DIE ZEITSCHRIFT DES SENATS DER BUNDESFORSCHUNGSANSTALTEN

FORSCHUNGS Report

VERBRAUCHERSCHUTZ · ERNÄHRUNG · LANDWIRTSCHAFT

Biovision – Zukunft mit Pflanzen

Wie lässt sich Acrylamid beim Backen und Braten vermindern?

Antibiotika-Resistenzgene und horizontaler Gentransfer

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

1/2003

Gemeinsam Visionen entwickeln

Guten Tag!

Wenn Sie demnächst einmal im Supermarkt Pommes frites zum frittieren oder aufbacken kaufen, werden Sie auf der Packung unabhängig vom Hersteller einheitliche Hinweise zur Zubereitungstemperatur finden. Dies ist ein Ergebnis von Gesprächen, die das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) initiiert hat, um den Acrylamidgehalt in Lebensmitteln zu verringern. Die Empfehlungen (z.B. 175 °C bei der Zubereitung in der Fritteuse) orientieren sich an Werten, die Wissenschaftler der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung aufgrund ihrer Untersuchungen zur Acrylamidentstehung ermittelt haben.

Dass sich die Hersteller bei diesem von der Öffentlichkeit stark beachteten Thema so schnell firmenübergreifend geeinigt haben, liegt nicht zuletzt daran, dass die Wissenschaft sehr zügig verlässliche Daten auf den Tisch legen konnte. Hier zeigt sich exemplarisch, wie die Bundesforschungsanstalten mit ihren angewandten Forschungsthemen direkt dem Verbraucherschutz dienen. An unseren Instituten halten wir Expertenwissen vor, das bei neu auftretenden Problemen oder bei Lebensmittelskandalen rasch abgerufen werden kann.

Genauso wichtig sind bei uns aber auch Forschungsarbeiten zur Verbesserung der Lebensmittelqualität und zur umweltschonenden, nachhaltigen Produktion von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Erzeugnissen – auch das Aktivitäten, die den Verbraucherinnen und Verbrauchern zugute kommen. Einen Eindruck davon können Sie beispielsweise auf der Internationalen Gartenbauausstellung in Rostock bekommen, wo sich mehrere unserer Forschungseinrichtungen präsentieren. Auch der Schwerpunkt dieses Heftes ist darauf ausgerichtet.

Um so unverständlicher erscheint es, wenn von einigen deutschen Wissenschaftsorganisationen in letzter Zeit verstärkt gegen die Ressortforschung, also die vom Bund finanzierten, hoheitliche Aufgaben wahrnehmende und auf den Beratungsbedarf der verschiedenen Bundesministerien ausgerichteten Forschungseinrichtungen polemisiert wird. Auch bei knapper werdenden Kassen sollte ein gesundes Konkurrenzdenken nicht in unfair geführte Verteilungskämpfe umschlagen. So wie die Grundlagenforschung ist auch die Forschung zu angewandten Aspekten, wie sie an den Ressortforschungseinrichtungen betrieben wird, notwendig und stellt einen integralen Bestandteil der deutschen Forschungslandschaft dar. Die Tatsache, dass die Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich unseres Ressorts im Einwerben von EU-Fördermitteln häufig überdurchschnittlich erfolgreich sind, zeigt, dass wir auch in den größeren europäischen Rahmen fest eingebunden sind und uns in Sachen Forschungsqualität insgesamt nicht verstecken müssen. Zudem steht eine unserer wichtigsten Leistungen – die wissenschaftlich fundierte Beratung der politischen Entscheidungsträger – regelmäßig auf dem Prüfstand unseres Ministeriums, dem wir Jahr für Jahr weit mehr als tausend Stellungnahmen und Expertisen liefern. Diese Art der alltäglichen Qualitätskontrolle durchläuft in Deutschland keine andere Forschungseinrichtung.

In den letzten Jahren haben die BMVEL-Forschungsanstalten eine Reihe schmerzhafter Einschnitte mit erheblichen Stellenkürzungen hinnehmen müssen. In Umstrukturierungen stecken auch Chancen – wir sind bereit, sie zu ergreifen und aus neuen Rahmenbedingungen Visionen zu entwickeln.

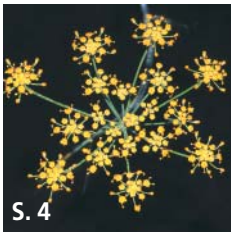
Auch andere Forschungseinrichtungen sind von Kürzungen oder zumindest ´Nullwachstum` nicht verschont. Daher täte es der ´scientific community` in Deutschland gut, gemeinsam auf ihre Bedeutung für die Zukunft und Entwicklung des Landes hinzuweisen und visionär nach vorn zu blicken – wissend um ihre unterschiedlichen Profile und spezifischen Qualitäten.

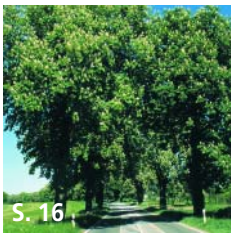
Ihr

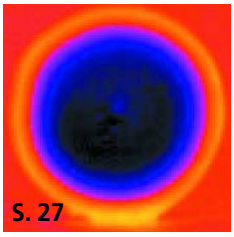
Dr. Meinolf G. Lindhauer
Präsident des
Senats der Bundesforschungsanstalten

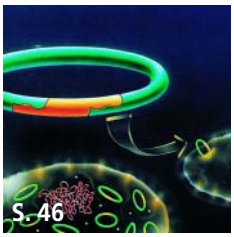
IGA 2003
ROSTOCK
25.04.-12.10.2003

Biovision – Zukunft mit Pflanzen:
Unter diesem Leitsatz steht der Deutsche Pavillon auf der Internationalen Gartenbausausstellung in Rostock, an der sich auch Forschungseinrichtungen des BMVEL beteiligen.









Berichte aus der Forschung

Arznei- und Gewürzpflanzen im Visier der Züchtungsforschung ____ 4

Nützlinge für den Gartenbau ____ 8

Deutscher Spargel bald in aller Munde ____ 12

Behandlung frischer Anfahrschäden an Alleebäumen ____ 16

Halmbruch bei Weizen
Neue Resistenzquellen erweitern die resistenzgenetische Basis ____ 20

Schwefel – für gesunde Pflanzen und gesunde Menschen ____ 24

Heißes Wasser hält Äpfel gesund
Die Heißwasserbehandlung: eine Methode zur Reduzierung der Gleosporium-Fruchtfäule an ökologisch produzierten Äpfeln ____ 27

In den Apfel gespäht ____ 30

Wie lässt sich Acrylamid beim Backen und Braten vermindern? ____ 33

Bakterielle Antibiotika-Resistenzgene und horizontaler Gentransfer ____ 36

Portrait

Institut für gartenbauliche Kulturen, Quedlinburg ____ 40

Ernte und Nacherntetechnologien am ATB in Potsdam ____ 41

Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau, Braunschweig ____ 42

Nachrichten ____ 43

Tagungen ____ 49

Impressum ____ 50

Der Forschungsbereich ____ 51

Arznei- und Gewürzpflanzen im Visier der Züchtungsforschung

Friedrich Pank (Quedlinburg)

Arznei- und Gewürzpflanzen machen gesund, erfreuen durch ihren Duft und machen Speisen schmackhafter und bekömmlicher. Sie tragen damit auf ihre Weise zur Verbesserung unserer Lebensqualität bei. Verantwortlich für die positiven Eigenschaften sind sekundäre Inhaltsstoffe. Zusammensetzung und Gehalt dieser Verbindungen unterliegen bei den in freier Natur wachsenden Wildpflanzen starken Schwankungen. Die Züchtungsforschung an Arznei- und Gewürzpflanzen schafft die Voraussetzungen für die Züchtung leistungsfähiger Sorten mit einem hohen Gehalt an wirksamen Inhaltsstoffen und anderen wertvollen agronomischen Eigenschaften. Damit leistet sie einen wesentlichen Beitrag, hochwertige natürliche Produkte für den Pharma-, Kosmetik- und Lebensmittelbereich bereitzustellen. Die nachfolgenden Beispiele geben einen Einblick in die Zielstellungen und Methoden der Züchtungsforschung am Institut für gartenbauliche Kulturen der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) in Quedlinburg.

Kümmel

Kümmelfrüchte werden als Gewürz, aber auch als Arzneimittel bei Völlegefühl, Blähungen und leichten krampfartigen Magen-Darm-Störungen verwendet. Die in unseren Breiten zweijährig wachsende Art *Carum carvi* ist auch in freier Natur auf Wiesen anzutreffen. Zweijähriger Kümmel bildet im ersten Anbaujahr lediglich eine Blattrosette, so dass der Landwirt in diesem Jahr keine Einnahmen erzielen kann. Im Mai des zweiten Jahres entwickeln sich die Blüten, und Ende Juli kann geerntet werden. Im Mittelmeergebiet ist die einjährige Form des Kümmels beheimatet (*Carum carum var. annuum hort*). In Deutschland kann diese bei Aussaat im April bereits im September des selben Jahres geerntet werden. Der Einführung dieser vom wirtschaftlichen Standpunkt gesehen vorteilhafteren einjährigen Form stand bisher der niedrige Gehalt an ätherischem Öl – dem wichtigsten qualitätsbestimmenden Merkmal – entgegen.

Durch mehrere Selektionszyklen gelang es den Züchtungsforschern der BAZ, den Gehalt an ätherischem Öl von ursprünglich ca. 3 % auf nahezu 5 % anzuheben. Das genetische Material wurde von einem Pflanzenzuchtbetrieb übernommen und zur Sorte weiterentwickelt. Es ist heute in den Anbau eingeführt. Um die Wettbewerbsfähigkeit des nicht subventionierten Anbaus weiter zu verbessern wird gegenwärtig versucht, den Ertrag des einjährigen Kümmels zu steigern.

Entwicklung von Kümmel-Linien

Die Kontrolle der Inhaltsstoffe erfolgt am BAZ-Institut für Pflanzenanalytik mit Hilfe der Zeit und Kosten sparenden Nah-Infrarot-Spektroskopie an jährlich mehr als 1.000 Proben. Die Kümmelfrüchte bleiben dabei unbeschädigt und sind nach der Analyse für den weiteren Züchtungsprozess verwendbar.

Fenchel

Die Früchte des Arzneifenchels (*Foeniculum vulgare ssp. vulgare var. vulgare*)

Blühende Fencheldolde

sind ein traditionelles Arzneimittel, das als Tee bei Blähungen und krampfartigen Beschwerden im Magen-Darmbereich sowie zur Schleimlösung in den Atemwegen bei Erkältung verwendet wird. Fenchelfrüchte werden auch als Gewürz in Backwaren und das ätherische Öl in Likören eingesetzt. Der Tee wird gern von Kindern getrunken. Arzneifenchel ist nicht mit Gemüsefenchel (*F. vulgare ssp. vulgare var. azoricum*) zu verwechseln, bei dem die zur Knolle verdickten Blattstiele als Gemüse verzehrt werden.

Fenchel stammt aus dem Mittelmeergebiet. Er reift in Deutschland erst spät im Herbst. Früher wurde er deshalb zweijährig angebaut mit Anzucht der Stecklinge im ersten und Pflanzung der Ertragsbestände im zweiten Jahr. Die Züchtung von Sorten mit verkürzter Entwicklungszeit ermöglichte Ende der achtziger Jahre die Direktsaat und Ernte in nur einem Jahr, wodurch der deutsche Anbau seine Wettbewerbsfähigkeit erhalten konnte.

Die derzeit an der BAZ laufenden Züchtungsarbeiten bei Fenchel verfolgen mehrere Ziele: Zum einen sollen Formen mit Resistenz gegen eine durch den Pilz *Mycosphaerella anethi* verursachte Erkrankung der Dolden entwickelt werden, zum anderen soll das vom Arzneibuch geforderte Inhaltsstoffspektrum (mindestens 4 % ätherisches Öl in den Früchten mit > 60 % trans-Anethol, > 15 % Fenchon und < 5 % Estragol) erreicht bzw. gesichert werden. Weitere wichtige Zuchtziele sind gute agronomische Eigenschaften wie niedriger Wuchs, fester Kornsitz und frühe Reife. Daneben erfordert die Abfüllungstechnologie von Teebeuteln in der Industrie eine geringe Fruchtgröße.

Genotypen des Fenchels mit unterschiedlicher Fruchtgröße

Nach Evaluierung von mehr als 200 verschiedenen Herkünften wurden Genotypen mit erwünschter Merkmalsausprägung selektiert und gekreuzt. Das Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt fördert ein spezielles Projekt, bei dem die Kombinierbarkeit von Kleinfrüchtigkeit und hohem Gehalt an ätherischem Öl durch Kreuzung von Eltern mit gegensätzlicher Merkmalsausprägung untersucht und die Anbaueignung einer kleinfrüchtigen Population unter Praxisbedingungen erprobt wird. Die rationelle Untersuchung der Inhaltsstoffe mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie bietet auch beim Fenchel günstige Voraussetzungen, um einen angemessenen Gehalt der wesentlichen Inhaltsstoffe im Züchtungsprozess zu sichern.

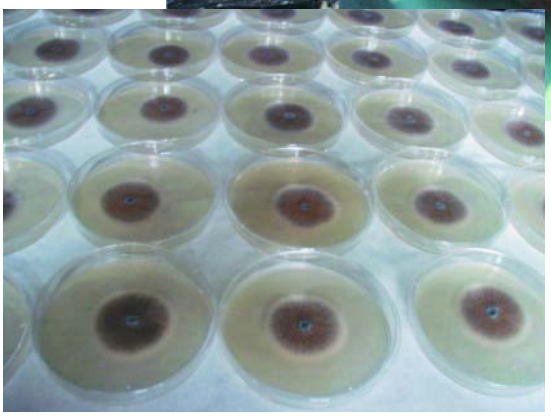
Johanniskraut

Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) verdankt seinen Namen der Tatsache, dass es regelmäßig zu „Johanni" blüht,

Blühendes Johanniskraut

dem Geburtstag von Johannes dem Täufer. Das blühende Kraut dient der Zubereitung von Arzneimitteln mit antidepressiver Wirkung und der Herstellung von „Rotöl" zur Wundheilung. Johanniskrauttee wird vor allem gegen die in der lichtarmen Jahreszeit verbreitete „Winterdepression" verwendet. Der Bedarf ist in den vergangenen Jahren in so starkem Maße gestiegen, dass das benötigte Aufkommen nicht mehr durch Sammlung in freier Natur gedeckt werden konnte und die Überführung in den Anbau erforderlich war. Mit dem sprunghaften Anstieg des Anbaus entstand die Forderung nach leistungsfähigen Sorten.

Johanniskrautwelke: Ausbringung der Konidiensuspension auf Johanniskrautjungpflanzen im Resistenztest



Kultur des Erregers der Johanniskrautwelke auf Agar

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) fördert deshalb ein Forschungsprojekt, in dem die BAZ im Verbund mit Betrieben der pharmazeutischen Industrie und einem Pflanzenzuchtbetrieb die Grundlagen für die Züchtung von Sorten mit hohem Wirkstoffgehalt, guten agronomischen Eigenschaften und vor allem mit Resistenz gegen die gefürchtete Johanniskrautwelke, eine Pilzkrankheit, erarbeitet.

