten Unterschiede in den Enzymaktivitäten oder den DOC- und DON-Flüssen im Bestandesniederschlag festgestellt werden.

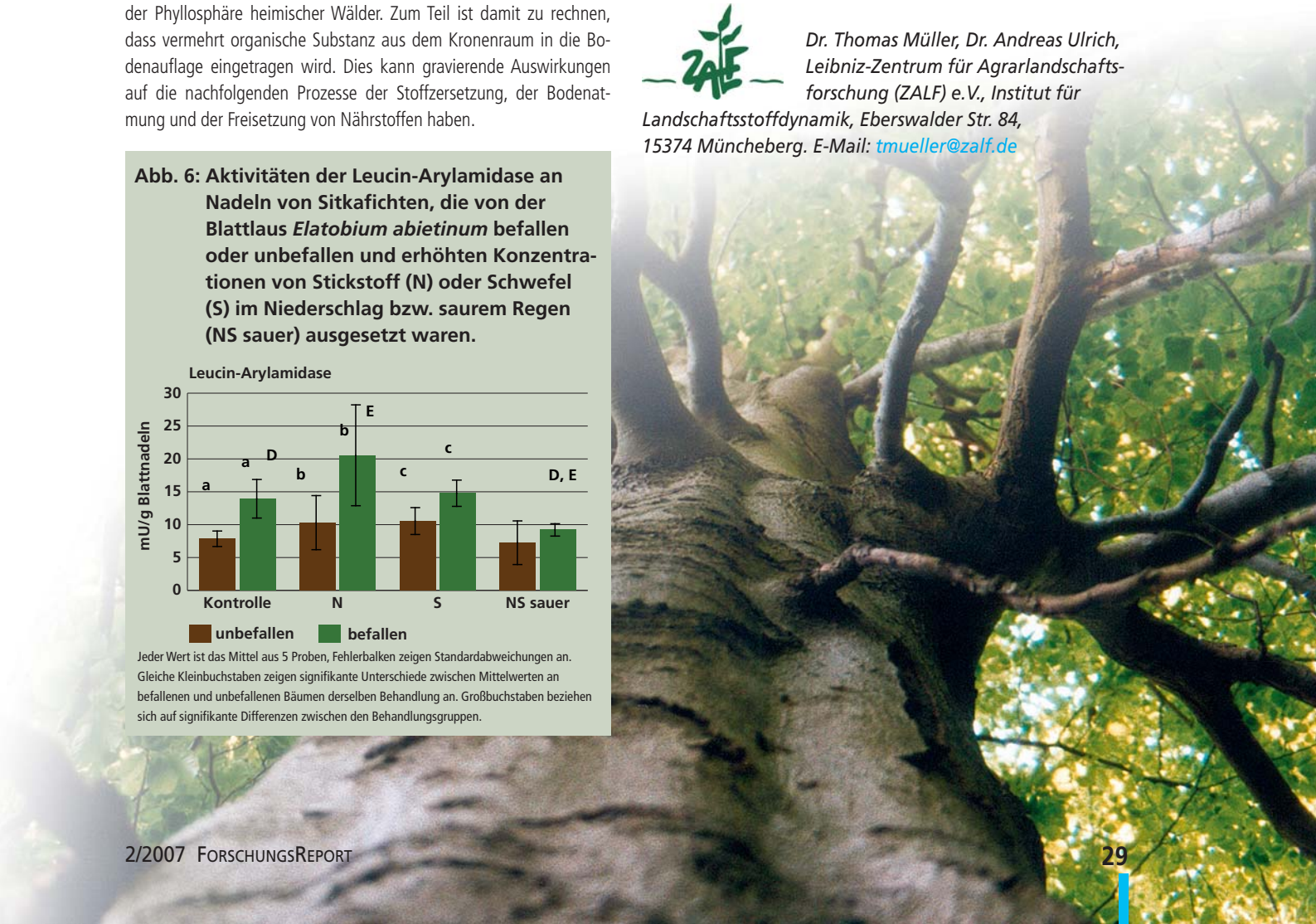
Wie sich in diesen Untersuchungen zeigte, beeinflussen biotische und abiotische Umweltveränderungen die mikrobiellen Gemeinschaften in der Phyllosphäre heimischer Wälder. Zum Teil ist damit zu rechnen, dass vermehrt organische Substanz aus dem Kronenraum in die Bodenauflage eingetragen wird. Dies kann gravierende Auswirkungen auf die nachfolgenden Prozesse der Stoffzersetzung, der Bodenatmung und der Freisetzung von Nährstoffen haben.

Abb. 6: Aktivitäten der Leucin-Arylamidase an Nadeln von Sitkafichten, die von der Blattlaus *Elatobium abietinum* befallen oder unbefallen und erhöhten Konzentrationen von Stickstoff (N) oder Schwefel (S) im Niederschlag bzw. saurem Regen (NS sauer) ausgesetzt waren.

Jeder Wert ist das Mittel aus 5 Proben, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen an. Gleiche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen Mittelwerten an befallenen und unbefallenen Bäumen derselben Behandlung an. Großbuchstaben beziehen sich auf signifikante Differenzen zwischen den Behandlungsgruppen.

Es wurde deutlich, dass Untersuchungen zur Wirkung von atmosphärischen Schadstoffen in Waldökosystemen nicht isoliert betrachtet werden dürfen, sondern im Zusammenhang mit biotischen Veränderungen zu sehen sind. Vertiefende Forschung in dieser Richtung ist notwendig, um zu einem verbesserten Verständnis der Ökosystemfunktionen unter sich ändernden Umweltbedingungen zu gelangen. ■

Dr. Thomas Müller, Dr. Andreas Ulrich, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Institut für Landschaftsstoffdynamik, Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg. E-Mail: tmueller@zalf.de



Dorsche in der Ostsee

Wo und wann sie sich fortpflanzen

Martina Bleil und Rainer Oeberst (Rostock)

Für die Erhaltung von Fischbeständen und ein langfristiges, nachhaltiges Management sind Kenntnisse zur Größe und Struktur der Bestände sowie zum Nachwuchspotenzial erforderlich. Die Stärken der Nachwuchsjahrgänge von Fischen unterliegen starken Schwankungen, die sowohl durch Menschen verursacht als auch umweltbedingt sind. Viele Faktoren greifen dabei ineinander, die langfristige, kontinuierliche und interdisziplinäre Untersuchungen erfordern.

Für die Fischbestände der Ostsee werden diese Arbeiten vom Institut für Ostseefischerei der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) durchgeführt. So finden unter anderem jährlich sich wiederholende, gezielte Untersuchungen zur Reproduktionsbiologie von Fischen in der Ostsee statt. Dazu werden mit den Fischereiforschungsschiffen der BFAFi fischereiunabhängige Daten im natürlichen Verbreitungsgebiet erhoben, ergänzt durch Analysen, die in einer marinen Aquakulturanlage unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt worden sind.

Zwei verschiedene Dorsch-Bestände

Der Dorsch, wie der Kabeljau in der Ostsee genannt wird, ist für die Fischerei von großer ökonomischer Bedeutung. Das hat dazu geführt, dass der fischereiliche Druck auf diese Fischart deutlich zugenommen hat. Auch für die Fischer der Bundesrepublik Deutschland stellt der Dorsch die wichtigste Ressource für die Wertschöpfung dar.

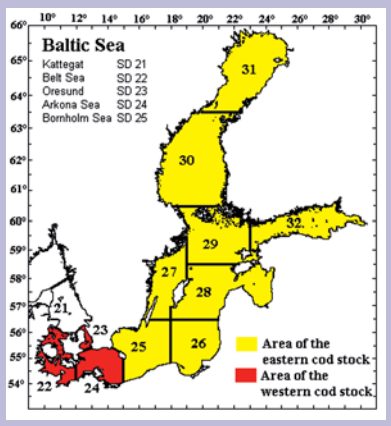
In der Ostsee gibt es zwei Bestände von Dorschen: den Bestand der westlichen Ostsee (*Gadus morhua* L.), auch als „Beltsee-Bestand" bezeichnet, und den Bestand der östlichen Ostsee (*Gadus morhua callarias*), auch „Ostseedorsch" genannt.

Der Bestand der westlichen Ostsee lebt in einem Gebiet, das in der dänischen Beltsee beginnt und sich über die Kieler und Mecklenburger Bucht (ICES SD 22; vgl. Abb. 1), bis hinein in die Arkonasee (ICES SD 24) erstreckt. In der Arkonasee (ICES SD 24) beginnt auch bereits das Verbreitungsgebiet des Dorsches der östlichen Ostsee. Das Verbreitungsgebiet dieses Dorsch-Bestandes erstreckt sich dann weiter über die Bornholmsee (ICES SD 25), das Gdansker Becken, die Gotlandsee, bis hinein in den finnischen Meerbusen (ICES SD 32).

Die Individuen beider Bestände unterscheiden sich in einigen biologischen Merkmalen, die äußerlich jedoch auf den ersten Blick nicht erkennbar sind. Beide Bestände haben unterschiedliche Laichzeiten und Laichgebiete. Auch die Bedingungen für eine erfolgreiche Befruchtung und Entwicklung der abgelaichten Eier sind für beide Bestände verschieden.

Für das Management des Dorsches in der Ostsee wird jährlich vom Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES) ein wissenschaftlicher Ratschlag (Scientific Advice) für die kommerzielle Nutzung,

Abb. 1: Das Verbreitungsgebiet von Dorschen in der Ostsee nach Beständen und Seegebieten gemäß der Einteilung des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES)



nach Beständen getrennt, erarbeitet. Auf dieser Grundlage erfolgt die fischereipolitische Festsetzung der international erlaubten Fangmengen (TAC; Total Allowable Catch), die auf Länderquoten aufgeteilt werden.

Dramatischer Rückgang

In den zurückliegenden 20 Jahren wurde ein dramatisch negativer Trend in der Bestandsentwicklung, insbesondere der Dorsche der östlichen Ostsee, deutlich (Abb. 2).

In der westlichen Ostsee dagegen hatte am Beginn dieses Zeitraumes die traditionelle Befischung die Reproduktion des Bestandes zunächst nicht negativ beeinflusst. Es wurden nur die Mengen an Dorsch entnommen, die immer wieder durch gute Nachwuchsjahrgänge ausgeglichen werden konnten. Durch den Wegfall von Fangmöglichkeiten in den östlichen Fischereigebieten nahm jedoch der fischereiliche Druck auch auf diesen Bestand deutlich zu. Alarmierende Veränderungen in der Altersstruktur beider Bestände waren die Folge. Die Anzahl großer Dorsche hat sich gegenwärtig deutlich verringert – die Laicherbestände werden dominiert von 3-jährigen und 2-jährigen, erstlaichenden Tieren (Abb. 3).

Auch die hydrographischen Bedingungen für die Fortpflanzung speziell in der östlichen Ostsee haben sich in den letzten Jahren verschlechtert.

Die Erforschung der Ursachen rückte in den Vordergrund. Verschiedene nationale und internationale Projekte wurden initiiert, um das Ursache-Wirkungsgefüge zu analysieren und Möglichkeiten für den Wiederaufbau der Bestände zu prüfen.

Dorsche unterliegen, wie alle anderen Fischarten auch, natürlichen, sich jährlich wiederholenden biologischen Rhythmen, die sich in ihren räumlichen Verbreitungsgrenzen widerspiegeln und im Jahresverlauf Veränderungen unterliegen. Während der Fortpflanzungszeit wandern Dorsche aus zum Teil weit entfernten Arealen ihres Gesamtverbreitungsgebietes in die Laichgebiete und bilden Laichkonzentrationen. Diese Konzentrationen stellen traditionell eine ideale Möglichkeit für die Fischerei dar, um höchste Fangerfolge bei geringstem Aufwand zu erzielen.

Damit die Dorsch-Eier befruchtet werden und sich entwickeln können, muss das Wasser spezielle Salz und -Sauerstoffgehalte sowie eine bestimmte Temperatur aufweisen. Nur in den tiefen Becken der Ostsee werden diese Bedingungen erfüllt, und auch nur dann, wenn ein ausreichender Einstrom aus der Nordsee salz und- sauerstoffreiches Wasser bis in die tiefen Becken der östlichen Ostsee transportiert. In der Ostsee sind somit, im Gegensatz zu ozeanischen Gebieten, die Laichareale des Dorsches räumlich deutlich abgegrenzt.

Abb. 2: Die Bestandsdynamik von Dorschen in der Ostsee

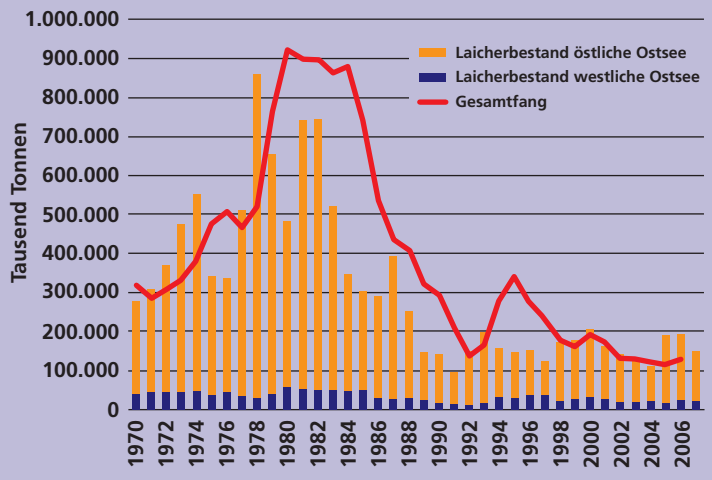


Abb. 3: Wurden die Fänge noch vor 20 Jahren von stattlichen Dorschen dominiert, so sind diese Fische heute die Ausnahme. Überwiegend zappeln kleine Exemplare (Vordergrund) in den Netzen.