Johanniskraut weist eine besondere Art der Samenbildung auf: Zwar ist die Bestäubung der Narbe durch Pollen erforderlich; dennoch bildet sich der Embryo in den meisten Fällen ohne Vereinigung von Pollen und Eianlage aus rein mütterlichem Gewebe. Diese Besonderheit ist Nachteil und zugleich große Chance für den Züchter. Nachteilig wirkt sich aus, dass die Vereinigung der positiven Eigenschaften von zwei verschiedenen Pflanzen in gemeinsamen Nachkommen durch Bestäubung erschwert ist, denn der Züchter muss vor der Kreuzung die seltenen Typen selektieren, bei denen die Samenbildung auf normalem Wege durch die Vereinigung von mütterlichem und väterlichem Erbgut entsteht. Der große Vorteil ist jedoch: Das im Samen enthaltene Erbgut ist völlig identisch mit dem der Mutterpflanze, da der Pollen fremder Pflanzen die Erbanlagen bei der Samenbildung nicht verändern kann. Aus Samen leistungsfähiger Mutterpflanzen entstehen deshalb wieder leistungsfähige Pflanzen mit einer großen Einheitlichkeit. Der BAZ gelang die Selektion obligat sexueller Genotypen, mit deren Hilfe gegenwärtig die Kombinierbarkeit der Eigenschaften verschiedener Linien durch Kreuzung und die Möglichkeit der raschen genetischen Fixierung der erwünschten Merkmalskombinationen erprobt wird.

Majoran

Die Blätter und Blüten des Majorans (*Origanum majorana*) dienen frisch oder getrocknet als Gewürz zu Wurst und insbesondere zu Suppen. Neben seiner Würzkraft hat Majoran auch eine magenstärkende Wirkung. Die bakteriostatische Wirkung des ätherischen Öls verlängert die Haltbarkeit von Wurstwaren. Das Hauptgebiet des europäischen Majorananbaus befindet sich im nördlichen Vorland des Harzes und in der Magdeburger Börde.

Im einem von der Europäischen Kommission geförderten Forschungsprojekt arbeiteten Fachleute aus Deutschland, Griechenland, Großbritannien, Frankreich, Italien und Österreich zusammen, um theoretische Grundlagen und hochwertiges genetisches Material für die Sortenzüchtung zu entwickeln. Zahlreiche verschiedene Herkünfte wurden hinsichtlich der sensorischen Eigenschaften (Geschmack, Geruch, Farbe), Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls, Wirksamkeit und Gehalt an antioxidativ und antimikrobiell wirkenden Stoffen, Reproduktionsbiologie und agronomischen Eigenschaften bewertet.

Durch mehrere Zyklen von Inzucht und Selektion konnte die BAZ Bestäuberlinien mit hoher Eigenleistung entwickeln. Ihre Kombinationseignung wurde durch Testkreuzungen mit männlich sterilen Linien und Anbau in einer Feldversuchsserie in Deutschland, Frankreich und Italien ermittelt. Die leistungsfähigsten Kombinationen zeichnen sich durch einen deutlich gesteigerten Gehalt an ätherischem Öl und höhere Erträge aus. Die entwickelten Linien wurden einem Pflanzenzuchtbe-

Selbstung von Elite-Pflanzen des Majorans in der Wintergeneration

Heterogener Thymianbestand

trieb zur weiteren Bearbeitung und Züchtung von Hybridsorten übergeben, die neben hoher Leistung auch die von der verarbeitenden Industrie geforderte Einheitlichkeit aufweisen.

Thymian

Thymian (*Thymus vulgaris*) ist ein in Mittel- und Südeuropa beheimateter immergrüner Halbstrauch, dessen Blätter und Blüten als Gewürz, aber auch vor allem als Arzneimittel bei Bronchitis und Katarrhen der oberen Luftwege verwendet wird. Extrakte des Thymians bilden einen wesentlichen Bestandteil von Hustensäften und zahlreichen weiteren Präparate.

Im Rahmen der InnoRegio-Initiative des Bundesforschungsministeriums entwickelt die BAZ zusammen mit einem Wirtschaftspartner Ausgangsmaterial für leistungsfähige Sorten. Der heute in Deutschland im Anbau eingeführte Thymian ist sehr heterogen. Die Industrie fordert jedoch einen hochwertigen und ausgeglichenen Rohstoff.

Gynodiözie bei Thymian: links männlich sterile, rechts zwittrige Blüte

Das Forschungsprojekt setzt sich das Ziel, unter Nutzung der blütenbiologischen Besonderheiten des Thymians Linien zu entwickeln, die für die Züchtung von Hybridsorten geeignet sind. Hybridsorten bieten die besten Voraussetzungen für ein hohes Maß an Homogenität. Nach Evaluierung zahlreicher verschiedener Herkünfte werden die benötigten Linien mit männlicher Sterilität und den zugehörigen Maintainern und zwittrige Pflanzen mit hoher Eigenleistung als Ausgangsmaterial für Populationssorten entwickelt.

Bohnenkraut

Bohnenkraut (*Satureja hortensi*) ist – wie der Name sagt – ein unentbehrliches Gewürz für Bohnengerichte. In Bohnenkraut schlummern jedoch noch ganz andere Kräfte: Ein wesentlicher Bestandteil des ätherischen Öls ist das Carvacrol, das über antioxidative und antimikrobielle Eigenschaften verfügt. Carvacrolhaltige ätherische Öle werden zunehmend als Alternative zu den immer mehr in die Kritik geratenen herkömmlichen Leistungsförderern im Tierfutter eingesetzt.

Das im Verbund mit Wirtschaftspartnern im Rahmen der InnoRegio-Initiative durchgeführte Projekt setzt sich das Ziel, Bohnenkrautpopulationen zu entwickeln, die bei hoher Ertragsleistung einen hohen Gehalt an ätherischem Öl und einen hohen Carvacrolgehalt im ätherischen Öl aufweisen. Die kurze Vegetationszeit des Bohnenkrautes ermöglicht die Nutzung als Nebenfrucht, so dass günstige Voraussetzungen für die Erzeugung eines preiswerten Rohstoffs bestehen. ■

Großflächiger Bohnenkrautanbau in der Magdeburger Börde

PD Dr. habil. Friedrich Pank, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für gartenbauliche Kulturen, Neuer Weg 22/23, 06484 Quedlinburg,
E-mail: f.pank@bafz.de

Nützlinge für den Gartenbau

Ellen Richter und Michael Welling (Braunschweig)

Biologische Pflanzenschutzverfahren bieten sich in Gartenbaubetrieben mit Unterglas-Anbau besonders an. Der Einsatz von Nützlingen ist dort eher möglich als im Freiland, da Gewächshäuser ein relativ geschlossenes und regulierbares System darstellen. Immer mehr Gartenbaubetriebe setzen in den letzten Jahren auf biologische Verfahren der Schädlingsbekämpfung, die bisherigen Praxis-Erfahrungen waren jedoch sehr uneinheitlich. Auch muss sich der Nützlingseinsatz für einen kommerziellen Gartenbaubetrieb ökonomisch rechnen. Dabei schlagen nicht nur die reinen Kosten für die krabbeligen Helfer zu Buche. Die Nützlinge müssen auch rationell auszubringen sein und – besonders wichtig – die Schädlinge effektiv in Schach halten können. Deshalb wurde vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft von 2000 bis 2002 ein Verbundprojekt gefördert, das die praktische Umsetzung von „biologisch-integrierten" Pflanzenschutzverfahren, speziell den Einsatz von Nützlingen, in die betrieblichen Gegebenheiten begleiten und optimieren soll.

An dem Verbundprojekt „Nützlingseinsatz im Gartenbau" sind elf Zierpflanzen- und zwei Gemüsebaubetriebe in vier Bundesländern beteiligt (Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz). Die Betriebe wurden regional zu vier Projekten mit jeweils eigener wissenschaftlicher Betreuung zusammengefasst. Diese Projekte wiederum werden vom Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Braunschweig koordiniert.

Lebewesen sind anders

Generell erfordert der Einsatz von Nützlingen mehr Hintergrundwissen und mehr Fingerspitzengefühl als das Spritzen von chemisch-synthetischen Insektiziden. Während Insektizide eine hohe und standardisierte Wirksamkeit besitzen, handelt es sich bei Nützlingen um Lebewesen, die ihre eigenen Bedürfnisse haben und selten nach Schema eingesetzt werden können. So benötigen beispielsweise Raubmilben eine höhere Luftfeuchtigkeit als die zu bekämpfenden Spinnmilben. Ist die Luft zu trocken, kann sich die Spinnmilbenpopulation stärker als die ihrer Gegenspieler ausbreiten – der Bekämpfungserfolg sinkt. Auch kann die Qualität der Nützlings-Chargen von Lieferung zu Lieferung schwanken. Die Nützlingsproduzenten haben jedoch mittlerweile ihr Qualitätsmanagement deutlich verbessert, und Nützlinge sind meist am Tag nach der Bestellung im Betrieb.

Fliegen von außen saisonbedingt große Massen von Schädlingen, zum Beispiel Thripse, in die Gewächshäuser ein, muss rasch reagiert werden. Unter Umständen kommt man nicht umhin, als erstes ein nützlingsschonendes Insektizid einzusetzen, danach können die Nützlinge dann den Rest erledigen. Denn gerade im Zierpflanzenbau ist Schnelligkeit gefordert: Wie der Name schon sagt, sollen Zierpflanzen in erster Linie dem Auge gefallen. Blumen mit etwas angenagten Blüten – selbst wenn es die Pflanze gar nicht schädigt – lassen sich kaum verkaufen.

Andererseits gilt aber auch: Das Applizieren von chemischen Insektiziden im Gewächshaus ist relativ aufwändig. Zum Anwenderschutz muss entsprechende Schutzkleidung getragen werden, was gerade bei warm-feuchten Treibhausbedingungen unangenehm sein kann. Zudem gelten aus Sicherheitsgründen Wiederbetretungsfristen und bei Gemüse Wartezeiten, die ein Spritzen kurz vor der Ernte ausschließen. Nicht zuletzt sind verschiedene Schädlinge gegen häufig verwendete Insektizide resistent geworden.

Probleme ähneln sich

Um den Nützlingseinsatz im Unterglas-Anbau voranzubringen, ist es wichtig,

dass sich Wissenschaftler, örtliche Berater und Praktiker zusammentun, um gemeinsam Probleme zu diskutieren und nach Lösungen zu suchen. Dazu bot das Verbundprojekt eine hervorragende Plattform.

Hinsichtlich der über 50 verschiedenen Nützlingsarten beispielsweise, die mittlerweile von spezialisierten Firmen kommerziell gezüchtet und angeboten werden, bestehen bei den Gärtnern große Unsicherheiten hinsichtlich der Auswahl und der Kombination wirksamer Nützlinge oder der Beurteilung der Nützlingsqualitäten. Im Verlauf des Projekts wurde der Nützlingseinsatz den Gegebenheiten der einzelnen Gartenbaubetriebe angepasst. Durch regelmäßigen fachlichen Austausch und Besuche vor Ort zeigte sich, dass sich die Probleme trotz aller Unterschiede der beteiligten Betriebe oft ähneln. Kritische Punkte sind zum Beispiel unzureichende Hygienemaßnahmen in den Betrieben oder die Notwendigkeit, nützlingsschonende Pflanzenschutzmittel in den Nützlingseinsatz zu integrieren. Denn der zu Projektbeginn geplante Ansatz, rein biologisch mit Nützlingen zu arbeiten, musste relativ schnell fallen gelassen werden. Die Qualitätsanforderungen besonders bei den Zierpflanzen sind zu hoch. Im Verlaufe des Vorhabens entwickelte sich ein „biologisch-integriertes" Verfahren, das auf dem Nützlingseinsatz basiert, aber in extremen Befallssituationen die Anwendung integrierbarer, nützlingsschonender Pflanzenschutzmittel ermöglicht. Dazu gehören Mittel, die zum Teil auf biologischen Wirkstoffen basieren und/oder im Ökologischen Landbau zulässig sind, wie NEEMAZAL-T/S, ein Extrakt aus den Früchten des Neem-Baums, und CONSERVE, ein Stoffwechselprodukt eines Bodenbakteriums, oder selektiv wirkende chemische Insektizide wie PLENUM.

Von der Wirksamkeit der Verfahren abgesehen stellt sich natürlich die Frage nach den Kosten, bzw. der Rentabilität des Nützlingseinsatz. Die Antwort darauf scheiterte bisher nicht zuletzt häufig an einer mangelnden Datenbasis in den Betrieben, zum Beispiel an fehlenden Daten zu den tatsächlichen Kosten des chemischen Pflanzenschutzes. Die ökonomische Bewertung des Nützlingseinsatzes findet jetzt zum Ende des Verbundvorhabens statt.

Probleme der Praxis und praktische Lösungen

Im Folgenden werden einige konkrete Beispiele aus den einzelnen Teilprojekten vorgestellt, die zeigen, welche Probleme in der Praxis auftreten und wie versucht wird, Lösungswege zu finden.

Topfpflanzen

Der Pflanzenschutzdienst der Landwirtschaftskammer Rheinland betreute einen Betrieb in der Nähe von Bonn, der Topfpflanzen produziert. Dort wurde der Nützlingseinsatz unter anderem in Christusdorn (*Euphorbia milii*), Weihnachtsstern (*Euphorbia pulcherrima*), Chrysanthemen (*Chrysanthemum spp.*) sowie in Beet- und Balkonpflanzen wie Wandelröschen (*Lantana camara*) erprobt.

Christusdorn mit Thripsschaden an den Blättern (Foto: Richter, BBA). Links: Thripslarven

Weiße Fliege (Puppe und ausgewachsene Tiere) und ihr Gegenspieler, die parasitische Schlupfwespe Encarsia formosa (Fotos: LfP, Stuttgart)

Die wichtigsten Schädlinge im Christusdorn waren Thripse der Art *Frankliniella occidentalis*. Diese winzigen Fransenflügler stechen einzelne Blattzellen an, was zu unschönen Vergilbungen der Blätter führt. Mit einer Kombination von Raubmilben und dem Pflanzenschutzmittel NEEMAZAL-T/S konnten die Thripse zuverlässig bekämpft werden. Dabei zeigten die Sorten ausgeprägte Unterschiede in der Anfälligkeit. Nach dem Aussortieren besonders thripsanfälliger Sorten ließen sich die Pflanzenschutzmaßnahmen deutlich reduzieren.

Zur Thripsbekämpfung in Chrysanthemen reichten in der Regel sogar Raubmilben (*Amblyseius*-Arten) allein aus. Nur bei sehr anfälligen Sorten mussten zusätzliche Behandlungen mit NEEMAZAL-T/S durchgeführt werden. Blattläuse waren in Chrysanthemen eher von untergeordneter Bedeutung.

Die Bekämpfung der Weißen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*) in Weihnachtsternen mit der parasitischen Schlupfwespe *Encarsia formosa* verlief sehr

Gewächshaus mit Schnittrosen in Erde mit Strohmulch (Foto: Richter, BBA)

positiv. Zwar waren Weiße Fliegen, wie eine Überwachung mit Gelbtafeln ergab, regelmäßig im Bestand vertreten. Die Population konnte jedoch durch die Schlupfwespe auf einem sehr niedrigen Niveau gehalten werden.

Bei den Wandelröschen bereitete die Weiße Fliege dagegen große Probleme. Trotz eines mehrfachen Einsatzes der Schlupfwespen fanden sich hier keinerlei Parasitierungen der Schädlinge. Alle Pflanzen mussten daher chemisch behandelt werden. Gründe für das Versagen der Schlupfwespen ist unklar. Eine wahrscheinliche Ursache sind jedoch Rückstände langanhaltender, nützlingsabschreckender Pflanzenschutzmittel in den holzigen Pflanzenteilen.

Probleme bereitete in einigen Kulturen auch ein massives Auftreten verschiedener Schmetterlingsraupen durch den Wegfall breitwirksamer Insektizide. Der Einsatz der Erzwespe *Trichogramma evanescens,* ein 0,5 mm kleiner Eiparasit, zusammen mit der Anwendung von *Bacillus thuringiensis*-Wirkstoffen führte nur zu einem mäßigen Erfolg.

Farbige Klebetafeln zur Kontrolle des Schädlingsfluges in Schnittrosen. Blaue Tafeln sind attraktiv für Thripse, speziell F. occidentalis, gelbe Tafeln ziehen Blattläuse und Weiße Fliegen an. (Foto: Richter, BBA)

Schnittrosen unter Glas

Das Institut für Angewandte Botanik der Universität Hamburg betreute sechs Schnittrosenproduzenten, bei denen eine so genannte „Offene Zucht" der räuberischen Gallmücke *Aphidoletes aphidimyza* als Gegenspieler von Blattläusen eingeführt werden sollte. Mit diesem Verfahren können Nützlingspopulationen unabhängig vom Auftreten der Schädlinge im Bestand etabliert werden. Dazu wird den Nützlingen eine Alternativbeute angeboten, die die Rosen nicht schädigt. In diesem Fall waren es Getreideblattläuse auf Getreidepflanzen, die von den Gallmückenlarven gern erbeutet werden. Hierzu wurden regelmäßig wöchentlich Kisten mit Getreideblattläusen in die Gewächshäuser gestellt.

Der Aufbau und Erhalt einer Gallmückenpopulation in den Gewächshäusern mindert die Schadenswahrscheinlichkeit, da die Blattläuse an Rosen einem ständigen Feinddruck ausgesetzt sind. Auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln kann dadurch weitgehend verzichtet werden. Die außerordentlich effektive „Offene Zucht" bildete in diesem Projekt die Plattform der biologisch-integrierten Schädlingsbekämpfung bei den pflanzenschutzintensiven Schnittrosen.

Erschwerten in manchen der beteiligten Betriebe im ersten Projektjahr noch vorhandene Rückstände nützlingsschädigender Pflanzenschutzmittel sowie die Mehltaubekämpfung mit Schwefelverdampfern den Nützlingseinsatz (die meisten Nützlinge vertragen keinen Schwefel) so waren bereits ab dem dritten Projektjahr stabile Gallmücken-Populationen zu verzeichnen, die sich hauptsächlich aus im Boden überwinterten Tieren speisten. Insgesamt hat das Verfahren sich in allen Betrieben als sehr effektiv erwiesen und die Erwartungen erfüllt. Ähnlich positiv verlief die Bekämpfung der Spinnmilben (*Tetranychus urticae*), eines weiteren Hauptschädlings der Rosen, mit Raubmilben (*Phytoseiulus persimilis*).

Larve der räuberischen Gallmücke Aphidoletes saugt Blattlaus aus. (Foto: LfP, Stuttgart)

Offene Zucht im Rosengewächshaus: Die räuberischen Gallmückenlarven haben Getreideblattläuse als Alternativbeute, die ein Überleben der Nützlingspopulation sichern, auch wenn die Blattlausdichte an Rosen gering ist. (Foto: Richter, BBA)

Weniger zufriedenstellend verlief dagegen die biologische Bekämpfung der Thripse mit Raubmilben (*Amblyseius*

spp.), insbesondere beim Vorkommen des Kalifornischen Blütenthrips (*Frankliniella occidentalis*) und bei massiver Invasion von Thripsen während der Getreideernte. In diesen Situationen wurden nützlingsschonende Pflanzenschutzmittel (z.B. NEEMAZAL-T/S und CONSERVE) erfolgreich integriert.

Gemüsebau unter Glas

Dieses Projekt wurde vom Institut für Pflanzenschutz und Pflanzenkrankheiten der Universität Hannover betreut. Im beteiligten Gemüsebaubetrieb standen Untersuchungen zu Wechselwirkungen und zur Freilassungsabfolge verschiedener Nützlingskombinationen gegen Blattläuse und Thripse im Vordergrund, um Strategien zur Optimierung der Bekämpfung zu entwickeln.

So wurde untersucht, wie sich eine kombinierte Freilassung der parasitischen Schlupfwespe *Aphidius colemani* mit der räuberischen Florfliege *Chrysoperla carnea* bzw. der räuberischen Gallmücke *Aphidoletes aphidimyza* auf die Populationsentwicklung der Grünen Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) an Paprika auswirkt. Dazu wurde eine Kontrollvariante ohne Nützlingseinsatz, eine Parasitoid-Variante mit Einsatz der Schlupfwespe, eine Räuber-Variante mit Einsatz eines Räubers und eine Kombinations-Variante mit dem Einsatz von Parasitoid und Räuber in zehnfacher Wiederholung durchgeführt.

In Abbildung 1 sind die Wirkungsgrade für die unterschiedlichen Behandlungen dargestellt. Es zeigte sich, dass der kombinierte Einsatz von Parasitoid und Räuber in beiden Fällen effizienter war als der alleinige Einsatz eines der beiden Räuber. Jedoch waren die Kombinationen nur geringfügig besser als der alleinige Einsatz von Schlupfwespen. Unter ökonomischen Gesichtspunkten ist der Einsatz dieser Nützlingskombinationen daher nicht zu rechtfertigen. Angepasste Nützlingskombinationen können aber maßgeblich die akute (mit der Florfliege) oder langfristige (mit der räuberischen Gallmücke) Wirkungssicherheit im biologischen Pflanzenschutz erhöhen.

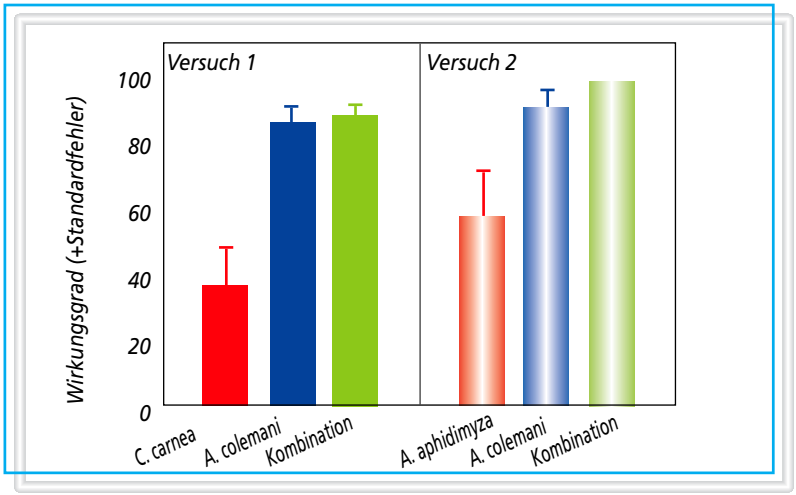


Abb. 1: Wirkungsgrade (nach Henderson & Tilton) für die Bekämpfung der Grünen Pfirsichblattlaus. Versuch 1: C. carnea (Räuber), A. colemani (Schlupfwespe), Kombination; Versuch 2: A. aphidimyza (Räuber), A. colemani (Schlupfwespe), Kombination. (Quelle: Wiethoff, IPP Hannover)

Larve der Florfliege beim Aussaugen einer Blattlaus

Bedingungen für den Erfolg

Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich folgern, dass der biologische Pflanzenschutz mit Nützlingen im Unterglas-Anbau sehr erfolgreich sein kann, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind: Vor der Einführung des Nützlingseinsatzes muss frühzeitig auf langanhaltend wirksame Insektizide verzichtet werden. Die Pflanzenbestände müssen regelmäßig kontrolliert werden, um Nützlinge rechtzeitig auszubringen. Nützlingsschonende Insektizide können im Bedarfsfall integriert werden, um den Erfolg des „biologisch-integrierten" Pflanzenschutzverfahrens zu sichern.

Trotz oder gerade wegen der Vielfalt an Kulturen und Kulturverfahren mit ihren jeweils sehr unterschiedlichen Schädlings-Nützlings-Kombinationen zeigten sich im Verbundvorhaben Gemeinsamkeiten, die dazu genutzt werden, Gesamtkonzepte des biologischen Pflanzenschutzes zu entwickeln. ■

An dem Verbundvorhaben „Nützlingseinsatz im Gartenbau" sind neben dem BBA-Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau folgende wissenschaftliche Einrichtungen und Pflanzenschutzdienststellen beteiligt:

- Institut für Pflanzenschutz und Pflanzenkrankheiten der Universität Hannover
- Institut für Angewandte Botanik der Universität Hamburg
- Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Rheinland-Pfalz, Mainz
- Pflanzenschutzdienst der Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn

Nähere Informationen zum Verbundvorhaben „Nützlingseinsatz im Gartenbau" finden sich im Internet unter www.bba.de/projekte/nuetzlinge/nuetzl_start.htm.
Das BBA-Institut für biologischen Pflanzenschutz in Darmstadt führt eine aktuelle Liste der in Deutschland kommerziell vertriebenen Nützlinge. Sie ist im Internet zu finden unter www.bba.de/inst/bi/nuetzl.htm.

Dr. Ellen Richter, Dr. Michael Welling, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-mail: e.richter@bba.de

Deutscher Spargel bald in aller Munde

Monika Schreiner, Ilona Schonhof, Stefanie Schmidt (Großbeeren), Christoph Wonneberger (Osnabrück), Peter-J. Paschold (Geisenheim), Joachim Ziegler (Neustadt), Hans-R. Rohlfing (Oppenheim), Martin Geyer (Potsdam-Bornim), Wolfgang Bokelmann und Jan-Peter Beese (Berlin)

Der Spargel (Asparagus officinalis) stammt aus Vorderasien und ist eine mehrjährige Staude. Schon im Altertum war Spargel als Delikatesse, aber auch als Heilpflanze bekannt. Die Römer schrieben ihm sogar eine aphrodisierende Wirkung zu. Auch heute wird Spargel von den Verbrauchern stark nachgefragt. In Deutschland nimmt er mit einem Anteil von 16 % an der gesamten Gemüseanbaufläche und einem Absatzvolumen von rund 180 Mio. Euro die Spitzenposition bei der Gemüseproduktion ein. Durch ein vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) gefördertes Verbundprojekt soll die Spargelqualität über die gesamte Saison verbessert und das Angebot stabilisiert werden. Ziel ist es, den gestiegenen Anforderungen der Verbraucher an die Lebensmittelsicherheit Rechnung zu tragen und gleichzeitig eine ressourcenschonende Produktion auch unter künftig sich verändernden ökologischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen zu ermöglichen.

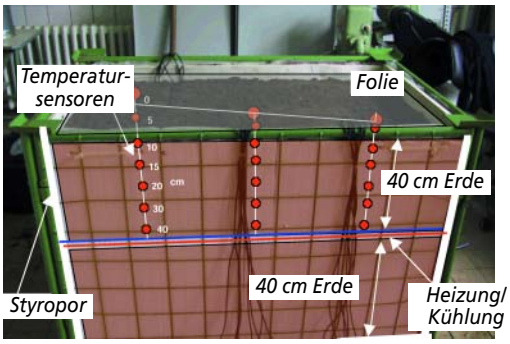


Abb. 2: Testung der Temperaturwirkung von Folien unter definierten Laborbedingungen

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Spargel hat in Deutschland in den letzten zwei Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen: Verzehrte ein Bundesbürger im Jahr 1980 noch 0,36 kg, so waren es 2001 durchschnittlich 1,5 kg. Der Mehrverbrauch wurde in größerem Umfang durch Importe abgedeckt, vor allem in der Frühsaison im März und April. Die Ernte in Deutschland beginnt etwa Mitte April und endet im Juni, wobei die Hauptmengen im Mai und Juni produziert werden. Mit zunehmendem Angebot kommt es in jedem Jahr zu einem Preisverfall, der allerdings für die qualitativ hochwertige deutsche Ware geringer ist und später einsetzt. Untersuchungen der CMA (Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft) haben ergeben, dass deutsche Käufer Spargel aus heimischem Anbau bevorzugen. So hielten mehr als 70 % der Spargel kaufenden Haushalte das Herkunftsland für wichtig; 94 % von ihnen bevorzugten Spargel aus deutschen Landen. Begründet wird dies vorrangig mit Frische, die für sensorische Qualität steht.

Ausgehend von den Verbraucherwünschen sollten daher Produktionsverfahren entwickelt werden, die es ermöglichen, heimischen Spargel früher und in kontinuierlicher Menge anzubieten. Natürlich muss dabei die Produktqualität stimmen. Hier setzt das Verbundprojekt an.

Folienmanagement

Sowohl Erntemenge und Qualität als auch der Saisonbeginn und der Ertragsverlauf werden wesentlich von der Temperatur im Boden bestimmt, die über Kulturmaßnahmen wie zum Beispiel den Einsatz von Folien (Abb. 1) gezielt beeinflusst werden kann.

Bisherige Versuche zur Wirkung von Folien im Spargelanbau lieferten nur stark witterungsabhängige, aber keine allgemeingültigen Aussagen. Daher ist am Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau

Abb. 1: Durch den Einsatz von Folien kann die Spargelsaison beeinflusst werden.