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bedingungen für eine erfolgreiche Reproduktion für die Individuen beider Bestände unterschiedlich sind. Die untere Grenze für die erfolgreiche Befruchtung von Eiern des Dorsches der östlichen Ostsee liegt bei einem Salzgehalt von 11 PSU. Tiere des westlichen Bestandes dagegen benötigen hierfür einen Salzgehalt von mindestens 15 PSU. Die Anforderungen bezüglich Temperatur und Sauerstoffgehalt sind für die Befruchtung und Entwicklung der Eier beider Bestände gleich. Es sind Temperaturen zwischen 1,5 °C und 10 °C sowie ein Sauerstoffgehalt von mehr als 2 ml/l erforderlich.

Dieses Salzgehalt-Sauerstoff-Temperatur-Gefüge hat sich in den tiefen Becken der östlichen Ostsee deutlich zu ungunsten einer erfolgreichen Reproduktion von Dorschen verändert.

In den zurückliegenden Jahren wurden von den Mitarbeitern des Institutes für Ostseefischerei in Rostock umfangreiche Untersuchungen zur Reproduktionsbiologie von Dorschen in der Ostsee durchgeführt. Bestandteil dieser Arbeiten waren Analysen zum zeitlichen und räumlichen Verlauf von Laichaktivitäten in den Seegebieten vor Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern, aber auch in den Gewässern um die dänische Insel Bornholm.

Aus diesen nationalen Aufnahmen und den Ergebnissen internationaler Projekte lassen sich die Laichzeiten und- gebiete wie folgt beschreiben:

Dorschbestand der westlichen Ostsee

Laichzeit

Das Laichen der Dorsche in der westlichen Ostsee beginnt Ende Februar, erreicht in den Monaten März und April seinen Höhepunkt und ist Ende Mai vollständig beendet. Diese Tiere können auch als „Frühjahrslaicher" bezeichnet werden. Die Laichaktivitäten wiesen in ihren Abläufen im zurückliegenden Jahrhundert – dem Zeitraum, für den verwertbare Informationen vorliegen – nur eine geringe zeitliche Variabilität auf.

Laichgebiete

Die Laichareale liegen in den tiefen Seegebieten der Dänischen Beltsee, der Kieler und Mecklenburger Bucht und des Fehmarn Belt (ICES SD 22; vgl. Abb. 1). Hier wird über Wassertiefen von 20 m und mehr regelmäßig gelaicht (Abb. 4). Das häufige Einströmen kleinerer Mengen von salzhaltigem Nordseewasser führt zu überwiegend guten hydrographischen Bedingungen für die Reproduktion. Ein kleinerer Teil dieses Bestandes laicht auch – jedoch mit jährlich sehr unterschiedlicher Intensität – in der Arkonasee (ICES SD 24). Hier finden Laichaktivitäten ausschließlich in Gebieten mit einer Tiefe von mehr als 40 m statt (Abb. 4).

Dorschbestand der östlichen Ostsee

Laichzeit

Die Laichaktivitäten des Dorsches der östlichen Ostsee sind zeitlich sehr ausgedehnt und durch deutliche Fluktuationen im zurückliegenden Jahrhundert gekennzeichnet. Wurden für den Beginn dieses Zeitraumes Laichaktivitäten für die Monate April bis August beschrieben, gibt es aus den 50-er Jahren Informationen zu Laichaktivitäten für den Zeitraum April bis Juli und aus den 70-er Jahren für die Monate April bis Mitte Juni. Nach aktuellen Untersuchungen beginnt die Hauptlaichperiode derzeit im Juni und endet im September.

Laichgebiet

Die Dorsche der östlichen Ostsee haben ein sehr viel größeres Verbreitungsgebiet als die der westlichen Ostsee. Die tiefen Becken der westlichen Gotlandsee (ICES SD 28), des Gdansker Beckens (ICES SD 26), der Slupsker Rinne (ICES SD 25) und der Bornholmsee (ICES SD 25) werden als traditionelle Laichgebiete beschrieben (siehe Abb. 4).

Gegenwärtig findet jedoch lediglich noch im Bornholmbecken, dem tiefsten Gebiet der Bornholmsee und in der Arkonasee, über Tiefen von 40 m und mehr regelmäßiges, erfolgreiches Laichen statt, wobei das Bornholmbecken das Hauptlaichgebiet darstellt. In allen anderen traditionellen Laichgebieten fand in den zurückliegenden 10 Jahren nur noch eine erfolgreiche Reproduktion statt, wenn der Einstrom von salz und- sauerstoffreichem Wasser in größeren Mengen zu einer kurzzeitigen Verbesserung der hydrographischen Situation geführt hatte.

Beginn der Laichzeit entscheidend

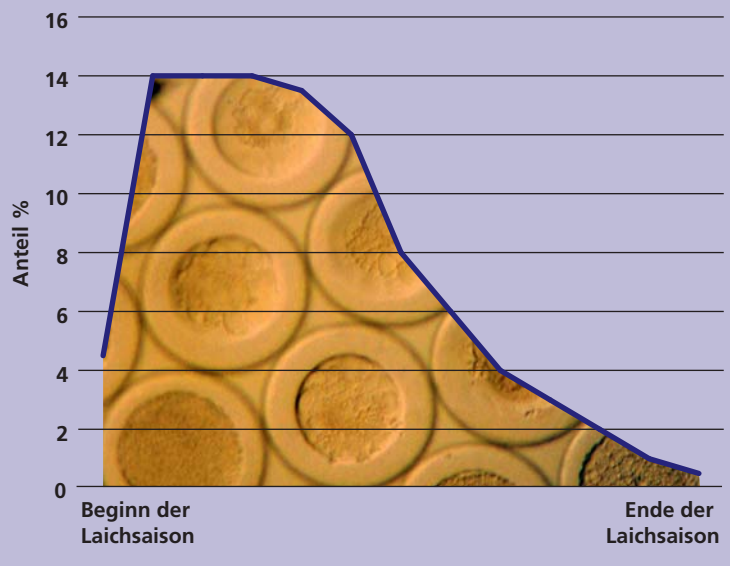
Weitergehende Untersuchungen zum generellen Verlauf von Laichprozessen, einerseits aus Datenserien aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet und andererseits in Experimenten unter kontrollierten Bedingungen in einer marinen Aquakulturanlage gewonnen, zeigten, dass das Laichgeschehen im Jahresverlauf jeweils mit dem Ablaichen der größten Dorsche beginnt. Jüngere Individuen folgen dann nach und nach, so dass zum Ende der Laichzeit die jüngsten und kleinsten Fische – die „Erstlaicher" – ablaichen. Größere und somit ältere Dorsche sind, im Vergleich zu jüngeren Tieren, in der Lage, eine größere Menge von Eiern mit einer höheren Qualität über einen längeren Zeitraum zu produzieren.

Die Experimente zeigten auch, dass die Menge und die Qualität der abgelaichten Eier im Verlauf der Laichzeit charakteristischen Abläufen unterliegen. Mit dem Beginn des Laichens erfolgt ein schneller Anstieg der Menge täglich abgegebener, befruchtungsfähiger Eier bis zu einem Höhepunkt; danach setzt eine sich über mehrere Wochen erstreckende langsame Verringerung der täglich abgegebenen Mengen ein (Abb. 5). Die Qualität der herangereiften und abgelaichten Eier nimmt hierbei vom Beginn des Laichens bis zum Ende der Laichaktivitäten kontinuierlich ab.

In der ersten Hälfte einer Laichsaison wird somit nicht nur der größte Anteil an entwicklungsfähigen Eiern abgelaicht, sondern auch die Eier mit den qualitativ besten Entwicklungsaussichten.

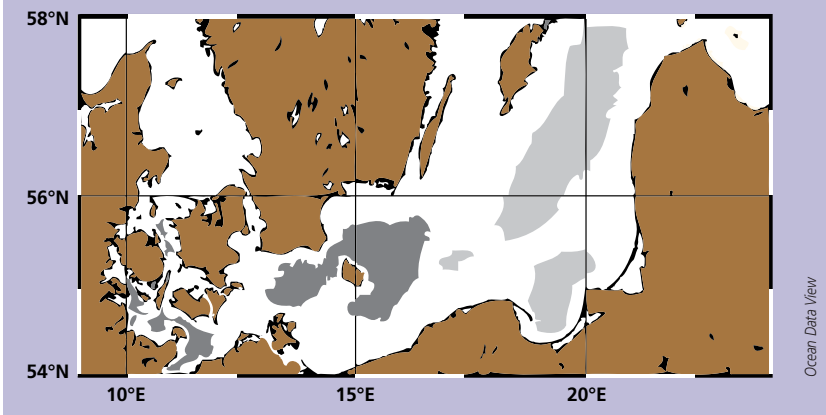
Hieraus folgt, dass die fischereiliche Schonung der Vorlaich- und Laichkonzentrationen von Dorschen in der Ostsee ein wirkungsvoller Beitrag für die Stabilisierung der Nachwuchssituation sowie der Bestandsentwicklung sein kann. Es würden die Voraussetzungen geschaffen, dass ein möglichst großer Anteil der potenziellen Laicher auch tatsächlich ablaichen kann. Für den Dorsch der westlichen Ostsee betrifft das den Zeitraum Mitte Februar bis Mitte April, für den Dorsch der östlichen Ostsee Mitte Mai bis Ende Juli. ■

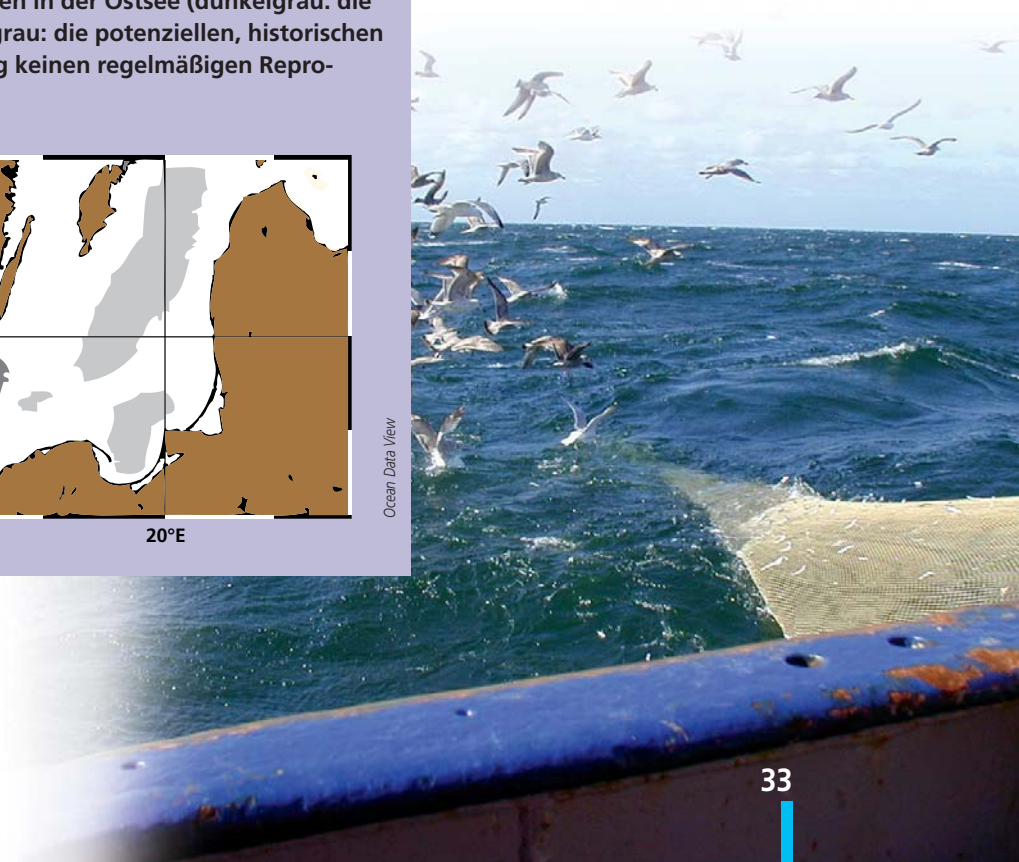
Abb. 5: Der charakteristische Verlauf einer Laichsaison am Beispiel des Anteils befruchteter Eier



Dipl.-Biol. Martina Bleil, Dipl.-Math. Rainer Oeberst; Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Ostseefischerei Rostock, Alter Hafen Süd 2, 18069 Rostock.
E-Mail: martina.bleil@ior.bfa-fisch.de; rainer.oeberst@ior.bfa-fisch.de

Abb. 4: Die Laichgebiete von Dorschen in der Ostsee (dunkelgrau: die aktuellen Laichgebiete; hellgrau: die potenziellen, historischen Laichgebiet, die gegenwärtig keinen regelmäßigen Reproduktionserfolg erbringen)

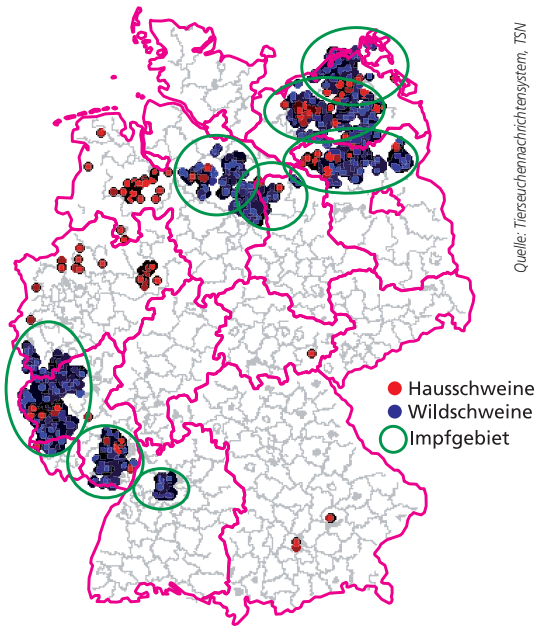




Impfung von Wildschweinen gegen Schweinepest

Erfahrungen aus einer mehr als 10-jährigen Anwendung in Deutschland

Volker Kaden, Elke Lange und
Anja Faust (Greifswald-Insel Riems)



Quelle: Tierseuchennachrichtensystem, TSN

Abb. 2: Vorkommen von KSP bei Wild- und Hausschweinen in Deutschland (1995–2007)

An der verlustreich verlaufenden Schweinepest erkranken nicht nur Haus-, sondern auch Wildschweine. Letztere waren in den zurückliegenden Jahren häufig Ursache für Seuchenausbrüche in Hausschweinebeständen. Da sich auf Grund der hohen Wilddichten die Bekämpfung der Schweinepest beim Schwarzwild schwierig gestaltet, wurde ein orales Immunisierungsverfahren zur Seuchenbekämpfung entwickelt. Unter Praxisbedingungen zeigte sich, dass die Effektivität des Verfahrens nicht nur von der exakten Umsetzung abhängt, sondern auch von der Beachtung wildbiologischer Aspekte.