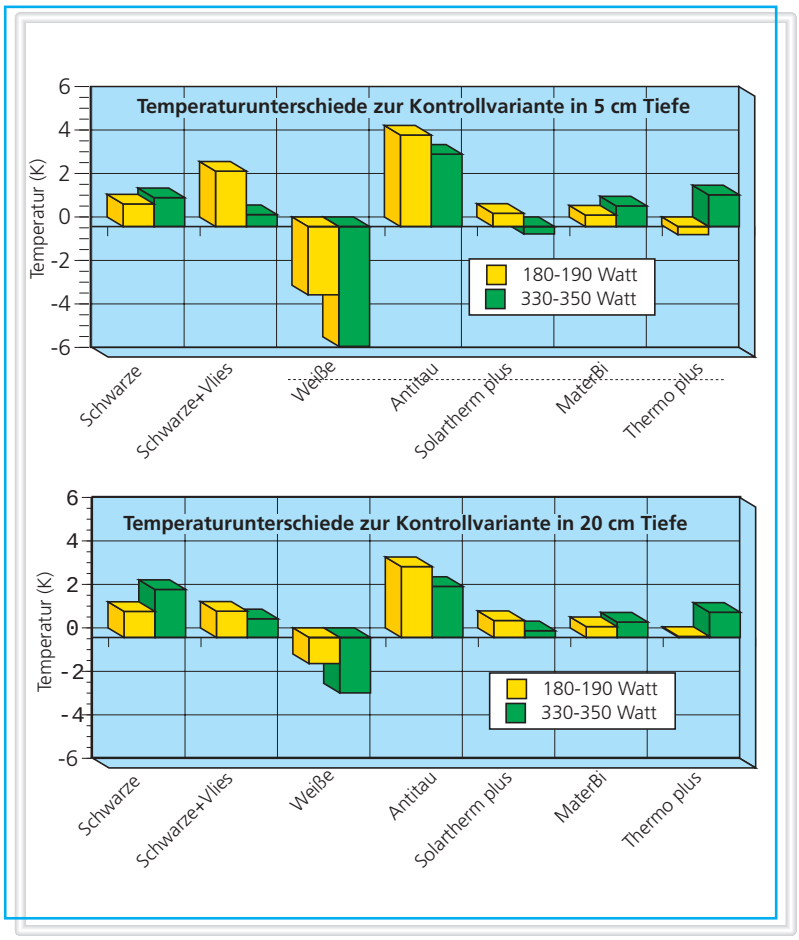


Abb. 3: Temperaturwirkung verschiedener Folien im Vergleich zu unbedecktem Boden

Großbeeren/Erfurt e.V. (IGZ) innerhalb des Verbundprojekts damit begonnen worden, die Temperaturwirkung unterschiedlicher Folientypen (u.a. biologisch abbaubare Folien und Interferenzfolien) und Folien/Vlieskombinationen bei verschiedenen Unterboden- und Oberbodentemperaturen zu prüfen. Diese Untersuchungen erfolgen unter standardisierten Bedingungen im Labor (Abb. 2) sowie im Freiland über eine modellgestützte Analyse räumlich-zeitlich variierender Bodentemperaturen. Die Ergebnisse dieser Versuche bilden die Grundlage für ein Bodentemperaturmodell und ermöglichen letztendlich dem Spargelanbauer ein Folienmanagement.

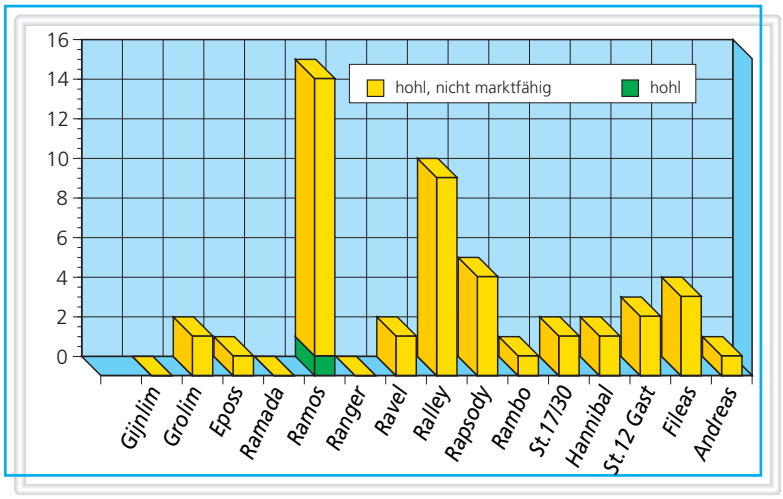
In Abhängigkeit von der Bodentiefe (5 cm und 20 cm) zeigte sich, dass die schwarz/weiße Taschenfolie (weiße Seite nach oben) und die Antitaufolie die Folien mit der stärksten Abkühlung bzw. Erwärmung gegenüber der Kontrolle sind (Abb. 3). Eine merkliche Erwärmung kann auch mit der Kombination schwarz/weiße Taschenfolie (schwarze Seite nach oben) plus Vliesabdeckung erzielt werden. Diese Doppelabdeckung ist allerdings nur bei geringer Einstrahlung effektiv – bei höherer Einstrahlung sollte auf die Vliesabdeckung zugunsten einer höheren Bodentemperatur verzichtet werden. Alle übrigen Varianten – Spezialfolien wie beispielsweise die Thermofolien „Thermo plus“ und „Solartherm plus“ – wiesen nur geringe Unterschiede zur unbedeckten Variante auf.

Untersuchungen an der Fachhochschule Osnabrück erfassten das Auftreten unerwünschter violett verfärbter Stangen bei unterschiedlichen Folien. Transparente Folien zeigten bei warmer Witterung schnell ihre Grenzen: Der Anteil der violetten Ware nahm zu. Dagegen konnte durch die Kombinationsfolien mit transparenter Flanke und schwarzer Kronenabdeckung (Thermo-Plus, Solartherm-Plus) auch bei höheren Temperaturen noch weitgehend weißköpfiger, den Qualitätsanforderungen entsprechender Spargel geerntet werden.

Hohle Stangen – ein Qualitätsproblem

Ein erhebliches Qualitätsproblem bei Spargel stellen hohle Stangen dar, die vom Verbraucher abgelehnt werden. Hohle Stangen treten in manchen Jahren massiv zu Beginn der Erntesaison auf (zeitweise bis 90 %), darüber hinaus jähr-

Abb. 4: Einfluss der Sorte an der Ausbildung hohler Stangen (2001)



lich in wechselnden Mengen auch während der Saison.

In der Forschungsanstalt Geisenheim wird mit Modell- und Feldversuchen den Ursachen für die Ausbildung hohler Stangen nachgegangen. Ziel ist es, Gegenmaßnahmen abzuleiten, mit denen sich der Anteil dieser qualitativ minderwertigen Stangen deutlich verringern lässt. Die klarsten Effekte konnten im ersten Versuchsjahr unter Feldbedingungen gemessen werden. So zeigte im Sortenversuch die neue Sorte 'Ramos' die stärkste Neigung zu hohlen Stangen (Abb. 4). Durch die Sortenwahl kann maßgeblich Einfluss auf die Anteile hohler Stangen genommen werden. Ebenfalls wurde nachgewiesen, dass auch die Temperatur darüber entscheidet, wieviel hohle Stangen gebildet werden. Eine wichtige Rolle spielen hier offenbar die Temperaturdifferenzen zwischen Damm und Unterboden (Abb. 5).

Die Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt Neustadt untersucht innerhalb des Verbundprojekts, wie sich unter den Feldbedingungen Süddeutschlands die Temperatureffekte der verschiedenartigen Folien auf die Ausbildung hohler Stangen auswirken.

Der Einfluss der Bodenfeuchte in Wechselwirkung mit der Temperatur wird in weiteren Versuchen in Geisenheim und Neustadt ermittelt.

Abb. 6: Verschiedene Hersteller bieten seit einigen Jahren Erntehilfen für Spargel an.

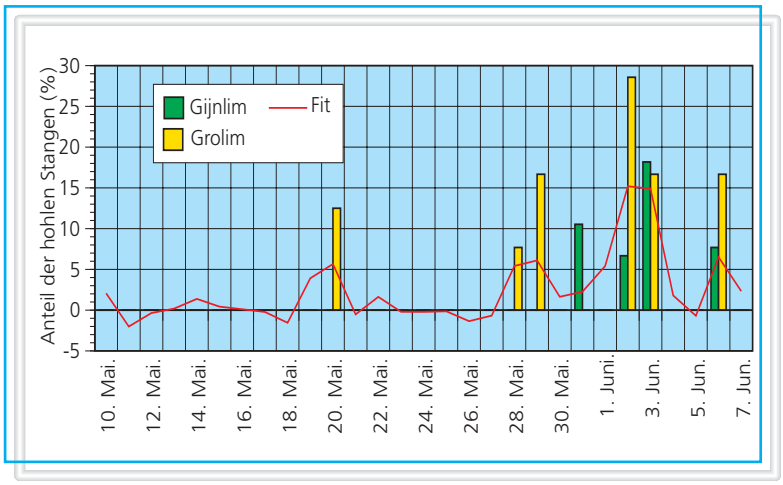
Hoher Arbeitsaufwand im Spargelanbau

Spargel ist eine arbeitsintensive Kultur. Daher besteht die Gefahr, dass mit weiter steigenden Lohnkosten Spargel in Deutschland nicht mehr wirtschaftlich produziert werden kann. Außerdem ist zu erwarten, dass die Beschäftigung meist osteuropäischer Arbeitskräfte erschwert wird. Diese Entwicklungen zwingen zu weiterer Mechanisierung.

Ein zusätzlicher Faktor, der die Mechanisierung vorantreibt, ist das zunehmende Abdecken der Spargeldämme mit schwarz/weißer Folie. Durch den Einsatz der Folie ist es möglich, nur einmal am Tag, gegebenenfalls sogar nur alle zwei Tage zu stechen, da die Spargelstangen aus dem Damm wachsen können, ohne sich violett zu verfärben. Hierdurch werden mehr Stangen pro laufendem Meter im Erntedurchgang geerntet – die Ernte wird rentabler. Das Aufdecken und das Schließen der Folie verursacht jedoch zusätzlichen Arbeitsaufwand bei der Ernte.

Seit wenigen Jahren gibt es Erntehilfen für Spargel (Abb. 6). Die Geräte verschiedener Hersteller unterscheiden sich in Ausstattung und Reihenzahl. Das Ausheben der Folie und das Tragen der Spargelkisten erfolgen automatisch. Das Stechen wird weiterhin von Hand durchgeführt. Im Rahmen des Verbundprojekts bewertet das Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB) zusammen mit der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt in Oppenheim, welche der Verfahren sich bei verschiedenen Bedingungen aus arbeitswirtschaftlicher und ergonomischer Sicht als am günstigsten erweisen.

Abb. 5: Simulation des Auftretens hohler Stangen durch neuronale Netze. Das Diagramm zeigt für zwei Sorten (Gijnlim und Grolim) das prozentuale Auftreten hohler Stangen im Verlauf von 25 Erntetagen. Die durchgezogene Kurve stellt die Berechnung mit neuronalen Netzen dar. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Auftreten hohler Stangen eine Funktion der Temperaturdifferenz zwischen der Wachstumszone und dem Bereich der Pflanzenkrone ist. Als Eingangsparameter zur Berechnung der „Fits" (Einzelpunkte der Kurve) wurden die Temperaturwerte der zurückliegenden 5 Tage benutzt. (Jaki, FH Wiesbaden; Paschold, FA Geisenheim).



Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Stechleistung mit Hilfe der teilmechanischen Erntehilfen unter günstigen Umständen deutlich gesteigert werden kann. Ohne Einsatz von Technik können von einem Stecher je nach Stechverfahren (mit oder ohne vorheriges Aufgraben), Aufwuchs (Erntemenge/ha) und Bodenart zwischen 180 und ca. 300 Stangen pro Stunde gestochen werden. Mit Hilfe von Erntehilfen können bei guten Bedingungen (Ertrag über 300 kg/ha*d) Stechleistungen bis 450 Stangen je Stunde erzielt werden. Dies zeigt, dass in der teilmechanisierten Ernte ein großes Potenzial steckt, wenn die Erntesysteme optimal in den Betriebsablauf integriert werden. Bei geringen Erntemengen in Kombination mit mehrreihigen Systemen (Abb. 7) und Stechen mit Freigraben heben sich die Vorteile der Teilmechanisierung jedoch auf. In manchen Fällen werden sogar geringere Stechleistungen erzielt als bei der Ernte ohne Erntehilfen. Hierfür werden im Rahmen des Projektes Schwellenwerte errechnet und Mindestanforderungen an den Einsatz von Erntehilfen aus arbeitswirtschaftlicher Sicht formuliert.

Aus ergonomischer Sicht ist es überwiegend vorteilhaft, Erntehilfen einzusetzen. Die Belastung der Arbeitskräfte verringert sich schon bei einfachen Erntehilfen ohne Sitzmöglichkeit, da der Transport der Spargelstangen aus der Anlage und das Folienhandling entfallen. Die Sitzmöglichkeit bietet eine zusätzliche Arbeitserleichterung (Abb. 8) – Schulterbereich, Handgelenk und Ellenbogen sind jedoch beim Aufgraben und Stechen höher belastet.

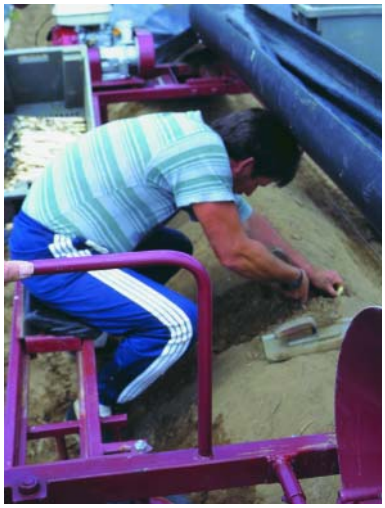


Abb. 8: Erntehilfen mit Sitzmöglichkeiten erleichtern die Arbeit. Doch müssen sie ergonomisch gut durchdacht sein.

Ökonomische Bewertung der Verfahren

Der deutsche Spargelanbau sieht sich einem wachsenden Qualitätsdruck seitens der Verbraucher ausgesetzt. Für den Erzeuger bedeutet dies, regelmäßig hohe Qualität zu einem günstigen Preis liefern zu müssen. Um Produktions-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren zu perfektionieren, müssen die anfallenden Kosten und erwirtschafteten Leistungen genau bekannt sein. Dabei helfen Modelle zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit. Idealerweise sind diese Modelle einfach zu bedienen und flexibel. Sie müssen die Unsicherheit der Marktentwicklungen ebenso berücksichtigen wie mögliche Verfahrensänderungen.

Ein aktuell besonders wichtiges Anwendungsgebiet von Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist die Bewertung von verschiedenen Ernteverfahren. Angesichts einer unsicheren Entwicklung bei den Saisonarbeitskräften und einem sehr hohen Anteil der Arbeitskosten an den Gesamtkosten der Spargelproduktion stellt sich die Frage der Rationalisierung durch teilmechanisierte Ernte. In den vergangenen Jahren hat sich eine rasante Entwicklung bei den unterschiedlichen Typen von Erntehilfen vollzogen. Eine arbeitswirtschaftliche und ökonomische Bewertung von Ernteverfahren wird zurzeit im Rahmen dieses Verbundprojektes am Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt.

An dem vom BMVEL geförderten Verbundprojekt „Optimierung von Produktions-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren bei Spargel" beteiligen sich das Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., die Fachhochschule Osnabrück, die Forschungsanstalt Geisenheim, die Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt Neustadt, die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt Oppenheim, das Institut für Agrartechnik Bornim e.V. und die Humboldt-Universität zu Berlin.