Die Klassische Schweinepest (KSP), auch Europäische Schweinepest genannt, ist eine anzeigepflichtige Tierseuche, die sowohl bei unserem Hausschwein (Abb. 1) als auch beim Europäischen Wildschwein (*Sus scrofa scrofa*) vorkommt. Mit KSP-Virus infizierte Schwarzwildbestände waren in den zurückliegenden Jahren nicht selten der Ausgangspunkt für Infektionen in Hausschweinebeständen. Betrachtet man die Seuchensitutation bei Haus- und Wildschweinen in den letzten 12 Jahren, so wird deutlich, dass die meisten Seuchenfälle bei Hausschweinen in Gebieten lagen, wo auch Wildschweine mit dem Virus infiziert waren (Abb. 2).

Abb. 1: An Schweinepest erkranktes Hausschwein. Typische Symptome sind hohes Fieber und Hautblutungen (hier an den Ohren und Extremitäten)

Selbst in Jahren ohne KSP bei Hausschweinen hat die Infektion in Wildtierbeständen zu erheblichen wirtschaftlichen Schäden geführt, nicht nur in der Forstwirtschaft, sondern auch in der Landwirtschaft. Dort vor allem, weil vorbeugende Seuchenschutzmaßnahmen erforderlich wurden und Handelsbeschränkungen die im Seuchengebiet gelegenen schweinehaltenden Betriebe beeinträchtigten. Nicht nur aus Gründen der Gefahr der Erregereinschleppung in die Haustierbestände, sondern vor allem aus der Sicht eines gesunden Wildbestandes ist es notwendig, die KSP beim Schwarzwild zu bekämpfen und in möglichst kurzer Zeit zu tilgen.

Was tun, um der Seuche Einhalt zu gebieten?

Normalerweise reißt das KSP-Geschehen bei geringer Schwarzwilddichte infolge der begrenzten Kontaktmöglichkeiten zwischen den Tieren innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes ab, so dass es auch ohne spezielle Bekämpfungsmaßnahmen zum Erlöschen der Seuche kommt. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Wilddichte weniger als 1 Wildschwein pro 100 ha beträgt. In den letzten drei Jahrzehnten hat sich die Schwarzwildpopulation in Deutschland allerdings so stark entwickelt, dass es in den meisten Fällen nicht mehr zum natürlichen Abreißen der Infektion kam, trotz der Bemühung der Jäger, die Population durch jagdliche Maßnahmen zu reduzieren. Die beim Hausschwein über Jahrzehnte erfolgreiche Impfung gegen Schweinepest wurde daher als zusätzliche Bekämpfungsmaßnahme auch für die Wildschweine erwogen und nach Entwicklung eines Köderimpfstoffes zur Praxisreife gebracht. Dies geschah zu einem Zeitpunkt, als in der Europäischen Union ein generelles Impfverbot bestand, so dass der erste Feldversuch zur oralen Immunisierung der Wildschweine gegen KSP mit Genehmigung der EU in einem Gebiet stattfand, in dem keine Hausschweinebestände vorhanden waren und welches durch Autobahn bzw. Bundesstraßen relativ gut eingegrenzt war. Auf der Grundlage der KSP-Richtlinie aus dem Jahre 2001 wurden nunmehr Notimpfungen nicht nur für Haus-, sondern auch für Wildschweine möglich. Voraussetzung für eine Impfgenehmigung durch die EU ist, dass eine besondere Gefahr der Ausbreitung des Virus besteht und damit große wirtschaftliche Schäden zu erwarten sind.

Impfung der Wildschweine gegen KSP

Zur oralen Immunisierung der Wildschweine gegen KSP wird ein Köderimpfstoff (RIEMSER Schweinepestoralvakzine, RIEMSER Arzneimittel AG, Greifswald-Insel Riems) eingesetzt, der auf einem vollständig attenuierten (abgeschwächten) Virus beruht. Das im Tierkörper begrenzt vermehrungsfähige, aber Schweine nicht mehr krankmachende Impfvirus wird in Blister abgefüllt und mit einer auf Maisbasis bestehenden, mit Geschmacks- und Geruchsstoffen angereicherten Ködermasse umgeben (Abb. 3).
Im Gegensatz zu anderen Ländern, die ebenfalls an der Entwicklung der oralen Immunisierung der Wildschweine gegen KSP arbeiteten, sind wir den Weg eines standardisierten und inzwischen zugelassenen Köderimpfstoffes gegangen. Dieser Köderimpfstoff ist seit rund zehn Jahren im Einsatz. Unsere erste Immunisierungsstudie wurde anfangs noch mit den für die Tollwut-Impfung der Füchse eingesetzten Ködern vorgenommen. Im ersten Feldversuch basierte das Impfverfahren auf zwei Impfkampagnen im Frühjahr und im Herbst, wobei die Köder jeweils zweimal im Abstand von 14 Tagen bedeckt ausgelegt wurden (Abb. 4). Eine bedeckte Auslage der Köder ist wichtig, um einerseits das Impfvirus vor Umwelteinflüssen, vor allem gegen Sonne und Frost, zu schützen und andererseits weitgehend zu verhindern, dass andere Wildtiere den Köderimpfstoff aufnehmen. Mit der zweimaligen Köderauslage sollte eine größere Anzahl an Wildschweinen erreicht werden. In anderen Ländern, wie zum Beispiel Russland, wird der flüssige oder pulverisierte Impfstoff auf Futterhaufen o.ä. aufgebracht. Die Impfung erfolgt dort ausschließlich im Winter, wenn das Nahrungsangebot für das Schwarzwild gering ist, sodass eine effektive Aufnahme der Vakzine

Abb. 3: Köderimpfstoff (Blister mit Impfstoff und Köder)

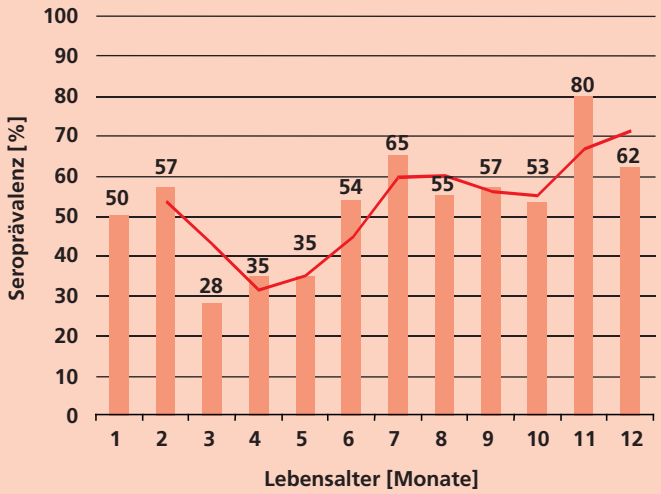
Abb. 4: Köderauslage
a erdbedeckte Auslage (Vorzugsvariante)
b bedeckt mittels Hartgummiband
c bedeckt mittels Brettern
d Ausbringen von Mais zum Anlocken der Wildschweine nach Köderauslage

an den Futterstellen gewährleistet ist. Diese einmalige Verabreichung von Impfstoff im Winter hat jedoch den Nachteil, dass einerseits der relativ ungeschützte Impfstoff durch Witterungseinflüsse geschädigt und damit in seiner Wirksamkeit negativ beeinflusst werden kann und andererseits Frischlinge, die im Frühjahr geboren werden, erst sehr spät in die Impfmaßnahmen einbezogen werden. Aber gerade Jungtiere sind für das Virus der KSP sehr empfänglich und verbreiten dieses massiv.

Durch das zuerst erprobte Immunisierungsverfahren, bei dem der Köderimpfstoff im zeitigen Frühjahr und späten Herbst ausgelegt wurde, konnten Jungtiere im Alter von 7–8 Monaten vakziniert werden. Unter dem Aspekt einer nicht zu hohen Schwarzwildpopulation und eines moderaten Infektionsgeschehens war die Seuche in Niedersachsen (1993–1995) mit einer zweimaligen Doppelimpfung pro Jahr innerhalb kurzer Zeit zu tilgen.

Hingegen gelang es sowohl in Mecklenburg-Vorpommern als auch in Brandenburg trotz zwei Impfkampagnen pro Jahr und erhöhter Köderanzahl nicht, das Virus rasch zu eliminieren. Der Hauptunterschied zum ersten Impfgebiet in Niedersachsen bestand in den beiden Bundesländern vor allem darin, dass höhere Wilddichten zu verzeichnen waren und die Anzahl an Köderplätzen aufgrund des geringeren Waldanteils deutlich unter der in Niedersachsen lag. Außerdem war das Ausmaß der infizierten Population nicht genau bekannt. Erst mit Einführung der mehrfachen Impfung gelang es in beiden Bundesländern, die Infektionskette wirksam zu unterbrechen und die Seuche zu tilgen.

Abb. 5: Anteil Antikörper-positiver Frischlinge während des ersten Lebensjahres



Drei Impfperioden bringen durchschlagender Erfolg

Die Einführung der dreimaligen Doppelimpfung im Frühjahr, Sommer und Herbst brachte den Durchbruch in der KSP-Bekämpfung mittels oraler Immunisierung. Dieses Impfverfahren wurde erstmals konsequent in Baden-Württemberg (1999–2001) angewandt und führte dort zur Ausrottung der KSP in weniger als einem Jahr. Seither besteht das Impfverfahren aus folgenden Verfahrensparametern:

- Anlegen von 0,5–1,0 Kirr-/Köderplatz pro 100 ha Jagdfläche und bedeckte Ausbringung von 20–40 Ködern je Platz in Abhängigkeit von der Populationsdichte (Rottenanzahl und -größe) und vom Biotop;
- drei Vakzinationsperioden im Frühjahr, Sommer und Herbst mit jeweils zweimaliger Auslage der Impfstoffköder im Abstand von 4 Wochen;
- Jagdstopp an den Kirrstellen für mindestens 5 Tage;
- Aufsammeln der oberflächlich liegenden Köder oder Impfstoffblister 5 Tage nach der zweiten Köderauslage.

Dieses Impfverfahren hat den Vorteil, dass die im Frühjahr geborenen Frischlinge zu einem frühen Zeitpunkt in die Impfmaßnahmen einbezogen werden können. So ergaben unsere Analysen in Baden-Württemberg, dass Frischlinge durch dieses Verfahren bereits im Alter von fünf Monaten immunisiert werden, was dazu führte, dass mehr als die Hälfte der im Alter von sechs Monaten geschossenen Frischlinge bereits Antikörper aufwiesen (Abb. 5). Mit zwei Doppelimpfungen im Jahr wurden dagegen im Durchschnitt nur 20–30 % der Frischlinge immunisiert, vor allem ältere Jungtiere. Da Frischlin-

ge den größten Anteil der Population ausmachen, ist es wichtig, dass der Anteil immunisierter Tiere dieser Altersklasse möglichst hoch ist.

Ausgehend von unseren Praxiserfahrungen müssen mehr als 50 % der Schwarzwildpopulation Antikörper gegen das KSP-Virus aufweisen, um in relativ kurzer Zeit eine effektive Seuchenbekämpfung zu erreichen. Gleichbleibend hohe Antikörper-Raten von 60 % garantieren eine Tilgung der KSP innerhalb von ein bis zwei Jahren. Voraussetzung dafür ist, dass das Immunisierungsverfahren stringent umgesetzt wird. Selbst in Gebieten mit extremem Infektionsdruck und hoher Schwarzwilddichte, wie in der Region „Eifel-Hunsrück" (Rheinland-Pfalz), konnte die Seuche unter Einsatz der oralen Immunisierung innerhalb eines Jahres getilgt werden (Abb. 6).

Frischlinge bleiben Sorgenkinder

Wie bereits erwähnt, bleiben Frischlinge auch bei der oralen Immunisierung unsere Sorgenkinder, da sie (i) bis zu einem Alter von 4 Monaten den derzeit eingesetzten Köderimpfstoff nur unzureichend aufnehmen, (ii) nur kurze Zeit durch die mit der Muttermilch aufgenommenen mütterlichen Antiköper geschützt sind und (iii) Frischlinge im Gegensatz zum Ferkel innerhalb der ersten Lebensmonate offensichtlich noch kein komplett funktionierendes Immunsystem besitzen.

Der Aufnahmezeitpunkt der Köder durch die Frischlinge bestimmt in entscheidendem Maße, wie viele Tiere dieser Altersklasse geschützt sind. Damit auch junge Frischlinge immunisiert werden, haben wir neue, kleinere Köder entwickelt. Interessanterweise zeigte sich, dass Frischlinge erst im Alter von 3,5 Monaten kleine Köder mit einem Durchmesser von 1,8 cm gut aufnahmen, während die Aufnahme des gegenwärtigen Impfstoffköders etwa gleich effizient erst im Alter von 4,5 Monaten erfolgte. Dies unterstreicht, dass es wahrscheinlich nicht möglich sein dürfte, Frischlinge mit einem Köderimpfstoff vor dem vierten Lebensmonat zu immunisieren. Das bedeutet jedoch für die Seuchenbekämpfung via Impfung, dass nur wenige Frischlinge während der ersten Lebensmonate aktiv immunisiert werden können. Da die mit der Milch von vakzinierten Bachen aufgenommenen Antikörper aber nur etwa zwei Monate lang die Jungtiere schützen, bleibt ein hoher Anteil der Jungtierpopulation trotz Impfmaßnahmen für das Virus empfänglich.

Es ist daher dringend erforderlich, durch intensive Bejagung den Anteil dieser hoch empfänglichen Population zu reduzieren. Ziel ist es, im Rahmen der KSP-Bekämpfung einen Frischlingsanteil an der Jagdstrecke von etwa 70 % zu erreichen. Gelingt dies, kann durch die Kombination von Impfung und Bejagung die Schweinepest innerhalb relativ kurzer Zeit aus der Schwarzwildpopulation eliminiert werden, zuletzt erfolgreich in Baden-Württemberg, im Saarland und in Rheinland-Pfalz.

Neue Impfstoffgeneration

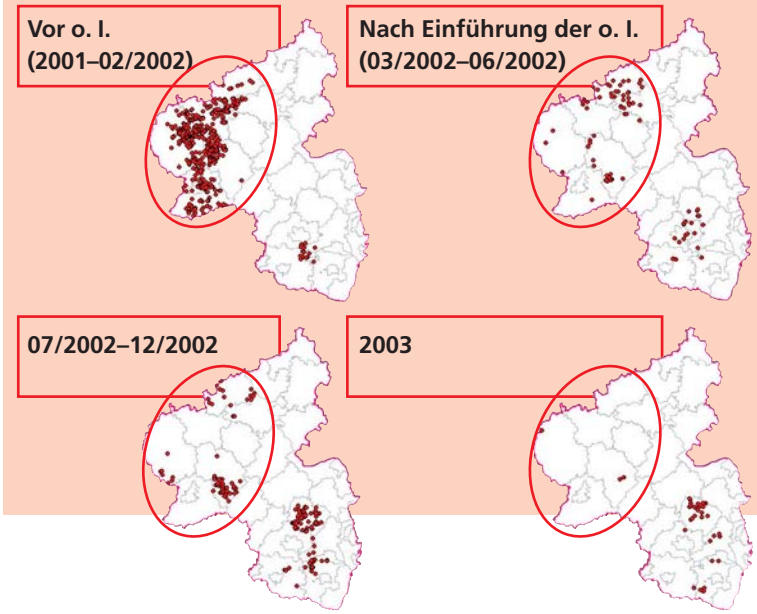
Grundlage der verwendeten Oralvakzine, welche inzwischen auch in Luxemburg, Frankreich, der Slowakischen Republik und in Bulgarien zur Immunisierung des Schwarzwildes eingesetzt wurde bzw. wird, ist der chinesischen Virus-Stamm „C" (Chinese). Dieser millionenfach bei Haus- und Wildschweinen eingesetzte konventionelle Impfstoff besitzt jedoch den Nachteil, dass man anhand des im Tier gebildeten Antikörpermusters nicht zwischen geimpften und infizierten Tieren unterscheiden kann. Daher wurden in den zurückliegenden Jahren gentechnisch veränderte Impfstoffkandidaten entwickelt, die in Verbindung mit einem diagnostischen Test diese Unterscheidung erlauben.

Erste so genannte DIVA-Vakzinen (Differentiating Infected from Vaccinated Animals) wurden in experimentellen Studien auch für die orale Anwendung gegen KSP überprüft. Nach bisherigen Erfahrungen sollten sie durchaus für die orale Anwendung geeignet sein. Inwieweit vermehrungsfähige, gentechnisch veränderte Mikoorganismen bei Wildtieren zukünftig als Impfstoff zum Einsatz kommen werden, bedarf von Fall zu Fall der Klärung. ■

FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT
FLI
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
Federal Research Institute for Animal Health

Dir. u. Prof. Dr. habil. Volker Kaden, Dr. Elke Lange, Tierärztin Anja Faust,
Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für Infektionsmedizin, Südufer 10, 17493 Greifswald-Insel Riems.
E-Mail: volker.kaden@fli.bund.de

Abb. 6: Entwicklung des Seuchengeschehens (KSP-Fälle) in der Eifel-Hunsrück-Region unter dem Einfluss der Impfung (orale Immunisierung, o. I.)



Konkurrenz auf hoher See

Die deutsche Fischerei im Wettbewerb mit neuen Raumnutzern in der Nordsee

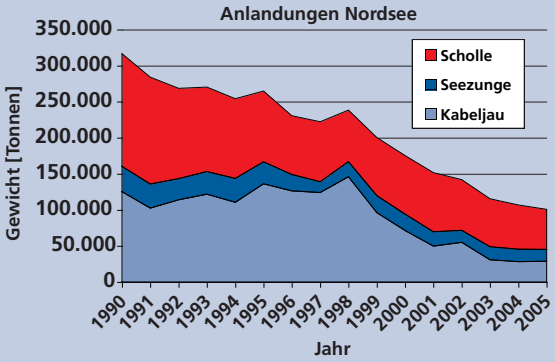
Rudolf Kafemann und Siegfried Ehrich (Hamburg)

Die Menge der von der deutschen Fischerei in der Nordsee angelandeten Fische ist rückläufig. Dafür ist ein Konzert unterschiedlicher Faktoren verantwortlich. Zukünftig werden neue Nutzer des maritimen Raumes die Freiheiten der Nordseefischer weiter einschränken. Die Fischerei hat die Möglichkeit, sich auf die veränderten Bedingungen einstellen. Durch die Entwicklung neuer Fischereistrategien und -techniken wäre es möglich, die deutsche Fischerei sowie auch den von ihr genutzten Lebensraum Nordsee und die dort beheimateten Fischbestände zu erhalten bzw. zu stärken.

Fische sind aus ökonomischer Sicht ein nachwachsender Rohstoff. Die Produktivität dieses Rohstoffes kann im Zuge der Befischung von wildlebenden Beständen jedoch – anders als in der Landwirtschaft – nicht durch die Menge einer ausgebrachten Saat prognostiziert werden. Eine langfristig ertragreiche Fischerei ist vielmehr auf die Nachhaltigkeit ihrer Bestandsbewirtschaftung angewiesen. Ein nachhaltiges fischereiliches Management soll daher sicherstellen, dass jeweils genügend Nachkommen produziert werden, die bei Erreichen einer bestimmten Größe von den Fischern gefangen werden können.

Leider hat sich die Bewirtschaftung der Fischbestände in den vergangenen Jahrzehnten in vielen Fällen als nicht nachhaltig erwiesen. Weltweit befinden sich die Fischbestände deshalb in einem besorgniserregenden Zustand. 25 % der kommerziell genutzten Fischbestände sind überfischt, weitere 50 % werden bis an ihre Leistungsgrenze befischt. Nur etwa 25 % könnten intensiver genutzt werden.

Abb. 1: Summe der internationalen Anlandungen von Kabeljau (ICES-Gebiete IIIa, IV, VIId), Seezunge (ICES-Gebiete IV) und Scholle (ICES-Gebiete IV) in der Nordsee im Zeitraum 1990 bis 2005



Die Fischerei in Konkurrenz mit sich selbst

In der Nordsee haben in den letzten Jahrzehnten einige Fischbestände stark abgenommen. Dementsprechend sind auch die angelandeten Fangmengen stark zurückgegangen. Dabei haben insbesondere die Bestandsrückgänge der Bodenfischarten Kabeljau, Scholle und Seezunge die deutsche Küstenfischerei getroffen. Die Anlandungen dieser drei Arten haben sich im Zeitraum 1990 bis 2005 auf fast ein Drittel vermindert (Abb. 1). Dies hat zu einer veränderten fischereilichen Praxis geführt. Für die küstennahe Fischerei traten Krabben und Muscheln als Zielobjekte stärker in den Vordergrund.

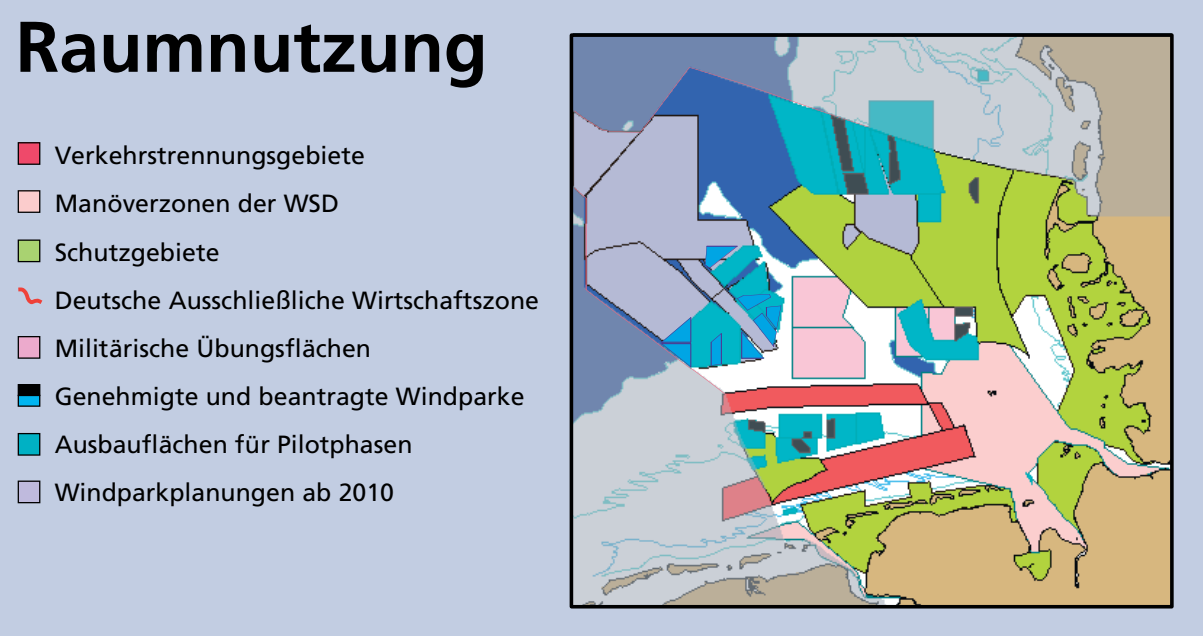
Infolge der Verknappung der Ressource wurde die Fischerei durch administrative Regelungen eingeschränkt, um auf diese Weise den Nutzungsdruck auf die Fischbestände zu verringern. Als konkrete Maßnahmen wurden Fangquoten, Mindestmaschenweiten und Seetagebeschränkungen festgelegt. Damit einhergehend hat sich die deutsche Fischereiflotte in den letzten Jahren deutlich verkleinert.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Freiheiten der Nordseefischer in den unter deutscher Hoheit (Zwölfmeilenzone, 0–12 sm) bzw. Nutzungssouveränität (Ausschließliche Wirtschaftzone, AWZ, 12–200 sm) stehenden Zonen abgenommen haben. Bedingt durch die Konkurrenz innerhalb des Fischereisektors wurden strukturelle Veränderungen und kapazitive Reduktionen der deutschen Fischerei umgesetzt.

Neue Mitbewerber der Fischerei

Neben der innergewerblich-fischereilichen Konkurrenz um die Ressource Fisch konkurriert die Fischerei auf dem Meer zukünftig zunehmend mit anderen Interessenten um die fischereiliche Nutzung des verfügbaren Raums. Dabei überlappen sich die Raumansprüche vielerorts bereits, wie es durch die Abbildung 2 zum Ausdruck kommt.

Abb. 2: Beispiel für die Raumansprüche verschiedener Nutzergruppen in der deutschen „Ausschließlichen Wirtschaftzone“



Zugunsten der Sicherung Ihrer Belange nahmen Schifffahrt und Militär frühzeitig Einfluss auf die fischereilichen Aktivitäten in der Nordsee. Die Fischerei wurde fernerhin durch Öl- und Gasförderplattformen oder infolge der Verlegung von Stromkabeln und Pipelines eingeschränkt. Bis dato haben diese eher kleinräumigen und kurzfristigen Parallelinteressen an der Meeresnutzung die räumliche Freiheit bei der Ausübung der Fischerei kaum nennenswert beeinträchtigt.