Für die nächsten Jahre wird weltweit das Angebot an Spargel wachsen. Bedingt durch die zunehmende Globalisierung des Handels ist der Markt für Spargel vielfach durch saisonale Überangebote gekennzeichnet. Vor diesem Hintergrund ist es angesagt, den Qualitätserwartungen der Verbraucher nach heimischem Spargel durch optimierte Produktions-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren zu entsprechen. ■

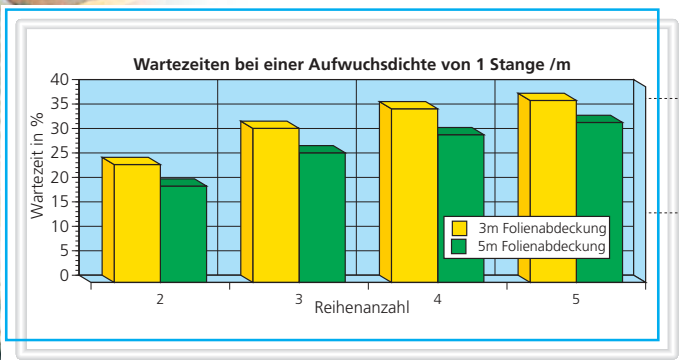


Abb. 7: Nicht selbst verursachte Wartezeit der Spargelstecher bei mehrreihigen Erntehilfen bei einem Ertrag von ca. 300 kg/ha in Abhängigkeit von der Reihenzahl und der Folienabdecklänge

Dr. Monika Schreiner, Dr. Ilona Schonhof, Dr. Stefanie Schmidt, Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, E-mail: schreiner@igzev.de

Prof. Dr. Christoph Wonneberger, Fachhochschule Osnabrück; Prof. Dr. Peter-J. Paschold, Forschungsanstalt Geisenheim; Joachim Ziegler, Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt Neustadt; Hans-R. Rohlfing, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt Oppenheim; Dr. Martin Geyer, Institut für Agrartechnik Bornim e.V.; Prof. Dr. Wolfgang Bokelmann und Jan-Peter Beese, Humboldt-Universität zu Berlin.

Behandlung frischer Anfahrschäden an Alleebäumen

Horst Stobbe, Dirk Dujesiefken, Dieter Eckstein, Uwe Schmitt (Hamburg)

Ist es nicht ein herrliches Gefühl, an einem sonnigen Tag unter dem tunnelartigen Dach von Alleebäumen auf einer Landstraße dahinzufahren? Allein in Deutschland gibt es entlang der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen noch mehrere tausend Kilometer Alleen, die insbesondere in den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Teilen Mecklenburg-Vorpommerns und Brandenburgs das Straßen- und Landschaftsbild in hohem Maße prägen. Die Alleen in den neuen Bundesländern stammen zum großen Teil noch aus dem 18. bzw. 19. Jahrhundert und sind allein aufgrund ihres Alters besonders erhaltenswert. In Mecklenburg-Vorpommern sind sie als geschützte Landschaftsbestandteile ausgewiesen. Gefährdet ist dieser einzigartige Alleenbestand insbesondere durch verkehrsbedingte Verletzungen am Stamm und am Kronenansatz, so genannte Anfahrschäden. Durch diese Verletzungen können Bäume frühzeitig absterben, was das das Erscheinungsbild von Alleen stört. Der folgende Beitrag gibt praxisnahe Empfehlungen, wie sich Baumschäden am besten behandeln lassen.

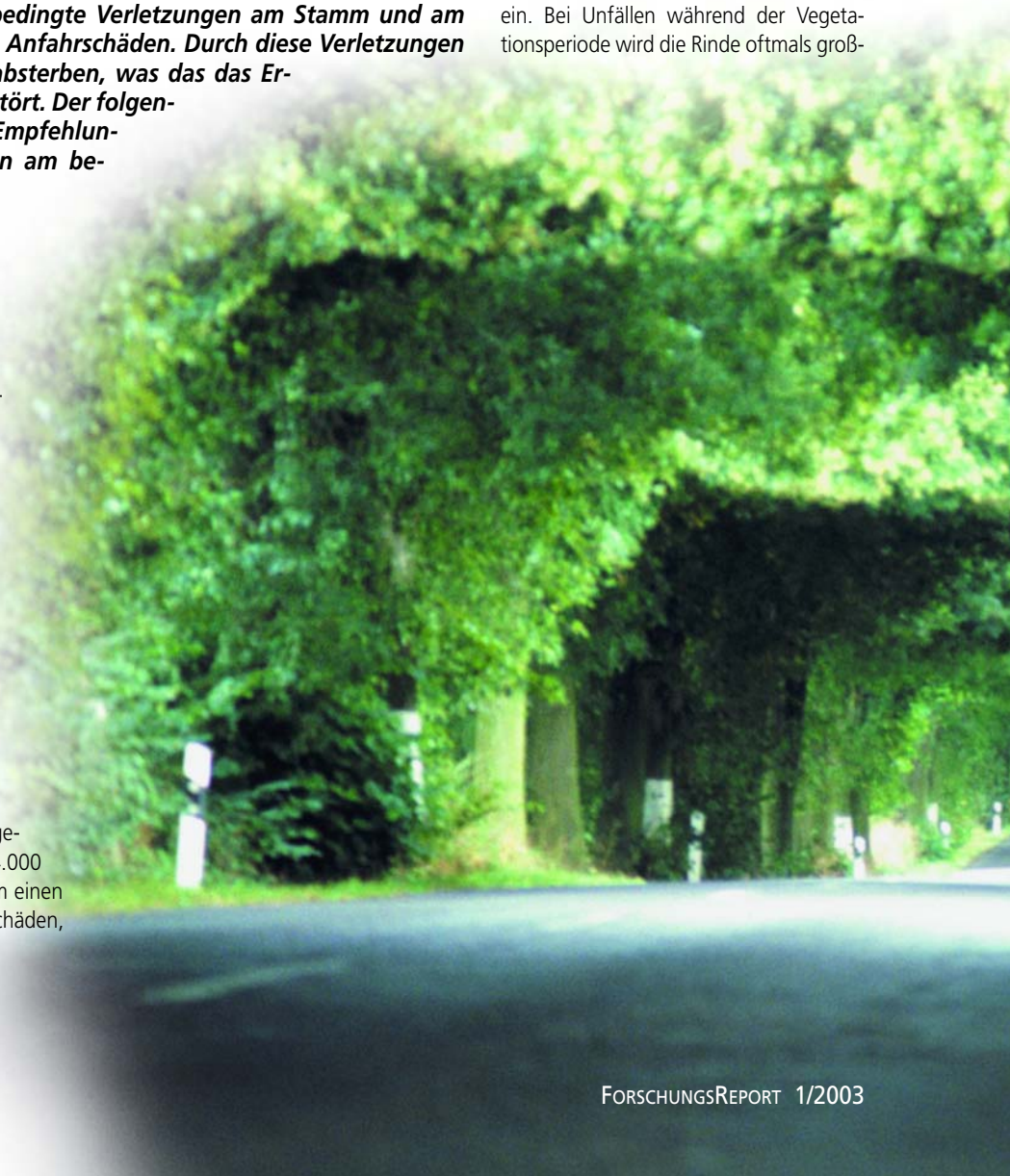
Abb. 1: Frischer Anfahrschaden an Rosskastanie.

Beschädigungen nehmen zu

Alleen haben vielseitige Funktionen für Verkehr, Umwelt und Naturschutz. Sie stellen Lebensraum und Nahrungsquelle für viele verschiedene Tierarten dar (Säugetiere, Vögel und Insekten) und sind wichtige Elemente der Biotopvernetzung.

Mit zunehmendem Verkehrsaufkommen haben Beschädigungen an Alleebäumen in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Mitte der 90er Jahre wurden in Mecklenburg-Vorpommern pro Jahr ca. 2.500 Anfahrschäden gezählt, in Brandenburg sogar ca. 4.000 pro Jahr. Hierdurch entstehen zum einen erhebliche Personen- und Sachschäden, zum anderen aber auch in hohem Maße Schäden an den Alleebäumen (Abb. 1).

Im Bereich des Aufpralls reicht die Verletzung meist bis in den Holzkörper hinein. Bei Unfällen während der Vegetationsperiode wird die Rinde oftmals groß-



flächig vom Holzkörper abgeschert, da sie sich zu dieser Zeit relativ leicht löst. An solchen Stellen entsteht nachfolgend häufig eine Fäulnis. Das ist dann meist das Todesurteil für diese Bäume, da sie aus Gründen der Verkehrssicherung frühzeitig gefällt werden müssen. Dies führt zu einem gestörten Alleenbild, das nur bedingt durch Nachpflanzungen kompensiert werden kann. Bodenverdichtung und mangelnde Bodenqualität erschweren das Anwachsen der Jungbäume, die – wenn überhaupt – erst nach vielen Jahren ihre Funktion im Gesamtbild einer geschlossenen Allee erfüllen können. Somit kommt dem Erhalt von alten Alleebäumen trotz der vorhandenen Schäden eine besondere Bedeutung zu.

Abb. 2: Querschnitt durch eine Wunde an Linde, unter dem Flächenkallus ist das Gewebe ohne Verfärbung und Fäule.

Baumchirurgie ist nicht die Lösung

In der Vergangenheit wurden Stammwunden an Alleebäumen „baumchirurgisch" behandelt, das heißt spitzelliptisch ausgeformt, die Wundfläche mit einem Splintmesser oder einer Fräse geglättet und mit einem Wundverschlussmittel bestrichen.

Seit den 80er Jahren wurde diese Vorgehensweise zunehmend in Frage gestellt, vor allem aufgrund neuer baumbiologischer Erkenntnisse zur Kompartimentierung (= baumeigene Abschottung von Verwundungen) sowie zur Wirksamkeit von Wundverschlussmitteln bzw. zur Unwirksamkeit von Holzschutzmitteln. Zahlreiche Untersuchungen ergaben übereinstimmend, dass baumchirurgische Maßnahmen eine Verfärbung im Holzkörper mit nachfolgender Fäule bei Laubbäumen meist nicht verhindern können. Deshalb wurde vielerorts auf eine Behandlung derartiger Stammwunden ganz verzichtet.

Neue Untersuchungen zur Behandlung frischer Wunden

Der neue Forschungsansatz beruht auf der Erkenntnis, dass nach unfallbedingten Rindenablösungen ein neues Gewebe nicht nur am Wundrand (Kallus), sondern auch auf der Wundfläche wachsen kann. Dieser so genannte Flächenkallus ist als botanische Besonderheit seit über 200 Jahren bekannt. Im Vergleich zur Überwallung einer Wunde von der Seite ist der Flächenkallus direkt mit dem darunter liegenden Holz verwachsen. Zudem entstehen unter einem Flächenkallus weder Verfärbungen noch Fäule im Holz (Abb. 2).

Verschiedene Beobachtungen in der Praxis haben gezeigt, dass ein vollflächiges Einstreichen der Wundfläche mit einem Wundverschlussmittel diese baumeigenen Wundreaktionen unterstützen kann. Orientierende Versuche zur Überdeckung der Schadstelle mit einer lichtundurchlässigen Kunststoff-Folie ergaben, dass hierdurch sowohl die Kompartimentierung als auch die Kallusbildung noch stärker gefördert werden kann. Darauf aufbauende Untersuchungen an künstlichen Stammverletzungen zeigten, dass offenbar alle Laubbaumarten einen Flächenkallus bilden können, wenn die Behandlung mit lichtundurchlässiger Kunststoff-Folie unmittelbar nach der Verletzung durchgeführt wird (Abb. 3).

Abb. 3: Folienabdeckung einer Wunde an Linde.

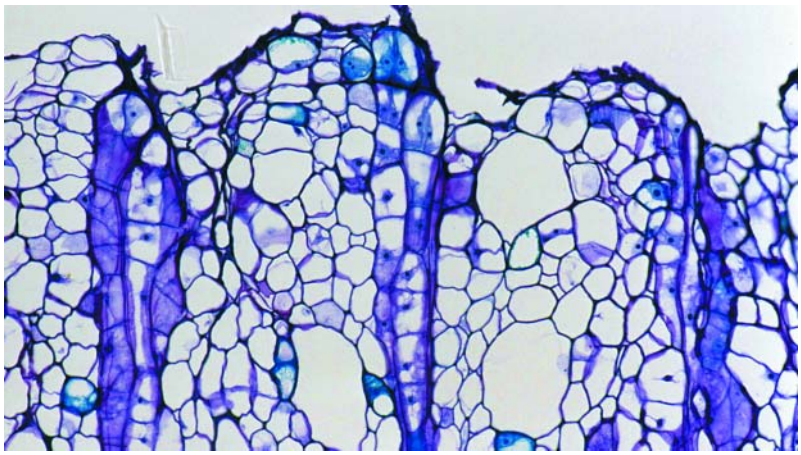
Im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, geförderten Forschungsprojekts erfolgten an der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Institut für Baumpflege und dem Ordinariat für Holzbiologie der Universität Hamburg weitergehende Untersuchungen an künstlich angelegten Wunden bei Bäumen auf Versuchsflächen sowie an unterschiedlich behandelten Anfahrschäden an Alleebäumen unter Praxisbedingungen. An 15 Laubbaumarten wurden insgesamt über 600 künstlich angelegte Wunden und in zwei Straßenmeistereien des Straßenbauamtes Schwerin 240 Anfahrschäden unterschiedlich behandelt und die Wirkung auf die Wundreaktionen der Bäume untersucht und ausgewertet. Zudem erfolgten Untersuchungen zur Entwicklung und Feinstruktur der Flächenkallus-Bildung mittels Licht- und Elektronenmikroskopie.

Entwicklung und Struktur von Flächenkallus-Gewebe

Voraussetzung für das Wachstum eines Flächenkallus-Gewebes ist, dass ausreichend viele teilungsfähige Zellen auf der Wundoberfläche unversehrt bleiben. Werden diese durch eine geeignete Wundbehandlung, zum Beispiel mit lichtundurchlässiger Kunststoff-Folie, vor Austrocknung und UV-Licht geschützt, können sich an dieser Stelle Kalluszellen entwickeln (Abb. 4). In der Folge entsteht hieraus ein deutlicher Kallusbelag auf Teilen oder der gesamten Wundfläche (Abb. 5), der sich zunächst im äußeren und anschließend im inneren Bereich umstrukturiert.

Der funktionsfähige Flächenkallus besitzt am Ende seiner Entwicklung außen eine neue Rinde als Abschlussgewebe und innen ein Wundkambium für das zukünftige Dickenwachstum (Abb. 6).

Abb. 4: Frühes Stadium der Flächenkallus-Bildung bei Linde mit zahlreichen Zellteilungen nahe der Wunde (oben).



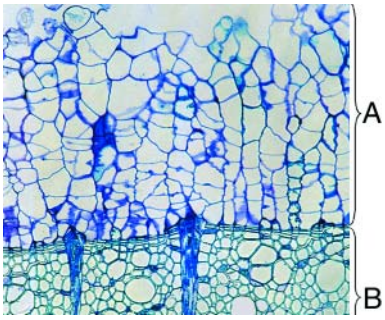


Abb. 5: Vollflächiger Belag aus Kalluszellen auf der Wunde bei Linde; A: Flächenkallus; B: vor der Verletzung gebildetes Holz.

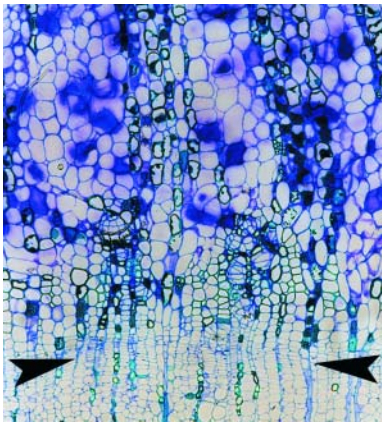


Abb. 6: Am Ende der Entwicklung hat sich, hier bei Linde, eine neue Rinde (Pfeile) und ein neues Kambium (Pfeilspitzen) aus den Kalluszellen entwickelt.