Allerdings können die Aktivitäten fischereifremder Meeresnutzer auch die Lebensweise der Fische beeinträchtigen, was indirekt zu Fangverminderungen führen könnte. Wenngleich solche Verminderungen der fischereilichen Erträge durch andere Nutzungen für die Nordsee bislang nicht direkt nachgewiesen wurden, ist es durchaus denkbar, dass sich beispielsweise der Sand- und Kiesabbau zur See oder auch seismische Untersuchungen zur Lokalisierung fossiler Energieträger negativ auf die Meeresfischbestände auswirken. Ein entsprechendes Effektmonitoring zur Erfassung möglicher Auswirkungen verschiedener industrieller Nutzungsformen auf Fische und Fischerei wird daher für die Zukunft angestrebt.

In jüngster Zeit gibt es neue, großräumigere Nutzungsansprüche, die zukünftig zu einer Verringerung der fischereilichen Aktivitäten in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee führen könnten. Einer dieser neuen Ansprüche an das Meer ergibt sich durch die Nutzung von Windenergie zur Energieerzeugung. Zurzeit befinden sich etwa 25 so genannte Offshore-Windparks im deutschen Nordseeraum in Planung. Mit jedem dieser Windparks werden in der ersten Phase (bis zum Jahr 2011) bis zu 80 Windenergieanlagen auf einer Fläche von jeweils bis zu 50 Quadratkilometern errichtet. Der Bau und Betrieb dieser Offshore-Windkraftwerke in der Nordsee wird voraussichtlich zu einem Verbot der Fischerei mit aktiven Fangmethoden (Baumkurren, Schleppnetze) in dem jeweiligen Meeresgebiet führen. Ein solches Verbot wird je nach Betrachtungswinkel unterschiedlich bewertet. Für die Fischereiausübenden bedeutet die Errichtung eines Offshore-Windparks den Verlust eines Fanggebietes und wird als nachteilig eingestuft. Andererseits wurden im Zuge zahlreicher Studien zur Prüfung der Umweltverträglichkeit der Windpark-Einzelprojekte die direkten Auswirkungen einer Gebietsschließung auf die Fischfauna als überwiegend positiv eingeschätzt. Durch die Schließungen würden – wenn auch verhältnismäßig kleinräumig – Aufwuchs- und Rückzugsräume für Fische entstehen, die wiederum für die Bestandsentwicklung und die Fischerei förderlich sein könnten.

Einen weiteren, vergleichsweise neuen „Nutzungsanspruch" innerhalb der AWZ der Nordsee stellt der Naturschutz. Dessen Ansprüche führten bereits 1985 innerhalb der 12-sm-Zone entlang der deutschen Nordseeküste zu den großflächigen Ausweisungen der Nationalparke Schleswig-Holsteinisches und Niedersächsisches Wattenmeer. Neben einem geringen Anteil von Landflächen machen die Watt- und Wasserflächen zusammen weit über 90 Prozent der Nationalparke aus. Die Nationalparke sind in Zonen mit jeweils unterschiedlichem Schutzstatus eingeteilt. Für die Fischerei im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer ist zum Beispiel eine zwischen Sylt und Föhr gelegene nutzungsfreie Zone relevant. In diesem Bereich, der etwa 3 Prozent des Nationalparks Schleswig-Holstein ausmacht, ist das Fischen und Angeln ganzjährig verboten.

Seeseitig der 12-sm-Grenze der deutschen Nordsee wurden im Jahr 2004 großflächig weitere Schutzgebiete gemeldet. Nunmehr sind rund 30 Prozent der deutschen AWZ als Meeresschutzgebiete angemeldet. Für die drei FFH (Flora-Fauna-Habitat)-Schutzgebiete in der deutschen Bucht steht die detaillierte Formulierung eines Managementplanes noch aus. Ob und in welchem Umfang die Fischerei in den FFH-Zonen methodisch oder räumlich bzw. zeitlich eingeschränkt werden wird, ist gegenwärtig noch nicht bekannt.

Die unterschiedlichen Raumnutzungsansprüche in der deutschen AWZ der Nordsee werden gegenwärtig durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) als ausführende Behörde

Deutsches Fischereifahrzeug (Baumkurrenfänger)

des Bundesverkehrsministeriums geordnet. Mit der Vorlage eines Raumordnungsplanes für den marinen Raum ist in Kürze zu rechnen. Die Ausweisung von Eignungsgebieten für die Errichtung von Windenergieanlagen ist bereits vorab mit drei Teilgebieten „Nördlich Borkum" erfolgt.

Aktueller Status der deutschen Fischerei

Ein Rechtsanspruch auf eine unbeschränkte Ausübung der Fischerei existiert – entgegen der bisherigen Annahme der Existenz eines Gewohnheitsrechts zur Raumnutzung durch die Fischerei – nicht. Im Gegenteil, Fischer haben auf See eine eingeschränkte Rechtsposition. Die Fischerei kann im Meer keinen Anspruch auf Schaffung oder Aufrechterhaltung ihnen günstiger Benutzungsverhältnisse geltend machen. Vielmehr muss die Fischerei nach aktueller Rechtsprechung Veränderungen im Meer durch andere oder auch das rechtmäßige Vorgehen Dritter im Meer achten. Daher stehen dem Fischer nur diejenigen Meeresflächen in der deutschen AWZ uneingeschränkt zur Verfügung, für die nicht durch die Raumansprüche anderer Nutzer ein Ausschluss oder Einschränkungen der Fischerei festgelegt sind. Dagegen hat es noch keinen Fall gegeben, bei dem ein Anspruch für ein Meeresgebiet zur ausschließlichen fischereilichen Nutzung genehmigt worden wäre.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass die erfolgreiche Ausübung der Fischerei in der Nordsee mehr denn je durch ein Konzert von Einzelfaktoren bestimmt wird. Fischer konkurrieren innerhalb ihres eigenen Berufsstandes und zukünftig mit neuen Nutzergruppen um die Gebiete und die unversehrten bzw. verbliebenen Fischressourcen. Die bisherige Nutzung der Ressource Fisch hat zu Rückgängen bei den kommerziell bedeutenden Beständen geführt, was ein regulierendes Fischereimanagement erforderlich machte. Dennoch sind bis heute die Erträge der deutschen Fischerei überwiegend rückläufig, die Zahl der Fischereifahrzeuge abnehmend und das technische wie personelle Durchschnittsalter der Flotte zunehmend. Zudem unterliegt die Fischwirtschaft umfassenden wirtschaftlichen Zwängen (z.B. Preiserhöhungen für Kraftstoff) und hat sich immer häufiger Diskussionen mit der Gesellschaft zu stellen. Schließlich ist die Nordsee auch ökologischen Veränderungen ausgesetzt, welche im Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen und die in dem Faktorenkonzert, das die Erträge der Fischerei beeinflusst, zweifellos ebenfalls eine Rolle spielen.

Im Ergebnis steht die deutsche Fischerei in der Nordsee unter starkem Existenzdruck, und das in einer Phase, in der es um die zukünftige nachhaltige Gestaltung der Fischerei geht.

Chancen unter den veränderten Bedingungen

Der langfristige Erhalt der deutschen Fischerei in der Nordsee ist davon abhängig, inwieweit die Gemeinschaft der Fischer neue Strategien in ihr zukünftiges Handeln mit einbezieht, um den gegenwärtigen und künftigen Rahmenbedingungen und Anforderungen zu begegnen. Neben der Fortführung der traditionellen Fischfangpraktiken besteht für die deutsche Fischerei eine große Chance darin, neue fischereiliche Methoden und Vorgehensweisen entsprechend den lokalen Erfordernissen zur See zu entwickeln und zu erproben. So könnte beispielsweise die Erprobung von Marikultur-Anlagen (Aquakultur im Meer) oder der Einsatz von alternativen Fanggeräten (z.B. Langleinen) für Gebiete erwogen werden, für die eine Befischung mit den herkömmlichen Standardfanggeräten der Nordseefischer (Scherbrettnetze, Baumkurren) ausgeschlossen sein wird. Erwartet werden solche Verbote für Offshore-Windparks. Auch in Naturschutzgebieten, in denen es beispielsweise ein Schutzziel sein wird, die Störung von empfindlichen Lebensraumtypen zu vermeiden, wäre die Umsetzung alternativer Strategien für die Fischereiausübung sinnvoll.

Fangzusammensetzung eines Fischereihols mit der Baumkurre

Eine solche Entwicklung und Umsetzung neuer Perspektiven für die deutsche Fischerei ist mit großen Chancen im nationalen und internationalen Wettbewerb, allerdings auch mit Kosten verbunden. Die Fischereiausübenden selbst verfügen über keinen eigenen Forschungshaushalt. Daher wird empfohlen, die Zusammenarbeit der Fischerei mit nationalen Forschungseinrichtungen zu intensivieren. Darüber hinaus wäre eine Unterstützung dieser Entwicklungen durch geeignete, ergänzende Finanzierungsinstrumente sinnvoll und hilfreich. ■

Dr. Rudolf Kafemann, Dr. Siegfried Ehrich, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Seefischerei, Palmaille 9, 22767 Hamburg.
E-Mail: rudolf.kafemann@ish.bfa-fisch.de

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim

Vom Rohstoff zur Platte: Die Pilotanlage Hanf

Im Beisein von Brandenburgs Agrar- und Umweltminister Dietmar Woidke wurde Ende März 2007 am Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim (ATB) eine Pilotanlage zur Herstellung von Produkten aus konservierten Naturfasern in Betrieb genommen. Damit wird erstmals eine Verarbeitung von pflanzlichen Faserrohstoffen wie Hanf zu wettbewerbsfähigen Bedingungen im industrienahen Maßstab realisiert.

Hanffasern haben die Reißfestigkeit von Stahl, und sie sind leicht. Die Industrie hat ihren Wert längst erkannt. Im Automobil- und Flugzeugbau werden Pflanzenfasern in Verbundwerkstoffen verarbeitet, beispielsweise für Innenverkleidungen oder als Dämmstoffe. Auch natürliche Baumaterialien – lange Zeit als Produkte der Öko-Nische belächelt – gewinnen zunehmend an Attraktivität.

Die neue Pilotanlage Hanf. Vor der Halle lagert der Rohstoff in Silierschläuchen.

Gegenüber etablierten Bau- und Dämmstoffen benötigen Naturfaserprodukte nur etwa zehn Prozent der Energie für die Herstellung, sind weitgehend CO_2-neutral und lassen sich problemlos recyceln. Die umweltfreundlichen Materialien können sich aber nur dann gegenüber herkömmlichen Produkten aus Kunststoff oder Glasfaser behaupten, wenn sie kontinuierlich und zuverlässig in gleichbleibender Qualität und zu wettbewerbsfähigen Preisen produziert werden können.

Durch Konservierung zu gleichbleibender Qualität

Wissenschaftler am Leibniz-Institut für Agrartechnik (ATB) arbeiten deshalb an einem neuen Verfahren, mit dem sie nicht nur den Ressourcenverbrauch verringern, sondern auch die Investitions- und Verfahrenskosten halbieren wollen.

Bei der konventionellen Fasergewinnung muss der Hanf nach der Ernte zunächst zwei bis vier Wochen auf dem Acker trocknen – mit dem Risiko von erheblichen Qualitätsverlusten bei schlechtem Wetter. Mit dem neuen Verfahren, gemeinsam entwickelt vom ATB und der TU Dresden, wird der Hanf unabhängig von der Witterung zum Erntezeitpunkt vom Halm gehäckselt und anschließend, ähnlich wie Futtermais, in einem Silo luftdicht gelagert. Der so konservierte Rohstoff mit den hochwertigen, etwa 5 cm langen Faseranteilen kann ganzjährig entnommen und als Konservat zu verschiedenen Werkstoffen und Endprodukten, beispielsweise zu Bau- oder Möbelplatten verarbeitet werden. Je nachdem, wie dicht das Gemisch aus Fasern und Bindemittel gepresst wird, lassen sich verschiedene

St Maur Sheil, ATB

Das Fasermaterial wird zu Platten gepresst

Werkstoffe herstellen: lockere Dämmstoffe oder hochfeste Formpressteile. Im Vergleich mit üblichen hochverdichteten Faserplatten (HDF) aus der Holzfaserindustrie lassen sich mit Hanffasern sogar höhere Festigkeiten erzielen.

Der entscheidende Vorteil des neuen Verfahrens ist, dass von der Ernte bis zum fertigen Produkt nur wenige Arbeitsschritte benötigt werden. Zurzeit wird das patentierte Verfahren am ATB in der neu errichteten Pilotanlage weiter entwickelt und für die Praxis erprobt. Die Forschungsarbeiten zielen auf die Entwicklung der gesamten Verfahrenskette, von der Ernte der Faserpflanzen über die Logistik und die Aufbereitung bis hin zur Verarbeitung. Ergänzt werden die Arbeiten durch Analysen zur Wirtschaftlichkeit.

Zur Ernte wird der Hanf gehäckselt

Wertschöpfung erhöhen und Arbeitsplätze schaffen

Mit einer Verarbeitungskapazität von etwa 1.500 t Faserrohstoff jährlich kann eine Produktionsanlage wirtschaftlich arbeiten, haben die Potsdamer Wissenschaftler errechnet. Eine Anbaufläche von 200 ha liefert hierfür den notwendigen Rohstoff. „Eine Anlage dieser Größe kann künftig bis zu 10 Arbeitsplätze bieten", umreißt der Projektleiter Ralf Pecenka das Potenzial des neuen Verfahrens. „Schließlich wollen wir mit unseren Innovationen nicht nur die Wertschöpfung in der Landwirtschaft erhöhen, sondern auch einen Beitrag leisten, die Beschäftigung im ländlichen Raum zu sichern."