Förderung der Flächenkallus-Bildung

Die mit einem handelsüblichen Wundverschlussmittel (TERVANOL®) behandelten Anfahrschäden wiesen nur in geringerem Umfang einen Flächenkallus auf der Wundfläche auf. Zudem wurde das flächig aufgetragene Wundverschlussmittel bereits nach weniger als einem Jahr häufig rissig und blätterte teilweise oder vollständig von der Wundfläche ab. Die Folien-Behandlung führte hingegen bei etwa doppelt so vielen Wunden zu einer Flächenkallus-Bildung; teilweise war hier auf bis zu 50 % der Wunde ein Flächenkallus gebildet worden.

Die Folienbehandlung führt somit im Vergleich zum Einsatz eines Wundverschlussmittels häufiger und auf einem größeren Teil der Wundfläche zu einem Flächenkallus. Dies gilt unabhängig von der Baumart und der Jahreszeit, in der die Verletzung erfolgte. Die stärkste Flächenkallus-Bildung konnte stets dann erreicht werden, wenn Anfahrschäden schnellstmöglich, mindestens jedoch in der ersten Woche nach der Verwundung abgedeckt wurden, nach mehr als zwei Wochen zeigten die Bäume keine Reaktion mehr.

Die Flächenkallus-Bildung unterscheidet sich von einer Überwallung am Wundrand dadurch, dass das zum Zeitpunkt der Verletzung bereits vorhandene Holz unter einem Flächenkallus unverfärbt bleibt und eine Kompartimentierung der Wunde nicht notwendig ist. Hat ein Baum einen Flächenkallus auf einem Teil oder auf der gesamten Wunde gebildet, ist es ihm in diesem Bereich gelungen, die Wunde von innen heraus zu heilen. Das Gewebe unter einem Flächenkallus steht weiterhin für den Transport von Wasser und Nährstoffen sowie für die Speicherung von Reservestoffen zur Verfügung. Ein Flächenkallus verringert demnach die offene Wundfläche und somit die durch die Verletzung geschädigten und abgestorbenen Bereiche im Baum (Abb. 7). Dies verlängert die Reststandzeit des beschädigten Baumes.

Abb. 7: Flächenkallus-Bildung an Ahorn auf der linken Seite des Anfahrschadens nach Folienbehandlung.

Empfehlungen für die Praxis

Für die Behandlung von frischen Anfahrschäden können aufgrund der Untersuchungen an insgesamt 15 verschiedenen Laubgehölzen sowohl an künstlich angelegten Wunden als auch an unter Praxisbedingungen behandelten Anfahrschäden die folgenden Empfehlungen gegeben werden:

- Frische Anfahrschäden sind schnellstmöglich zu behandeln.
- Anfahrschäden, die älter als zwei Wochen sind, sollten unbehandelt bleiben, da hier eine Flächenkallus-Bildung nicht mehr möglich ist.
- Vor der Behandlung des Anfahrschadens ist die Wundfläche großzügig mit Leitungswasser einzusprühen, um den Trockenstress der Zellen auf der Wundfläche zu verringern.
- Verschmutzungen auf der Wunde können verbleiben, da ein Säubern eine mechanische Schädigung der lebenden und noch reaktionsfähigen Zellen auf der Wundfläche bedeuten würde.
- Gelöste Rinde, die noch mit der umliegenden Rinde in Verbindung steht, ist vorsichtig mit einigen Nägeln, möglichst aus Aluminium, am Stamm anzuheften, damit sie wieder anwachsen kann.
- Holzteile (Splitter), die aus der Wunde herausragen und eine enge Abdeckung der Wunde verhindern, sollten vorsichtig entfernt werden.
- Jegliche nachträgliche Ausformung der Wunde und der Wundfläche mit schneidenden Werkzeugen muss unterbleiben, da hierdurch die Flächenkallus-Bildung verhindert und zudem die Wunde vergrößert wird.
- Frische Anfahrschäden sind ca. drei bis fünf Zentimeter über den Wundrand hinaus mit einer lichtundurchlässigen Kunststoff-Folie abzudecken. Die Folie wird hierfür mit Heftklammern auf der Borke befestigt.
- Mehrere kleine, nebeneinander liegende Wunden können mit einer großen Folie gemeinsam abgedeckt werden.
- Die Folie kann ca. ein Jahr nach Behandlung des Anfahrschadens abgenommen werden, da danach keine weiteren positiven Auswirkungen mehr zu erwarten sind.

Dr. H. Stobbe, Institut für Baumpflege, Brookkehre 60, 21029 Hamburg; während der Projektlaufzeit Doktorand am Ordinariat für Holzbiologie der Universität Hamburg; Dr. D. Dujesiefken, Institut für Baumpflege, 21029 Hamburg; Prof. Dr. D. Eckstein, Ordinariat für Holzbiologie der Universität Hamburg, verbunden mit dem Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg; Dr. U. Schmitt, Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg, E-mail: eckstein@holz.uni-hamburg.de

Halmbruch bei Weizen

Neue Resistenzquellen erweitern die resistenzgenetische Basis

Annelies Thiele, Erika Schumann, Andreas Peil, W. Eberhard Weber (Halle) und Volker Lind (Aschersleben)

Unter den zahlreichen Krankheitserregern bei Getreide ist der Pilz Pseudocercosporella herpotrichoides – der Auslöser der Halmbruchkrankheit – von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Die Krankheit kann die Erträge um bis zu 40 % vermindern. Zwar gibt es mehrere Fungizide zur Bekämpfung des Pilzes, seit einigen Jahren wird aber beobachtet, dass der Erreger Resistenzen gegen einzelne Pflanzenschutzmittel ausbildet. Neben dieser für den Landwirt negativen Erscheinung nutzen die Züchter die im Getreide vorhandenen Resistenzen in einem für sie vorteilhaften Sinne: durch die Züchtung von Sorten, die ihrerseits resistent gegen diesen Pilz sind. Dabei werden jedoch seit Jahrzehnten nur zwei Resistenzquellen genutzt. Resistenzanpassungen sind nicht auszuschließen. Wissenschaftler der Martin-Luther-Universität in Halle und der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) haben daher nach neuen Resistenzquellen gegen den Erreger gesucht mit dem Ziel, diese in Züchtungsprogramme zu integrieren.

Die Halmbruchkrankheit ist in allen Getreideanbaugebieten mit milder Winter- und feuchtkühler Frühjahrswitterung an Weizen, Roggen und Wintergerste zu beobachten. Es handelt sich um eine typische Fruchtfolgekrankheit, die durch eine frühe Herbstaussaat, dichte Bestände, infektionsfähige Stoppelreste im Boden sowie anfällige Sorten begünstigt wird. Die Ernteverluste schwanken je nach Witterungsverlauf und können bis zu 40 % betragen.

Die Krankheit und ihr Erreger

Bei dem Erreger *Pseudocercosporella herpotrichoides* handelt es sich um einen parasitischen Pilz aus der Gruppe der Ascomyceten. Aufgrund von Kolonie- und Konidienmerkmalen werden drei *Pseudocercosporella*-Arten unterschieden. Wirtschaftlich bedeutend ist lediglich die Art *P. herpotrichoides*. Man unterscheidet zwischen den zwei Varietäten *var. herpotrichoides* und *var. acuformis*. Beide unterscheiden sich in manchen Eigenschaften,

verursachen aber die gleichen Symptome. Zurzeit kommt im Feld die Varietät *herpotrichoides* am häufigsten vor.

Infizierte junge Getreidepflanzen weisen unspezifische Verbräunungen an den äußeren Blattscheiden auf. Später folgen dann typische 'Augenflecken' an der Halmbasis (Abb. 1). Diese gehen ohne scharfe Abgrenzung ins gesunde Gewebe über und bilden im Bereich der Flecken ein watteartiges Myzel (Pilzgeflecht). Nach dem Eindringen des Pilzes in den Halm vermorscht die Stängelbasis. Dadurch wird der Wasser- und Nährstofftransport gestört; bei starkem Wind und Regen kommt es zum Umknicken der Halme, dem so genannten parasitären Lager (Abb. 2). Als Folge der Halmbruchkrankheit vollziehen die Pflanzen eine Notreife, die die Kornzahl pro Ähre vermindert und zu geringeren Korngrößen führt. Daneben können auch erhebliche Schwierigkeiten bei der Ernte auftreten.

Abb. 1: Augenflecksymptome an der Halmbasis

Es gibt verschiedene vorbeugende Möglichkeiten, die Krankheit zu bekämpfen: etwa das sorgfältige Einarbeiten von Stoppelresten, ein später Saattermin zur Verringerung der Herbstinfektion, eine weite Getreidefruchtfolge, Einkürzungsmaßnahmen des Halmes zur Beseitigung der Lagergefahr und der Anbau von resistenten Sorten. Der Landwirt muss alle pflanzenbaulichen und standortspezifischen Risikofaktoren sorgfältig bewerten, um optimal gegen die Krankheit vorgehen zu können.

Abb. 2: Resistenzprüfung Freiland Lager

Dünne Basis für Resistenzen

Die Züchtung von Weizensorten, die gegen den Erreger der Halmbruchkrankheit resistent sind, beschränkt sich bisher weitgehend auf zwei Resistenzquellen. Den einen Donor für Resistenz stellt die alte französische Weizensorte ‚Cappelle Desprez' dar. Die Resistenzeffekte gehen von den Chromosomen 7A, 2B und 5D aus; die Hauptwirkung beruht auf dem Gen *Pch2,* das auf dem langen Arm des Chromosoms 7A lokalisiert ist. Die Resistenz von ‚Cappelle Desprez' ist bei starkem Infektionsdruck jedoch nicht in der Lage, die Pflanzen ausreichend zu schützen. Bei einer großen Anzahl der heutigen Weizensorten wie ‚Batis', ‚Aristo', ‚Ritmo' und ‚Bandit' ist im Pedigree die Sorte ‚Cappelle Desprez' enthalten.

Die zweite Resistenzquelle stammt aus einer mit dem Weizen nahe verwandten Pflanze, dem Wildgras *Aegilops ventricoa.* Hier beruht die Resistenz auf dem dominanten Gen *Pch1,* das auf dem langen Arm des Chromosoms 7D nachgewiesen wurde. Der Schutz von Weizenpflanzen mit dieser Resistenz ist deutlich besser als der aus ‚Cappelle Desprez'. Inzwischen sind in Deutschland fünf Sorten mit dem Resistenzgen *Pch1* zugelassen (‚Cardos', ‚Certo', ‚Hybnos 1', ‚Piko', ‚Renan'), die aber bislang noch keine große Anbauverbreitung erreicht haben.

Die Resistenzgrundlage künftiger Sorten ist damit sehr eng. Sobald solche Sorten in großem Maße angebaut werden und der Selektionsdruck auf den Erreger zunimmt, ist nicht auszuschließen, dass sich der Erreger anpasst und die Resistenz der Pflanzen zusammenbricht.

Da außerdem der Erreger seit Beginn der 80er Jahre zunehmend unempfindlich gegen Fungizide mit dem Wirkstoff Carbendazim wird und es seit Anfang der 90er Jahre auch erste Hinweise auf Resistenz gegen den Wirkstoff Prochloraz gibt, ist die Suche nach weiteren Resistenzquellen eine wichtige Aufgabe in der Resistenzzüchtung gegenüber Halmbruch. Verschiedene Forschungsgruppen haben Hinweise auf weitere Resistenzen in den Pflanzen *Aegilops kotschyi, Triticum monococcum* und *Haynaldia villosa* gefunden.

Das Forschungsprojekt

Am Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz der Martin-Luther-Universität Halle und der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) in Zusammenarbeit mit der Saatzucht Hadmersleben wurde in einem Forschungsvorhaben *Aegilops kotschyi* (Abb. 3) als Resistenzdonor intensiv züchterisch bearbeitet. Das Projekt wurde vom Bun-

Abb. 3: Ausgangseltern links: Triticum aestivum; rechts: Aegilops kotschyi

Abb. 4: links: Aegilops kotschyi; Mitte: F1-Bastard; rechts: Triticum aestivum (Weizen)

desministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und die Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP) finanziell gefördert.

Die geringe Anfälligkeit der *Ae. kotschyi*-Herkunft AE 120 im Jungpflanzenstadium konnte erstmals 1982 nachgewiesen werden. Da das Genom von dem des Kulturweizens und dem von *Ae. ventricosa* abweicht, liegt die Vermutung nahe, dass es sich um eine andere, im Weizen noch nicht vorhandene Resistenzgrundlage handeln muss.

Wir hatten uns zum Ziel gesetzt, Weizenlinien zu entwickeln, die eine Resistenz gegen die Halmbruchkrankheit auf der Basis von *Ae. kotschyi* ausbilden. Dafür wurden die drei anfälligen Qualitätssorten ‚Alidos', ‚Borenos' und ‚Kontrast' mit Pollen der *Ae. kotschyi*-Herkunft AE 120 bestäubt. Die F1-Nachkommenschaften (Abb. 4) waren pollensteril, sehr früh und kurz sowie stark spindelbrüchig. Um diese negativen Eigenschaften zu eliminieren erfolgte zur Verdrängung der Wildtyp-Eigenschaften eine zweimalige Rückkreuzung sowohl mit den Saatweizeneltern als auch – auf Grund einer mangelnden Blühsynchronisation – mit anderen Saatweizensorten. Aus den Nachkommenschaften dieser Rückkreuzungen lasen wir mit Hilfe von Jungpflanzen- und Feldprüfungen die Linien mit der höchsten Resistenz aus. Die in Frage kommenden Linien wurden auch mit einem an der BAZ speziell für den quantitativen Nachweis von *P. herpotrichoides* entwickelten ELISA-Test (Bestimmung der Menge an Pilzprotein in den Halmen) untersucht. Die daraus abgeleiteten F6- bis F8-Linien wurden in den Jahren 1998 bis 2000 weiteren Resistenzprüfungen unterzogen, um die in den Vorjahren ermittelten Befallswerte zu überprüfen und die besten Linien hinsichtlich Resistenz aufzufinden.

Resistenzprüfungen

Die Resistenzprüfungen erfolgten in zwei Schritten. Jungpflanzen wurden im Gewächshaus geprüft. Dabei inokulierten wir die Pflanzen mit beiden Varietäten des Erregers entweder durch zweimaliges Besprühen mit einer Myzelsuspension (2 g Myzel/Pflanzkiste) im 1-Blattstadium oder mit Myzel-bewachsenen Weizenkörnern (15–22 g/m²) zu Beginn der Bestockung. Die Umgebungsbedingungen boten dem Pilz optimale Entwicklungsmöglichkeiten (ca. 10 °C und 80 % Luftfeuchtigkeit).

Bei den Resistenzprüfungen an älteren Pflanzen im Freiland erfolgte die Inokulation entweder mit Myzel-bewachsenen, gequetschen Haferkörnern (ca. 30 g/m²) oder mit Myzel-bewachsenen Weizenkörnern (15–22 g/m²) gleich nach dem Aufgang. Die Befallsbeurteilung erfolgte zur Zeit der Milchreife an 25 Halmen je Parzelle anhand der Symptome an der Halmbasis oder an 10 Pflanzen je Parzelle mit Hilfe des ELISA-Testes. Darüber hinaus wurden in jeder Resistenzprüfung bekannte anfällige und resistente Vergleichssorten mitgeprüft, die als Bezugsbasis für die Einstufung in die drei Resistenzgruppen ‚resistent', ‚mittel' und ‚anfällig' dienten. Diese Klassifizierung sollte zur besseren Vergleichbarkeit verschiedener Versuche und Jahre beitragen.

Resistenzselektion

Bei den dreijährigen Resistenzprüfungen von 34 am intensivsten bearbeiteten Linien konnten wir Unterschiede in der Befallssituation im Gewächshaus (Jungpflanzen) und im Freiland (ältere Pflanzen) feststellen (Tab. 1).

Die Jahreswitterung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Infektionsbedingungen im Freiland. Infolge eines milden Winters und ausreichender Niederschläge im Frühjahr waren die Infektionsbedingungen im Jahr 2000 besonders günstig und der Befall entsprechend stark. Das Resistenzniveau war in den drei

Tab. 1: Vergleich des Krankheitsbefalls in Gewächshaus und Freiland in drei Prüfjahren

	1998	1999	2000
Jungpflanzentest			
Mittelwert des Befalls	2,06	2,71	2,23
Spannweite	1,64–2,44	2,26–3,32	1,83–2,81
Freilandtest (DC 75)			
Mittelwert des Befalls	5,4	5,8	6,9
Spannweite	4,0–6,7	4,3–7,1	5,8–8,1
Halmbruch			
Mittelwert des Befalls		1,5	6,1
Spannweite		1,0–5,5	1,0–8,5

Versuchsjahren unterschiedlich. Im dreijährigen Mittel konnte die Mehrzahl der 34 Linien in die mittlere Gruppe – ähnlich wie ‚Cappelle Desprez' – eingestuft werden.

Häufig zeigten sich erhebliche Unterschiede in der Jugend- und der Feldresistenz. Wir konnten aber Linien finden, die in beiden Entwicklungsstadien Resistenz zeigten. Sowohl in der Jungpflanzenprüfung als auch im älteren Stadium zeigen vor allem Auslesen aus den Familien 6018-96, 6441-96 und 6504-96 in den drei Versuchsjahren ein mittleres Resistenzniveau, das signifikant besser war als bei anfälligen Weizensorten des Versuches, sich aber nicht signifikant von ‚Cappelle Desprez' unterschied. Das beste Resistenzniveau und beachtliche Erträge erreichten 12 Auslesen, die mit Sorten mit dem Resistenzgen *Pch1*, mit *Pch2* und ohne eines dieser Gene verglichen wurden (Tab. 2).

Die Höhe des Ertrages auf dem Infektionsfeld war im Jahr 2000 deutlich abhängig vom Resistenzgrad der Genotypen. Das Mittel aller 12 Auslesen lag über ‚Trakos', der besten anfälligen Sorte.

Aus Gründen einer stabilen Resistenz sollte auf eine möglichst hohe Feldresistenz Wert gelegt werden. Zur Erreichung einer hohen Jungendresistenz steht bereits das Gen *Pch1* zur Verfügung. Ein Mangel besteht daher an Genen, die im adulten Stadium hoch wirksam sind.

Eine Verbesserung der Resistenz gegen *P. herpotrichoides* könnte am ehesten durch eine Kombination der hier vorgestellten Resistenz aus *Ae. kotschyi* mit den bekannten Resistenzgenen erreicht werden.

Tab. 2: Resistenzuntersuchungen und Ertrag der 12 besten Auslesen im Vergleich zu den Standards. Resistenzklassen: r = resistent, m = mittel, a = anfällig

Auslesen/Sorten	Familie	Jungpflanzen-test	Milchreife DC 75	Halmbruch zur Reife	Ertrag (dt/ha)
5005-97	6018-96	2,21 m	5,1 m	2,5	64,3
6069-97	6504-96	2,16 m	5,3 m	3,2	59,6
6070-97	"	1,92 m	5,5 m	3,0	60,4
6072-97	"	2,04 m	5,5 m	3,3	62,0
5897-97	6441-96	2,50 m	5,5 m	1,8	64,7
5913-97	"	2,36 m	5,6 m	3,0	62,9
6071-97	6504-96	2,06 m	5,7 m	2,8	61,0
5006-97	6018-96	2,20 m	5,7 m	4,0	59,0
5835-97	6429-96	2,18 m	5,8 m	5,0	56,5
5944-97	6446-96	2,32 m	5,8 m	3,0	60,0
5949-97	6447-96	2,32 m	5,8 m	4,0	61,5
5882-97	6439-96	2,50 m	5,8 m	3,3	66,6
Mittel über Auslesen		**2,23 m**	**5,6 m**	**3,2**	**61,5**
Cardos *(Pch1)*		1,24 r	4,1 r	1,2	68,9
Rendezvous *(Pch1)*		1,22 r	3,4 r	1,0	62,9
Batis *(Pch1)*		1,91 m	6,4 m	2,0	67,6
Cappelle Desprez *(Pch2)*		2,21 m	5,8 m	7,2	49,1
Alidos		3,09 a	7,4 a	6,5	50,9
Borenos		2,98 a	7,5 a	7,7	48,0
Kontrast		2,84 a	7,2 a	4,5	59,8
Mikon		3,53 a	7,7 a	4,2	46,8
Sperber		2,69 a	6,6 a	4,2	55,6
Trakos		3,17 a	7,5 a	4,3	61,0
Zentos		2,92 a	7,4 a	4,2	56,3

Resistenzprüfung Jungpflanzen: als Kriterium für die Befallsstärke der Pflanzen diente die Anzahl der vom Pilz durchwachsenen Blattscheiden (Penetrationsresistenz)
Resistenzprüfung Freiland: anhand der Symptome an der Halmbasis (Halmresistenz, Skala 1–9 mit 1 = gesunde Halme, ohne Befallssymptome, 9 = Halme mit starkem Befall)

Fazit

Durch dreijährige Resistenzprüfungen in Gewächshaus und Freiland wurden aus zahlreichen Nachkommen der Kreuzungen zwischen Weizensorten und *Ae. kotschyi* verschiedene Linien mit Resistenz gegen Halmbruch selektiert und charakterisiert. Das Resistenzniveau aus *Ae. kotschyi* erreichte nicht das hohe Niveau der Resistenz aus *Ae. ventricosa,* sondern entspricht etwa dem von ‚Cappelle Desprez'. Im Mittel über drei Jahre konnten 12 Linien gleich oder besser als ‚Cappelle Desprez' eingestuft werden. Bei der Ertragsermittlung unter Infektionsbedingungen lagen diese 12 Linien deutlich über ‚Cappelle Desprez', was wahrscheinlich auch auf ihre bessere Standfestigkeit zurückzuführen ist.

Eine Verbesserung der Resistenz gegenüber dem Erreger der Halmbruchkrankheit könnte am ehesten durch eine Kombination aller bekannten Resistenzgene erreicht werden. Zum Nachweis solcher Kombinationen sind allerdings Marker für die Resistenz eine Voraussetzung. Solche sind für *Pch1* (Endopeptidase-Test) und *Pch2* (RFLP-Marker) bereits vorhanden. Für *Ae. kotschyi* und andere noch zu erschließende Resistenzquellen fehlen sie aber noch. ■

Dr. Annelies Thiele, Dr. Erika Schumann, Dr. Andreas Peil und Prof. Dr. W. Eberhard Weber, Martin-Luther-Universität, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle, E-mail: schumann@landw.uni-halle.de

Dr. Volker Lind, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Resistenzressourcen, Theodor-Roemer-Weg 4, 06449 Aschersleben, E-mail: v.lind@bafz.de

Schwefel – für gesunde Pflanzen und gesunde Menschen

Elke Bloem, Silvia Haneklaus und Ewald Schnug (Braunschweig)

Schwefel war bis Ende der 70er Jahre hauptsächlich als Schadstoff in Verbindung mit saurem Regen ein Thema und wurde nur wenig als eines der Hauptnährelemente der Pflanzenernährung untersucht. Eine zusätzliche Düngung der Kulturpflanzen mit Schwefel war aufgrund des Eintrags durch die Luft nicht erforderlich. Auf dem Gebiet der alten Bundesrepublik waren die Maßnahmen zur Rauchgasentschwefelung jedoch so effektiv, dass bereits Anfang der 80er Jahre bei schwefelbedürftigen Kulturen Mangelerscheinungen beobachtet wurden. Heute sind davon fast alle landwirtschaftlichen Kulturen betroffen. Die neuen Bundesländer sind demgegenüber von dieser Entwicklung weitgehend verschont geblieben, da durch die bis in die 90er Jahre hinein stattfindende Braunkohleverbrennung noch ausreichend Schwefelreserven im Boden vorhanden sind. Auch die geringeren Niederschläge im Osten verzögern dort die Auswaschung des Nährstoffs aus dem Boden. Seit Anfang der 80er Jahre beschäftigt sich eine Arbeitsgruppe der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) mit den verschiedenen Aspekten der Schwefelversorgung von Kulturpflanzen. Die Schwefelversorgung steht in engem Zusammenhang sowohl mit der Gesundheit der Pflanze als auch – für den Verbraucher besonders interessant – mit dem gesundheitlichen Wert pflanzlicher Nahrungsmittel.

Funktion von Schwefel

Schwefel wird in Form von Sulfat von der Pflanze aus dem Boden aufgenommen und in die Aminosäure Cystein eingebaut. Daraus werden alle weiteren schwefelhaltigen Inhaltsstoffe gebildet, beispielsweise die Aminosäure Methionin, das Tripeptid Glutathion, verschiedene Eiweißverbindungen sowie sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Einige dieser Bestandteile sind von pharmazeutischer Bedeutung, erfüllen aber gleichzeitig auch wichtige Funktionen innerhalb der Pflanze.

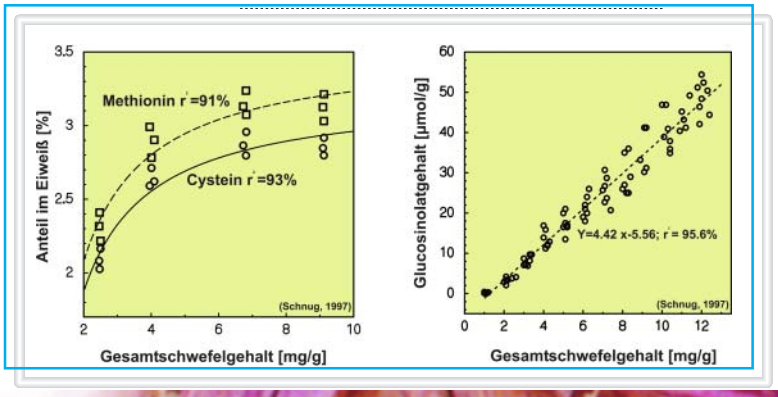
Schwefel – Nahrungsmittelqualität

In einer breiten Palette von Lebensmitteln ist Schwefel in geschmacksbestimmenden Verbindungen enthalten, so in Zwiebeln, Knoblauch, Senf, Radieschen und Schnittlauch, die dadurch ihre typische Schärfe erhalten. Auch für den spezifischen Geschmack und Geruch der verschiedenen Kohlsorten und des Spargels sind Schwefelverbindungen verantwortlich.

Die Erhöhung der qualitativ wertvollen schwefelhaltigen Inhaltsstoffe ist einer der Forschungsschwerpunkte am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL in Braunschweig. Feldversuche geben Aufschluss über optimale Schwefeldüngung sowie Erntetechnik und Zeitpunkt.

Zu den charakteristischen schwefelhaltigen Inhaltsstoffen aller Kohlsorten zählen die Glucosinolate. In diese Stoffgruppe gehören mehr als 130 verschiedene Einzelverbindungen, die alle eine Zuckereinheit und eine Sulfatgruppe besitzen. Medizinische Studien zeigen, dass Glucosinolate das Krebsrisiko, insbesondere das von Lungen- und Darmkrebs, reduzieren. Daher ist der Verzehr von Kohl besonders empfehlenswert. Allerdings stellt die Instabilität der Glucosinolate ein Problem dar: Beim Zerschneiden der Pflanze kommen Enzym und Substrat, die getrennt nebeneinander im Pflanzengewebe vorliegen, in Kontakt, und ein rascher Abbau setzt ein. Der charakteristische Geruch bei der Zubereitung von Kohl ist ein Resultat dieses Abbaus.

Abb. 1: Einfluss der Gesamtschwefelgehalte auf die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein am Gesamtproteingehalt und den Glucosinolatgehalt in jungen Blättern von Brassica oleracea.



Die Düngungsversuche an der FAL zeigten, dass die Schwefelversorgung signifikant den Glucosinolatgehalt beeinflusst. Mit dem Gesamtschwefelgehalt, der ein Indikator für die Schwefelversorgung der Pflanze ist, steigt sowohl der Anteil an schwefelhaltigen Aminosäuren als auch der Glucosinolatgehalt bei Grünkohl an (Abb. 1). Auch produktionstechnische Maßnahmen wie Trocknung und Lagerung und klimatische Faktoren entscheiden über den Glucosinolatgehalt.

Schwefel – auch von pharmazeutischer Bedeutung

Die Tatsache, dass sich der Glucosinolatgehalt durch eine Schwefeldüngung signifikant steigern lässt, ist auch für die Phytopharmaka-Industrie bedeutungsvoll, da einige glucosinolathaltige Pflanzen speziell für pharmazeutische Zwecke angebaut werden. Ein Beispiel ist die Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*). Sie enthält nur ein einzelnes Glucosinolat, das Glucotropaeolin (GTL), welches antibiotisch wirksam ist und bei Harnwegsinfektionen und Bronchitis mit einer Tagesdosis von 130–260 mg empfohlen wird.

Das Forschungsteam der FAL analysierte in ungedüngten Gesamtpflanzen von *T. majus* einen relativ geringen GTL-Gehalt von rund 10 mg pro Gramm Trockensubstanz, so dass 13–26 g des getrockneten Materials nötig wären, um den Tagesbedarf zu decken. Wie bei Kohlgewächsen (Brassicaceen) lassen sich jedoch auch bei der Kapuzinerkresse die Gehalte über die Düngung (25–50 kg S/ha) steigern, und zwar um rund 13,5 mg pro Gramm Trockensubstanz in jungen Blättern. Eine optimierte Schwefelversorgung erhöht daher auch im Arzneipflanzenanbau signifikant die Qualität des Produkts.