Die Errichtung der Pilotanlage wurde von der EU mit rund 1 Mio. Euro gefördert, Land und Bund waren mit je 172.000 Euro Fördersumme beteiligt. „Biomasse birgt ein großes Potenzial, auch über die Energiegewinnung hinaus. Mit der Anlage wird nicht nur die Biomasseforschung am ATB weiter ausgebaut, auch die Region Potsdam profiliert sich damit noch stärker als innovativer Agrarforschungsstandort", so Prof. Reiner Brunsch, der wissenschaftliche Direktor des ATB. ■

ATB Agrartechnik Bornim

Helene Foltan, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam.

E-Mail: hfoltan@atb-potsdam.de

„Die Wahlfreiheit für Allergiker beim Lebensmitteleinkauf verbessern“

Im März 2007 hat Bundesverbraucherschutzminister Horst Seehofer einen Aktionsplan gegen Allergien vorgelegt. Ziel ist, die Allergierisiken im täglichen Leben zu senken und betroffenen Menschen mehr Lebensqualität zu vermitteln. Gemeinsam mit Akteuren aus Wissenschaft, Verbraucherverbänden, Krankenkassen und Wirtschaft sollen innovative Ideen diskutiert und konkrete Maßnahmen zur Vorbeugung von Lebensmittel-, Kontakt- und Atmungsallergien umgesetzt werden. Der ForschungsReport sprach mit dem Minister über die Allergiesituation in Deutschland und die Pläne der Bundesregierung.

ForschungsReport: Herr Bundesminister, gibt es verlässliche Angaben darüber, wie viele Personen in Deutschland von Allergien betroffen sind?

Seehofer: Es gibt eine Reihe von Studien zur Häufigkeit bestimmter allergischer Erkrankungen, denen auch verschiedene Erhebungsmethoden zugrunde liegen. Das reicht von der einfachen Frage nach typischen Symptomen, die auf eine Allergie schließen lassen, über das Erfragen von ärztlichen Diagnosen bis zur Durchführung von Sensibilisierungstests. Dementsprechend unterschiedlich fallen auch die Ergebnisse aus. Nach Befragungen des Statistischen Bundesamtes litten bei den Kindern und Jugendlichen von 5 bis 15 Jahren 1997 rund 6–7 % unter Neurodermitis, 3–7 % an Asthma und 3–11 % an Heuschnupfen. Die unlängst veröffentlichte Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) hat ergeben, das rund

„In der Grundlagenforschung zu Allergien sind noch große Lücken zu füllen“

40 % der untersuchten Kinder eine Sensibilisierung gegen allergieauslösende Stoffe in Nahrungsmitteln und in der Atemluft aufweisen. An Lebensmittelallergien erkrankt sind 1–3 % der Erwachsenen und bis zu

8 % der Kinder. Europaweit liegt die Häufigkeit gesicherter Nahrungsmittelallergien bei 2–3 % bei Erwachsenen und ca. 4 % bei Kleinkindern.
Allergien mindern nicht nur die individuelle Lebensqualität der Menschen und ihrer Familien. Für die Betroffenen, das Gesundheitswesen und die Volkswirtschaft entstehen daraus auch erhebliche Kosten. Die oft schwere Belastung der Allergiker und die volkswirtschaftlichen Kosten sind die Gründe für mich gewesen, den Aktionsplan gegen Allergien zu starten.

ForschungsReport: Woran liegt es, dass bei uns immer mehr Menschen mit Allergien zu kämpfen haben?

Seehofer: Die Beachtung von allergischen Erkrankungen ist in den letzten beiden Jahrzehnten sicher größer geworden, auch die diagnostischen Möglichkeiten wurden verbessert. Das allein erklärt aber nicht den Anstieg. Hier werden vor allem unterschiedliche Umwelt- und Lebensstilfaktoren diskutiert. Häufige Kontakte mit potenziell allergieauslösenden Substanzen, sei es in Kosmetika, Bekleidung, Wasch- und Reinigungsmitteln oder durch andere Produkte wie Modeschmuck oder Spielzeug, scheinen ebenso wie Schadstoffe in der Luft das Allergierisiko zu fördern.
Auch Einflüsse in der frühen Kindheit werden geltend gemacht. Häufig wird auch die so genannte „Urwald- oder Hygienehypothese" angeführt, die besagt, dass durch eine verbesserte Hygiene das frühkindliche Immunsystem nicht ausreichend stimuliert wird. Es gibt wissenschaftliche Studien, die diese These stützen, so auch die aktuellen Ergebnisse der KiGGS-Studie, also des Kinder- und Jugend-Surveys des Robert Koch-Instituts; andere Studienergebnisse können diese Hypothese jedoch nicht bestätigen. Weitere Hinweise hierzu kommen aus der so genannten Bauernhofstudie: Bei „Bauernhofkindern" wurde eine 15-mal niedrigere Erkrankungshäufigkeit für Heuschnupfen, Asthma und die allergische Sensibilisierung gefunden – für Neurodermitis allerdings nicht.
Kurz: Eine allgemein akzeptierte These zur Allergieentstehung gibt es bisher nicht. Hier muss weiter geforscht werden.

ForschungsReport: Angesichts der vielen möglichen Ursachen für Allergien: Was können Eltern konkret tun, um bei ihren heranwachsenden Kindern die Anfälligkeit für Allergien zu senken?

„Kinder nicht übertrieben von allen Umwelteinflüssen abschotten"

Seehofer: Fachgremien empfehlen das Stillen bis zum 4. Lebensmonat und raten von Beikost vor dem vollendeten 4. Lebensmonat ab. Lebensmittel mit starkem Allergiepotenzial wie Nüsse, Fisch, Sojaprodukte oder Eier sollten im ersten Lebensjahr möglichst gar nicht verzehrt werden. Aktives und passives Rauchen, besonders während der Schwangerschaft, ist eindeutig ungünstig. Auch um Allergien vorzubeugen, sollte man daher Kinder und Säuglinge keinem Rauch aussetzen.
Es empfiehlt sich, das häusliche Umfeld so zu gestalten, dass Hausstaubmilben und Schimmelpilze keine optimalen Bedingungen finden. Trockene, gut durchlüftete Räume sind eine gesunde Umgebung für aufwachsende Kinder, also zum Beispiel die Luftfeuchtigkeit möglichst unter 50 % halten und die Raumtemperatur im Schlafbereich unter 18 Grad senken.
Und wie bereits erwähnt sollte man die Kinder nicht übertrieben von allen Umwelteinflüssen abschotten. Das Immunsystem braucht offenbar ein gewisses Training, um sich dann vor Allergien besser schützen zu können.

ForschungsReport: Es heißt, dass Allergien in der ehemaligen DDR weniger verbreitet waren als im Westen Deutschlands. Ist an diesen Aussagen etwas dran oder wurde der Problematik nur unterschiedliches Gewicht beigemessen?

Seehofer: Eine 1990 durchgeführte Studie zum Vergleich der ost- mit der westdeutschen Bevölkerung ergab: Obwohl die Luftverschmutzung in den neuen Bundesländern wesentlich größer war als in den alten,

litten im Osten Deutschlands deutlich weniger Menschen an allergischen Erkrankungen als in Westdeutschland. Nicht die Schadstoffe in der Luft, interpretieren Wissenschaftler die aktuellen Beobachtungen, sondern Unterschiede im Lebensstil scheinen in erster Linie den Boden für Allergien zu bereiten. Einige Wissenschaftler meinen, eine mögliche Ursache könne die häufigere Auseinandersetzung mit Infektionserregern in der frühen Kindheit sein. Hierfür sprechen auch die Ergebnisse der „Bauernhofstudie".

„Säuglinge und Kinder sollten keinem Tabakrauch ausgesetzt sein"

Worauf die genannten Unterschiede letztendlich beruhen, kann derzeit nicht mit hinreichender Sicherheit gesagt werden. Hier sind noch große Lücken in der Grundlagenforschung zur Allergieauslösung und in der Immunologie generell zu füllen.

Wenn man aber davon ausgeht, dass Umwelt- und Lebensstilfaktoren bei der Entwicklung von allergischen Reaktionen eine Rolle spielen, dürften sich die Unterschiede mit der Zeit verringern. Das scheinen auch die aktuellen Ergebnisse des Kinder- und Jugend-Surveys zu bestätigen. Dort traten im Hinblick auf die Sensibilisierung der 3- bis 17-jährigen nur noch beim allergischen Kontaktekzem Ost-West-Unterschiede auf.

ForschungsReport: Gegen Pollenflug in der Luft kann man in der Regel wenig unternehmen, gegen allergieauslösende Substanzen in Lebensmitteln schon. Welche Anstrengungen unternimmt die Bundesregierung, um Lebensmittel deutlicher hinsichtlich ihres allergenen Potenzials zu deklarieren?

„Gespräche mit der Wirtschaft zur Kennzeichnung unverpackter Lebensmittel sind angelaufen"

Seehofer: Bei verpackten Lebensmitteln besteht ja bereits eine verpflichtende Allergenkennzeichnung. Ende 2003 wurde eine EU-Richtlinie erlassen, die für vorverpackte Lebensmittel vorschreibt, dass bestimmte Zutaten und Stoffe, die Lebensmittel-Überempfindlichkeiten auslösen können, besonders gekennzeichnet werden müssen. Hierbei handelt es sich unter anderem um Milch, Eier, Fisch, Soja, Erdnüsse und Sellerie. Auch geringste Gehalte dieser Zutaten müssen gekennzeichnet werden, da es grundsätzlich keine Schwellenwerte gibt. Die Richtlinie musste bis Ende 2005 in allen EU-Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden und ist Ende 2006 auch auf Lupine und Weichtiere (u.a. Muscheln) erweitert worden. Diese Ergänzung wird bis Ende dieses Jahres einschließlich der vorgesehenen Anpassungsfrist in deutsches Recht umgesetzt werden.

Ich habe ein erstes Gespräch mit den Dachverbänden der betroffenen Wirtschaft zu lose abgegebenen Lebensmitteln geführt. Dabei habe ich die Verbände aufgefordert, vor der Sommerpause Eckpunkte für die Verbesserung der Kennzeichnung loser Ware vorzulegen. Die Wirtschaft wurde ebenfalls aufgefordert, die Wahlfreiheit für Allergiker beim Lebensmitteleinkauf zu verbessern.

ForschungsReport: Ihr Ministerium will mit einem umfassenden Programm auch Innovationen fördern, durch die das Vorkommen von allergieauslösenden Stoffen in Bekleidung, Spielzeug, Kosmetika und anderen Bedarfsgegenständen gesenkt werden soll. An wen richtet sich dieses Förderprogramm?

Seehofer: Mit dem Programm zur Innovationsförderung unterstützt das BMELV innovative Vorhaben der Wirtschaft im Bereich Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Für dieses Programm stehen insgesamt – einschließlich für den Bereich Allergien – jährlich 21,6 Mio. Euro zur Verfügung. Das Verfahren zur Auswahl von Projekten zum Thema Allergien ist bereits angelaufen.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung wird von 2008 bis 2010 jährlich zusätzlich 250.000 Euro in Forschung für die Methodenentwicklung in diesem Bereich einsetzen.

ForschungsReport: Eine persönliche Frage: Haben Sie selbst mit Allergien zu tun?

Seehofer: Eines meiner Kinder leidet an einer Allergie. Ich selbst bin glücklicherweise bisher nicht von einer Allergie betroffen.

ForschungsReport: Herr Minister Seehofer, vielen Dank für dieses Gespräch. ■

Das Interview führte ForschungsReport-Redakteur Michael Welling

Biologische Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft

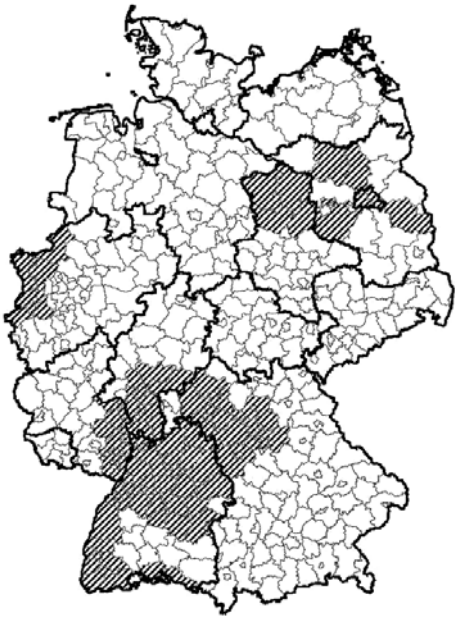
Prozessionsspinner wird zum Problem

Gefahr durch allergische Wirkungen

Der Eichenprozessionsspinner ist in diesem Jahr in verschiedenen Regionen Deutschlands wieder verstärkt aufgetreten. Die Raupen dieses Nachtschmetterlings bereiten weniger wegen ihres Fraßes an Eichenblättern Sorgen, sondern vor allem durch ihre allergischen Wirkungen auf den Menschen. Die Härchen der älteren Raupen enthalten ein Nesselgift, das heftige Symptome auslösen kann. Unmittelbar nach dem Hautkontakt der Härchen entwickelt sich ein unangenehmer Juckreiz, dem ein Ausschlag folgen kann. Darüber hinaus sind Augenreizungen und starke Atembeschwerden möglich. Besonders fatal wirkt sich aus, dass die von den Raupennestern verdriftenden Raupenhaare auch lange nach dem Absterben der Tiere bei Waldbesuchern noch gesundheitsgefährdende Reaktionen auslösen können.

Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) hat im Sommer 2007 in enger Zusammenarbeit mit den Forstlichen Versuchsanstalten der Bundesländer eine Karte erstellt, die für ganz Deutschland die Regionen zeigt, in denen mit Problemen durch die Raupen des Eichenprozessionsspinners zu rechnen ist. In den markierten Gebieten kann die Dichte des zu Massenvermehrungen neigenden Insekts so groß werden, dass Auswirkungen auf die Gesundheit der Waldbesucher befürchtet werden müssen. Neben Wäldern befällt der Schädling auch Bäume in Parkanlagen und anderen städtischen Bereichen.

Stärkeres Auftreten des Eichenprozessionsspinners in den Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland im Sommer 2007



Raupen des Eichenprozessionsspinners

Der Eichenprozessionsspinner schätzt trocken-warmes Klima und ist somit vor allem in Südwestdeutschland verbreitet (Weinbauregionen), kommt lokal aber auch weiter nördlich vor, zum Beispiel in Sachsen-Anhalt und Brandenburg. Ein Zusammenbruch der hohen Populationsdichten ist bislang ausgeblieben und auch derzeit nicht zu erwarten. Im Interesse des Waldschutzes wird eine Bekämpfung im Wald nur ausnahmsweise erwogen; stärkere Bedeutung haben Maßnahmen im öffentlichen Grün. Eine Behandlung mit Insektiziden (z.B. biologische *Bacillus thuringiensis*-Präparate oder Häutungshemmer) ist möglich, sollte aber vor dem dritten Larvenstadium erfolgen.

Über den Eichenprozessionsspinner und die derzeit möglichen Gegenmaßnahmen informiert ein Faltblatt, das bei der Pressestelle der BBA unter Beifügung des Rückportos angefordert werden kann. Eine Download-Version findet sich unter www.bba.bund.de. ■

Biologische Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft

Maiswurzelbohrer in Baden-Württemberg und Bayern

Ende Juli wurde im Ortenaukreis in Baden-Württemberg ein Westlicher Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*) in einer Pheromonfalle aufgefunden. Damit ist der international gefürchtete Quarantäneschädling erstmals in Deutschland aufgetaucht und zwar in einem intensiven Maisanbaugebiet. Mitte August wurde er auch in Bayern gefunden. Die örtlichen Pflanzenschutzdienste haben die notwendigen Bekämpfungsmaßnahmen eingeleitet, um den Schädling auszurotten. Diese sind seit 2004 durch eine von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) erstellte Leitlinie festgelegt, die sich an einer entsprechenden EU-Entscheidung über Sofortmaßnahmen orientiert.

Neben der sofortigen Bekämpfungsaktion und einem verstärkten Monitoring wird um den Fundort für mindestens drei Jahre eine Befalls- und Sicherheitszone im Umkreis von 1 bzw. 5 km eingerichtet. Aus diesen Zonen dürfen keine grünen Maispflanzen oder Erde nach draußen transportiert werden. Ferner sind bestimmte Fruchtfolgen oder Behandlungsauflagen einzuhalten, um eine Ansiedlung der Käfer in diesen Gebieten zu verhindern. ■

Bundesforschungsanstalt
für Ernährung und Lebensmittel

Forschungpreis für den Nachweis von ZNS-Gewebe

Der Bayerische Forschungsverbund Prionen (FORPRION) hat eine Forschungsarbeit der Universität Erlangen-Nürnberg und der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Standort Kulmbach, als eines der drei besten FORPRION-Projekte mit dem 3. Forschungspreis ausgezeichnet.

In dem Projekt wurde ein Immunnachweis entwickelt, mit dessen Hilfe man Gehirn- und Rückenmarksgewebe (Zentrales Nervensystem; ZNS) unterschiedlicher Tierarten in Lebensmitteln und Kontaminationsgeweben nachweisen kann.
Der Preis wurde am 22. Mai 2007 in München von der Koordinatorin der Arbeitsgruppe, Frau Prof. Dr. Monika Pischetsrieder (Institut für Pharmazie und Lebensmittelchemie der Universität Erlangen-Nürnberg), in Empfang genommen.
Das zusammen mit Prof. Dr. Cord Becker (Institut für Biochemie der Universität Erlangen-Nürnberg) und Dir. u. Prof. Dr. Manfred Gareis (Institut für Mikrobiologie und Toxikologie, BfEL Kulmbach) entwickelte Testverfahren verwendet Myelin-Proteolipidprotein als Biomarker. Damit wird ein zuverlässiger und hoch sensitiver Nachweis von Kontaminationen mit ZNS-Gewebe in Fleischprodukten möglich (www.abayfor.de/forprion). ■

Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere

Weniger Langeweile und besseres Fleisch

Mastschweine in der Intensivhaltung führen in der Regel ein ereignis- und bewegungsarmes Leben, oft nur unterbrochen von zwei täglichen Fütterungen. Dabei drängen alle Tiere zum Trog, fressen so schnell sie können und sind darauf bedacht, möglichst nicht von konkurrierenden Artgenossen daran gehindert zu werden. Das erzeugt mitunter heftigen Stress. Ist alles aufgefressen, setzt wieder die übliche Lethargie ein.
Es kommt also zu kurzzeitiger Muskelbeanspruchung unter hoher psychischer Belastung. Bei den Schweinen werden dadurch die großen, aber schnell ermüdenden Muskelfasern gefördert; sie besitzen geringe Mengen des Muskelfarbstoffes Myoglobin, was zu blassem Fleisch führt. Im Gegensatz dazu fördert Bewegung ausdauernde Fasern, die myoglobinreich sind und deshalb rot aussehen.
Wissenschaftler des Forschungsinstituts für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) in Dummerstorf bei Rostock haben untersucht, inwieweit eine angereicherte Haltungsumwelt, die den Tieren mehr Beschäftigung und weniger Langeweile sowie regelmäßige Bewegung bietet, die Fleischqualität verbessert. Bei dieser Untersuchung wurden Schweine der Deutschen Landrasse in den am FBN entwickelten Ton-Schalter-Futterautomaten gefüttert. Mit einer kurzen Tonfolge, die einem Handy-Klingelton vergleichbar ist, rufen Ton-Schalter-Futterautomaten die Tiere achtmal am Tag zum Futter. Da jedem Tier eine eigene, unverwechselbare Tonfolge zugeordnet ist, reagieren die Artgenossen nicht und das individuell angesprochene Tier kann ungestört am Ton-Schalter-Futterautomaten fressen. So werden drei Ziele auf einmal erreicht: Die Tiere werden beschäftigt, was die Lethargie und Langeweile abbaut und so der Tiergerechtheit dient, die Fütterungssituation wird entspannt, was den Stress vermindert, und schließlich wird die Fleischqualität verbessert. Vermutlich beruht dieser Effekt hauptsächlich auf den zwei Faktoren Stressminderung und Bewegungsförderung. Es zeigte sich nämlich, dass der Anteil roter Ausdauerfasern bei den mit den Ton-Schalter-Futterautomaten gefütterten Schweinen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe mit konventioneller Fütterung erhöht und gleichzeitig der Wasserverlust ihres Fleischs, der für das Schrumpfen beim Braten verantwortlich ist, deutlich reduziert war. Man weiß, dass dieser Wasserverlust durch Stress gefördert wird.
Die Studie am FBN hat gezeigt, dass auch in der Intensivhaltung, auf die wir beim derzeitigen Fleischverbrauch im bevölkerungsreichen Europa nicht verzichten können, eine tiergerechte Haltung und sehr gute Produktqualität zu kombinieren sind. Da die Umweltanreicherung im Stall durch Ton-Schalter-Futterautomaten teuerer als die bisher übliche Schweinehaltung ist, müsste der Verbraucher aber bereit sein, für ein besseres Schnitzel und tiergerechtere Haltung auch etwas mehr zu bezahlen. ■

Schwein vor einem Ton-Schalter-Futterautomaten in der Experimentalanlage des FBN

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel

Obst und Gemüse senken das Entzündungsrisiko

Die Ernährung hat einen direkten Einfluss auf das Entzündungsgeschehen im Körper. Das zeigen epidemiologische Studien, die den Zusammenhang zwischen Ernährungsmuster und Entzündungsrisiko untersucht haben. Dabei schnitt die hierzulande übliche fettreiche Kost mit einem hohen Anteil tierischer Produkte deutlich schlechter ab als eine pflanzlich betonte Ernährungsweise mit viel Obst und Gemüse, Hülsenfrüchten, Getreide und Fisch. Wichtig ist diese Erkenntnis, weil chronische Entzündungen der Nährboden für die Entstehung vieler Krankheiten sind, unter anderem für Typ-2-Diabetes und Arteriosklerose mit ihren Folgen, dem Herzinfarkt und dem Schlaganfall.
Nach einem deftigen Frühstück mit Eiern und Speck seien typische Entzündungsmarker wie das C-reaktive Protein (CRP) oder Tumornekrosefaktor alpha noch Stunden später erhöht, sagte Dr. Bernhard Watzl von der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel auf einer Veranstaltung des Instituts Danone Ernährung für Ge-

sundheit e.V. Ein hoher Obst- und Gemüseverzehr wirkt dagegen offenbar entzündungshemmend. Eine tägliche Zusatzration von 280 g Kirschen pro Tag zur normalen Ernährung ließ das CRP in einer Interventionsstudie um 30 % sinken.

Eine wichtige Rolle scheinen dabei sekundäre Pflanzenstoffe zu spielen: Carotinoide, Flavonoide, Phenolsäuren und Sulfide haben antientzündliche Wirkungen und beeinflussen das Immunsystem. Offenbar sind diese Effekte dosisabhängig: „Bei Probanden einer Studie, die acht Wochen lang nur zwei Portionen Obst und Gemüse pro Tag gegessen hatten, kam es zu einer deutlichen Erhöhung des Entzündungsmarkers CRP. Bei acht Portionen Obst und Gemüse täglich lag dieser Marker sehr viel niedriger", so Watzl. ■

Bundesinstitut
für Risikobewertung

Weniger Versuchstiere bei gleicher Sicherheit

BfR setzt sich für ein verkürztes Verfahren bei der Chemikalienprüfung ein

Am 1. Juli 2007 ist die neue europäische Chemikaliengesetzgebung REACH in Kraft getreten. Ziel des Gesetzes ist es, die großen Wissenslücken bei der gesundheitlichen Bewertung von rund 30.000 so genannten chemischen Altstoffen zu schließen. Brisant dabei: Die Umsetzung von REACH wird zu einem Anstieg der Tierversuche führen. Darauf hat das BfR bereits 2004 hingewiesen und gleichzeitig Vorschläge unterbreitet, wie Tierversuche durch alternative Prüfmethoden ersetzt werden könnten. In der neuen REACH-Verordnung ist nun ausdrücklich vorgeschrieben, Tierversuche wo immer möglich durch moderne tierversuchsfreie Prüfmethoden zu ersetzen. Auf einen ähnlichen Erfolg hofft das BfR im Bereich der Reproduktionstoxikologie. Um im Rahmen von REACH die Giftigkeit von Stoffen auf die Fortpflanzung zu prüfen, müssen derzeit für jeden Test noch rund 3.000 Tiere eingesetzt werden. Der

Grund: REACH schreibt für Chemikalien, die in Mengen von über 1.000 Tonnen produziert werden, als Standardanforderung einen 2-Generationentest an der Ratte vor.

Das BfR setzt sich für ein abgestuftes Vorgehen mit geringerer Tierzahl ein. Nach Meinung des BfR und anderer führender Institutionen könnte der Basistest auf eine Generation beschränkt werden. Es zeichnet sich nämlich ab, dass die Untersuchung von nur einer Generation kaum zu einem Verlust an bewertungsrelevanten Informationen führt.

Das BfR hat einen Vorschlag für einen verbesserten 1-Generationentest bei der OECD eingereicht. Dieser Vorschlag wird auch von der amerikanischen Umweltbehörde EPA unterstützt. Je geprüfter Substanz ließen sich damit rund 1.400 Versuchstiere einsparen. Bei geschätzten 2.000 Stoffen, die innerhalb der nächsten drei Jahre bei der Chemikalienbewertung geprüft werden, würde sich die Zahl der eingesetzten Versuchstiere damit um 2,8 Millionen reduzieren. ■

Leibniz-Institut
für Agrarentwicklung in
Mittel- und Osteuropa

Supermarkt-Revolution gibt Impulse

IAMO-Forum zu ländlicher Entwicklung in Schwellenländern

Die ländlichen Räume vieler Transformations- und Schwellenländer sind durch wirtschaftliche Rückständigkeit und fehlende Entwicklungsmöglichkeiten gekennzeichnet. Die Folgen sind Armut, fortwährende Migration und eine Überalterung der Bevölkerung. Jedoch geben die Investitionen internationaler Konzerne des Lebensmitteleinzelhandels seit einigen Jahren Impulse, die sich unmittelbar auf die wirtschaftliche Situation ländlicher Räume auswirken. Hierüber diskutierten im Juni 2007 Experten aus 25 Ländern beim IAMO-Forum zu nachhaltiger ländlicher Entwicklung.

Laut Prof. Thomas Reardon von der Michigan State University (USA) hat sich in Russland der Umsatz in den Supermärkten westlichen Zuschnitts zwischen 2002 und 2006 verneunfacht, in China im gleichen Zeitraum verdreifacht. Diese auch als „Supermarkt-Revolution" bezeichnete Vervielfachung stärke vor allem den ländlichen Verarbeitungssektor und landwirtschaftliche Großbetriebe. Doch auch Kleinbetriebe könnten vom gestiegenen Wettbewerb um Absatzkanäle profitieren, wie zum Beispiel in China durch die Einschaltung traditioneller Großhändler. Die Bedeutung des weltweiten Abbaus von Handelsschranken auf die chinesische Landwirtschaft unterstrich Prof. Jikun Huang vom Center for Chinese Agricultural Policy (CCAP) in Peking.

Der Politik kommt eine wichtige Rolle bei der Steuerung der Transformationsprozesse zu. Laut Dr. Martin Petrick vom Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) in Halle an der Saale bräuchten auch landwirtschaftliche Kleinbetriebe, die häufig von Armut betroffen sind, nicht zu den Verlierern der weltweiten Liberalisierung gehören, allerdings seien dafür demokratisch legitimierte, politische Steuerung und soziale Abfederung erforderlich. Petrick verwies auf die Gefahr der Entleerung ganzer Landstriche durch sinkende Geburtenraten und Abwanderung wie etwa in Russland. Ältere Bewohner ländlicher Räume sähen sich häufig nicht in der Lage, den durchgreifenden Wandel produktiv zu nutzen und seien, etwa in Polen, auf staatliche Abfederung ihrer Einkommenssituation angewiesen.

Kritisch bewertete Prof. Joachim von Braun, Direktor des International Food Policy Research Institutes (IFPRI) in Washington, die Effekte der weltweiten Liberalisierung auf ländliche Räume in Entwicklungs- und Trans-

formationsländern. Die Handelsliberalisierung würde sich nur wenig auf einkommensschwache ländliche Haushalte auswirken. Er sprach sich für verbesserte soziale Sicherungssysteme auf nationaler Ebene aus, zum Beispiel durch Transferzahlungen, die wiederum an Bedingungen wie den Besuch von Aus- und Weiterbildungskursen gebunden sind („conditional cash transfers").
Als einen Schritt in die richtige Richtung bewerteten die Experten beim IAMO-Forum die Absicht der Europäischen Kommission, Agrarpolitik stärker zu einer sektorübergreifenden, ländlichen Entwicklungspolitik zu machen. ■

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung

Open access Journal jetzt online

Frei zugängliche elektronische Fachzeitschrift

Das noch relativ neue, interdisziplinäre Feld der Landschaftsforschung – das Spektrum reicht von Agrarwissenschaften über Hydrologie bis hin zur Tourismusforschung – hat ein neues Publikationsforum: Living Reviews in Landscape Research (LRLR).
Das online frei zugängliche Journal (http://landscaperesearch.livingreviews.org) füllt mit eingeladenen Übersichtsartikeln („reviews") eine Lücke in der Fachliteratur. Die Artikel werden von ihren Autoren regelmäßig aktualisiert (daher „living") und geben so jeweils den neuesten Forschungsstand wieder.
Prof. Hubert Wiggering, Direktor des ZALF und Chefredakteur von Living Reviews in Landscape Research, erwartet disziplinenübergreifende Impulse: „Die raumbezogenen Aspekte der Nachhaltigkeitsproblematik werden je nach Fachrichtung nach wie vor sehr unterschiedlich gehandhabt. Das online-Journal wird hier Brücken bauen und die Landschaftsforschung als wichtige übergreifende Klammer stärken."
Mit Living Reviews in Landscape Research existiert nunmehr bereits die vierte als Living Review konzipierte elektronische Zeitschrift. Entwickelt wurde das einzigartige Publikationskonzept am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut). Dort wird seit fast zehn Jahren mit Living Reviews in Relativity eine in der Fachwelt hochangesehene elektronische Zeitschrift herausgegeben. ■

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft

Bienen, Raps und Schwefel

Raps ist insbesondere im Frühjahr und Vorsommer eine der wichtigsten Bienenweiden: Von einem Hektar Raps schaffen die fleißigen Insekten etwa einen Zentner Honig „nach Hause". Wegen seines hohen Gehaltes an Eiweiß und Senfölen hat Raps aber auch einen besonders hohen Bedarf an Schwefel. Als Folge der vor 25 Jahren begonnenen Einführung von Rauchgasentschwefelungsmaßnahmen in Kraftwerken und der Verwendung von schwefelarmen Treibstoffen und Düngern leiden heute viele Rapsbestände in Nordeuropa an Schwefelmangel, welcher sich in markanten Veränderungen von Form, Farbe und Geruch der Rapsblüten auswirkt.
Am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig wurde festgestellt: Blüten von Raps mit Schwefelmangel sind blassgelb bis weiß statt sattgelb, weniger als halb so groß und länglich- statt rundoval geformt und duften weniger intensiv. Ferner haben sie ein geringeres Reflexionsvermögen für ultraviolettes Licht. Der Zuckergehalt des Nektars und die Menge an Pollen bleiben vom Schwefelmangel jedoch unbeeinflusst. Rein optisch ähneln die Schwefelmangelblüten sehr stark verblühenden Rapsblüten. Weißblühende Rapspflanzen sind für Honigbienen ganz offensichtlich unattraktiv, was an deutlich verringertem Bienenflug in Beständen mit Schwefelmangel festzustellen ist. Honigbienen meiden die weißen Blüten, weil der Bienenflug sehr viel Energie verbraucht. Der Treibstoff der Bienen ist Nektar. Die Bienen müssen daher nach Landung auf einer Blüte auch Nektar zum „Auftanken" vorfinden. Eine Schwefelmangelblüte erscheint der Biene jedoch wie eine Blüte, die nach der Befruchtung verblüht und damit für einen Besuch nicht mehr lohnend erscheint.
Mit ihren Forschungen konnten die Wissenschaftler zeigen, dass es nicht ein verändertes Futterangebot, sondern optische Signale und Geruch sind, die zum verringerten Bienenflug in Rapsfeldern mit Schwefelmangel führen. ■

M. Welling

Nur gelbe Blüten sind für Bienen attraktiv

Impressum

FORSCHUNGSREPORT
Ernährung – Landwirtschaft – Verbraucherschutz
2/2007 (Heft 36)

Herausgeber:
Senat der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Schriftleitung & Redaktion:
Dr. Michael Welling
Geschäftsstelle des Senats der Bundesforschungsanstalten
c/o Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Bundesalle 50,
38116 Braunschweig
Tel.: 0531 / 596-1016
Fax: 0531 / 596-1099
E-Mail: michael.welling@fal.de

Redaktionsbeirat:
Dr. Stefan Kühne,
BBA Kleinmachnow

Konzeption, Satz und Druck:
AgroConcept GmbH
Clemens-August-Str. 12–14
53115 Bonn
Tel.: 0228 / 969426-0
Fax: 0228 / 630311

Internet-Adressen:
www.forschungsreport.de
www.bmelv-forschung.de

Bildnachweis:
Sofern nicht anders bei den Bildern angegeben, liegen die Rechte bei den Autoren, den Forschungsanstalten oder bei AgroConcept.

Erscheinungsweise:
Der ForschungsReport erscheint zweimal jährlich

Nachdruck, auch auszugsweise, mit Quellenangabe zulässig (Belegexemplar erbeten)

Möchten Sie den Forschungs-Report kostenlos abonnieren? Dann wenden Sie sich einfach an die Redaktion.

ISSN 1863-771X

Druck auf Papier mit Recyclinganteil

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) unterhält einen Forschungsbereich, der wissenschaftliche Grundlagen als Entscheidungshilfen für die Ernährungs-, Landwirtschafts- und Verbraucherschutzpolitik der Bundesregierung erarbeitet und damit zugleich die Erkenntnisse auf diesen Gebieten zum Nutzen des Gemeinwohls erweitert (www.bmelv.de, Rochusstr. 1, 53123 Bonn, Tel.: 0228/529-0). Dieser Forschungsbereich wird von acht Bundeseinrichtungen gebildet und hat folgende Aufgaben:

■ **Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL):**
Forschung auf dem Gebiet der Landbauwissenschaften und verwandter Wissenschaften schwerpunktmäßig zu naturwissenschaftlichen, technischen, ökonomischen und sozialen Fragen der umweltschonenden Erzeugung hochwertiger Nahrungsmittel und Rohstoffe, des Schutzes und der Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere, des Ökolandbaus, der Wettbewerbsfähigkeit der Agrarproduktion, der Agrarmärkte, der Erhaltung natürlicher Ressourcen und der Pflege der Kulturlandschaft sowie der Entwicklung ländlicher Räume (Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Tel.: 0531/596-0, www.fal.de).

■ **Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA):**
Eine selbstständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsanstalt mit im Pflanzenschutz- und Gentechnikgesetz festgelegten Aufgaben. Beratung der Bundesregierung und Forschung auf dem Gesamtgebiet des Pflanzen- und Vorratsschutzes; Mitwirkung bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten; Eintragung und Prüfung von Pflanzenschutzgeräten; Beteiligung bei pflanzengesundheitlichen Regelungen für Deutschland und die EU; Mitwirkung bei der Genehmigung zur Freisetzung und zum Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen (Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, Tel.: 0531/299-5, www.bba.bund.de).

■ **Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ):**
Forschung auf dem Gebiet der Pflanzenzüchtung und angrenzender Gebiete. Beratung der Bundesregierung insbesondere zu den Schwerpunkten Genetische Ressourcen, Erweiterung des Kulturartenspektrums, Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Kulturpflanzen sowie Verbesserung wichtiger Eigenschaften und Inhaltsstoffe. Die Arbeiten der BAZ schaffen Grundlagen zur Erzeugung hochwertiger Agrarprodukte, zur Ressourcenschonung und zur Entlastung der Umwelt durch die Verringerung des Pflanzenschutzmittelaufwandes (Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg, Tel.: 03946/47-0, www.bafz.de).

■ **Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (FLI):**
Eine selbstständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsanstalt mit im Tierseuchengesetz und Gentechnikgesetz festgelegten Aufgaben. Erforschung und Erarbeitung von Grundlagen für die Bekämpfung von Tierseuchen sowie weiterer wichtiger viraler, bakterieller und parasitärer Infektionen von Nutztieren (Südufer 10, 17493 Greifswald Insel Riems, Tel.: 038351/7-0, www.fli.bund.de).

■ **Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH):**
Wissenschaftliche Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung des Waldes, zur Erweiterung der Einsatzbereiche des erneuerbaren Rohstoffes Holz sowie zur Verbesserung der Produkteigenschaften und der Prozessqualität (Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg, Tel.: 040/73962-0, www.bfafh.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, www.bfa-fisch.de).

■ **Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL):**
Im Rahmen des vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutzes Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen einer gesunden und gesunderhaltenden Ernährung mit hygienisch einwandfreien und qualitativ hochwertigen Lebensmitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs sowie Untersuchung soziologischer und ökonomischer Aspekte der Ernährung und des Ernährungsverhaltens (Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, Tel.: 0721/6625-0, www.bfel.de).

■ **Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR):**
Eine bundesunmittelbare rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts, deren Hauptaufgaben in der Bewertung bestehender und dem Aufspüren neuer gesundheitlicher Risiken, der Erarbeitung von Empfehlungen für die Risikobegrenzung und der Kommunikation über alle Schritte der Risikoanalyse liegen. Forschung wird auf diesen Feldern auch im Bereich der Risikokommunikation durchgeführt. Schwerpunkte sind dabei biologische und chemische Risiken in Lebens- und Futtermitteln sowie Risiken, die durch Stoffe und Produkte hervorgerufen werden können. Daneben werden Ersatzmethoden für Tierversuche für den Einsatz in der Toxikologie entwickelt (Thielallee 88–92, 14195 Berlin, Tel.: 01888/412-0, www.bfr.bund.de).

● **Forschungseinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft (WGL)**
Darüber hinaus sind sechs Forschungseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft G. W. Leibniz (WGL) dem Geschäftsbereich des BMELV zugeordnet:
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA) (Lichtenbergstr. 4, 85748 Garching, Tel.: 089/28914170, dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de);
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), (Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim, Tel.: 0331/5699-0, www.atb-potsdam.de);
Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e. V. (IGZ) (Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, Tel.: 033701/78-0, www.igzev.de);
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. (Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, Tel.: 033432/82-0, www.zalf.de);
Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) (Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, Tel.: 038208/68-5, www.fbn-dummerstorf.de);
Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) (Theodor-Lieser-Str. 2, 06120 Halle/S., Tel.: 0345/2928-0, www.iamo.de).

Anstaltsübergreifende wissenschaftliche Aktivitäten des Forschungsbereiches werden durch den **Senat der Bundesforschungsanstalten** koordiniert, dem die Leiter der Bundeseinrichtungen mit Forschungsaufgaben und des BfR sowie fünf zusätzlich aus dem Forschungsbereich gewählte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler angehören. Der Senat wird von einem auf zwei Jahre gewählten Präsidium geleitet, das die Geschäfte des Senats führt und den Forschungsbereich gegenüber anderen wissenschaftlichen Institutionen und dem BMELV vertritt (Geschäftsstelle des Senats der Bundesforschungsanstalten, c/o FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Tel.: 0531/596-1016, **www.bmelv-forschung.de**).

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