Gesundes Gemüse: Zwiebelgewächse

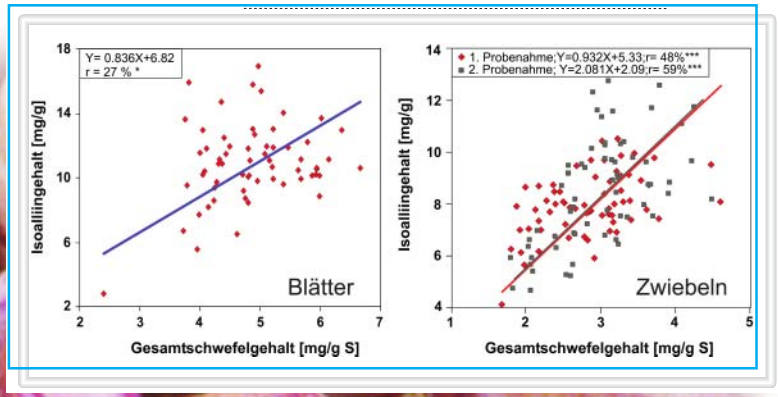
Alk(en)ylcysteinsulfoxide, deren vorherrschende Form bei Knoblauch als Allin und bei Küchenzwiebeln als Isoalliin bezeichnet wird, sind die typischen schwefelhaltigen Inhaltsstoffe der Zwiebelgewächse (Alliumgewächse). Alk(en)-ylcysteinsulfoxide sind ähnlich instabil wie Glucosinolate. So ist von der Küchenzwiebel bekannt, dass nach Verletzung des pflanzlichen Gewebes 93 % des Isoalliins innerhalb von 2–3 Minuten abgebaut werden. Das Zerfallsprodukt, Allicin, bedingt den typischen Geruch.

Zwiebeln und Knoblauch wurden bereits sehr früh zu Heilzwecken eingesetzt, da sie die Verdauung unterstützen und kleine Verbrennungen, Asthma und Bronchitis lindern. Die positiven Effekte auf den Blutdruck, auf Gefäßerkrankungen, Thrombosen, Arteriosklerose, rheumatische Arthritis und die Plättchenaggregation im Blut wurden viel später entdeckt und sind Ursache für die vielen Knoblauchpräparate am Markt. Bei Zwiebelgewächsen stellt sich ein ähnliches Problem wie bei glucosinolathaltigen Pflanzen: Die natürliche Wirkstoffkonzentration ist oftmals so niedrig, dass relativ große Mengen des frischen oder getrockneten Produkts verzehrt werden müssen, um die pharmazeutisch wirksame Dosis aufzunehmen. Daher werden vielfach alkoholische Extrakte hergestellt, in denen der Wirkstoff aufkonzentriert wird. Die hohe Nachfrage nach Knoblauchtabletten zeigt jedoch, dass der Verbraucher für den täglichen Gebrauch Produkte ohne Alkohol bevorzugt. Daher bietet sich auch hier eine Erhöhung der Wirkstoffkonzentration im Pflanzenmaterial an.

Kapuzinerkresse im Feldanbau in der FAL Braunschweig

Ähnlich den Glucosinolaten, wird auch der Alk(en)ylcysteinsulfoxidgehalt positiv von der Schwefelversorgung beeinflusst (Abb. 2). Die Gehalte konnten durch Schwefeldüngung im Feldversuch nahezu verdoppelt werden.

Abb. 2: Veränderung des Isoalliingehaltes in Blättern und Zwiebeln von Allium cepa in Abhängigkeit von der Schwefelversorgung der Pflanze



Glutathion – das Entgiftungssystem der Zelle

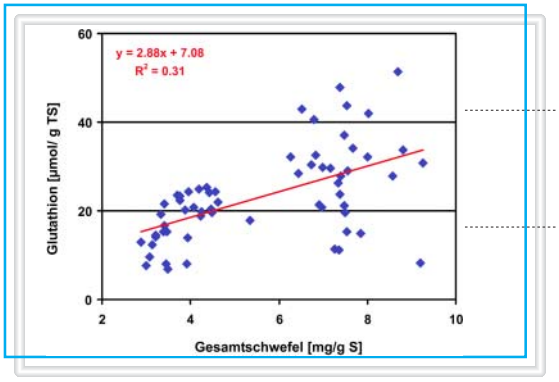
Glutathion ist ein aus drei Aminosäuren aufgebautes Tripeptid (Glycin, Glutamat und Cystein), das sowohl in pflanzlichen wie tierischen Zellen vorkommt. Glutathion spielt eine wichtige Rolle bei der Entgiftung von Schwermetallen, beim Abbau verschiedener krebserregender Substanzen und hat eine wichtige Funktion im Immunsystem des Menschen. Es überführt zum Beispiel die Vitamine C und E in ihre aktive Form und bewahrt die Zelle so vor schädlichen freien Radikalen. Die höchsten Glutathion-Konzentrationen finden sich in Zellen der Leber, Nieren und Lunge. Vor allem übermäßiger Alkoholkonsum verringert den Glutathiongehalt in Blut und Leber. Mit der Nahrung aufgenommenes Glutathion soll zu einem direkten Anstieg der Gehalte im Blut führen. Daneben gibt es verschiedene Arzneimittel, die entweder Glutathion enthalten oder die Glutathion-Biosynthese im Körper anregen sollen.

Von den Gemüsepflanzen enthalten Spargel mit 26 mg, Wassermelone mit 28 mg und Avocados mit 31 mg je 100 g besonders hohe Glutathiongehalte. An der FAL wurde untersucht, inwieweit sich auch der Glutathiongehalt durch eine Schwefeldüngung erhöhen läßt. Die bislang durchgeführten Feldversuche haben jedoch zu uneindeutigen Ergebnissen geführt: Die Schwefeldüngung führte zwar zu einem signifikanten Anstieg der Vorstufe Cystein (wie bereits für Grünkohl gezeigt), der Glutathion-Gehalt wurde jedoch von weiteren Faktoren beeinflusst, wobei ein wesentlicher Faktor die Gesundheit der Pflanze selbst zu sein schien.

Schwefel und die pflanzliche Gesundheit

Neben dem gesundheitlichen Aspekt für den Menschen erfüllen die dargestellten pflanzlichen Inhaltsstoffe auch wichtige Funktionen innerhalb der Pflanze, zum Beispiel hinsichtlich der Resistenz gegenüber Pilzerkrankungen. Aufmerksam wurden die Wissenschaftler auf dieses Phänomen Anfang der 90er Jahre, als mit dem drastischen Rückgang der atmosphärischen Schwefeldioxidgehalte plötzlich vermehrt Pilzkrankheiten auftraten. So wurden bei der schwefelbedürftigen Kultur Raps vermehrt Infektionen mit Cylindrosporiose, Rapsschwärze und Rapskrebs beobachtet.

Abb. 3: Veränderung der Glutathiongehalte bei Raps in Abhängigkeit von der Schwefelversorgung auf einem Schwefelmangelstandort mit extrem hohem Infektionsdruck durch Pyrenopeziza brassicae.



Schwefelmangel an Raps

Das Team im FAL-Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde konnte in Zusammenarbeit mit dem Scottish Agricultural College in Aberdeen (Schottland) nachweisen, dass eine Bodendüngung mit Schwefel zu einem signifikanten Ertragsanstieg und einer deutlichen Reduzierung des Krankheitsbefalls führte. Daraus resultierte ein weiterer Forschungsschwerpunkt des Instituts, nämlich die Analyse der Mechanismen, die mit der „schwefel-induzierten Resistenz" in Verbindung stehen. Ziel ist es, die natürliche Resistenz der Pflanzen zu erhöhen und dadurch den Einsatz von Fungiziden vermindern zu können. Wichtige Mechanismen dürften dabei die Ausscheidung gasförmiger schwefelhaltiger Verbindungen (z.B. H_2S) über das Blatt, der Glutathion-Stoffwechsel und die Bildung sekundärer schwefelhaltiger Metabolite sein.

So erfüllt zum Beispiel Glutathion nicht nur beim Menschen Entgiftungsfunktionen, sondern wird auch von der Pflanze bei Pilzbefall und anderen Stress-Situationen angereichert. Untersuchungen zum Einfluss der Schwefelversorgung auf den Glutathiongehalt lieferten in Feldversuchen standortabhängig unterschiedliche Ergebnisse, wobei vermutlich der Infektionsdruck ausschlaggebend war. So konnte auf einem Standort mit leichter Pilzinfektion bei mittlerer Schwefelversorgung eine gleichbleibend hohe Glutathion-Konzentration gemessen werden, die sich durch Schwefeldüngung nicht veränderte. Dagegen zeigte sich bei einem hohen pilzlichen Infektionsdruck in Verbindung mit einer schlechten natürlichen Schwefelversorgung ein signifikanter Anstieg der Glutathiongehalte durch Schwefeldüngung (Abb. 3).

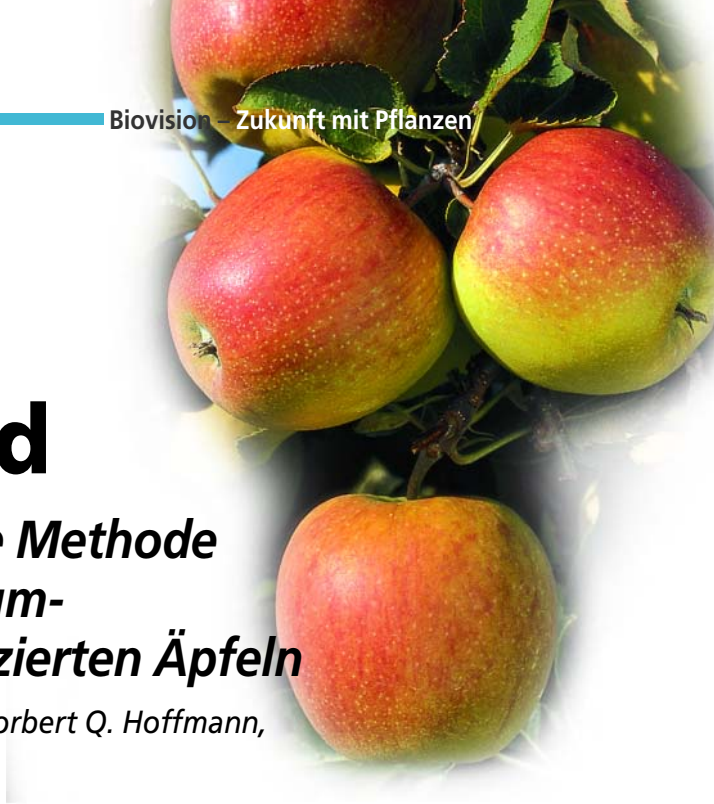
Die Förderung der natürlichen Resistenz der Pflanze ist von großer Bedeutung insbesondere für den Ökologischen Landbau, der auf synthetische Pflanzenschutzmittel verzichtet. Doch auch im konventionellen Landbau schont ein geringerer Fungizideinsatz die Umwelt.

Nährstoff-Ungleichgewichte

Zum Schluss sei noch darauf hingewiesen, dass eine unausgewogene Nährstoffversorgung insbesondere im Hinblick auf Stickstoff extrem problematisch für die Qualität landwirtschaftlicher Produkte ist. Da sowohl Schwefel als auch Stickstoff Bestandteile von Aminosäuren sind, werden sie gemeinsam für die Eiweiß-Synthese benötigt. Schwefelmangel bedeutet stets eine verminderte Ausnutzung des Düngerstickstoffs, was zu unerwünschten Austrägen in die Umwelt führt, aber auch zur Anreicherung von Stickstoffverbindungen wie Amiden und Nitrat im Pflanzenmaterial, welches zu giftigem Nitrit umgesetzt werden kann. Eine ausgewogene Nährstoffversorgung unterstützt daher generell die „gesunde Pflanze".

Die noch weitgehend ungeklärten Zusammenhänge der so genannten „schwefel-induzierten Resistenz" werden zurzeit von einer durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschergruppe (FOR 383) untersucht. In diesem Projekt arbeiten die Universitäten Braunschweig, Heidelberg, Hannover und Freiburg, das IPK Gatersleben, das Max-Planck-Institut Jena sowie das Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL zusammen. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit ist es erstmals möglich, agronomische Aspekte der schwefel-induzierten Resistenz mit molekularbiologischen und genetischen Untersuchungsmethoden zu kombinieren und klassische Grundlagenforschung sinnvoll mit einem praktischen Ansatz zu verbinden. ■

Dr. Elke Bloem, Dr. Silvia Haneklaus, Prof. Dr. Dr. Ewald Schnug, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-mail: elke.bloem@fal.de



Heißes Wasser hält Äpfel gesund

Die Heißwasserbehandlung: eine Methode zur Reduzierung der Gloeosporium-Fruchtfäule an ökologisch produzierten Äpfeln

Helmut Schirmer, Bernhard Trierweiler, Volker Gräf, Norbert Q. Hoffmann, Bernhard Tauscher, Heike P. Schuchmann (Karlsruhe)

Die Langzeitlagerung von Äpfeln aus Ökologischem Landbau ist oftmals problematisch, da sich Pilzkrankheiten wie die gefährliche Gloeosporium-Fäule im Lager unerkannt entwickeln können. Vor allem Früchte aus Anbaugebieten mit hohen Niederschlagsmengen während der Vegetationszeit sind anfällig für solche Lagerkrankheiten. Synthetische Fungizide, die im konventionellen Apfelanbau noch kurz vor der Ernte gespritzt werden, dürfen hier nicht angewendet werden. Bei der Suche nach alternativen Behandlungsmaßnahmen sind Wissenschaftler der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE) auf das Verfahren der Heißwasserbehandlung gestoßen, dass schon vor 100 Jahren für den Pflanzenschutz genutzt wurde und fast in Vergessenheit geraten ist.

Schon ab Januar sind für Äpfel aus Ökologischem Anbau oft hohe Preise auf dem Markt zu zahlen. Eine Ursache dafür sind die Lagerausfälle durch die *Gloeosporium*-Fruchtfäule (Abb. 1), die schon nach wenigen Monaten im Kühllager auftreten kann, spätestens aber nach der Auslagerung und während der Vermarktung. Die Krankheit verursacht Lagerungsverluste von bis zu 50 %. Selbst bei der Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre mit reduziertem Sauerstoff- und erhöhtem Kohlendioxidgehalt (sog. CA-Lagerung, „Controlled Atmosphere") zeigen sich Fäuleschäden, wenn auch mit Verzögerung. Überlegungen, mit welcher Methode sich die *Gloeosporium*-Fäule an Äpfeln aus Ökoanbau reduzieren lässt, führten zur Heißwasserbehandlung. Das Verfahren wurde schon Ende des 19. Jahrhunderts zur Pilzbekämpfung am Getreidesaatgut angewendet.

Abb. 1: Gloeosporium-Fäule an biologisch produzierten Äpfeln der Sorte 'Topaz'.

Die entscheidenden 2 Minuten

Seit 1999 befassen wir uns an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung in Karlsruhe mit der Heißwasserbehandlung von Bio-Äpfeln der Sorte 'Topaz'. Ab 2001 wurden darüber hinaus 16 weitere handelsübliche Lagersorten aus dem ökologischen Anbau mit heißem Wasser behandelt. Abbildung 2 zeigt die für die Versuche verwendete Anlage. In der Abbildung 3 sind die Ergebnisse für die Sorte 'Topaz' dargestellt. Die Wirkung gegen die *Gloeosporium*-Fäule war bei den anderen Sorten ähnlich gut.

Für die Versuche wurden die Äpfel in 20 kg Obstkisten in heißes Wasser getaucht. Als optimale Prozessbedingungen ermittelten wir eine Tauchzeit von 2 Minuten in 53 °C warmem Wasser. Nach der Behandlung im September erfolgte eine 5-monatige Lagerung der Äpfel zum einen nur im Kaltlager, und zum anderen unter

Abb. 2: Heißwassertauchanlage zur Behandlung von Äpfeln in 20 kg Obstkisten.

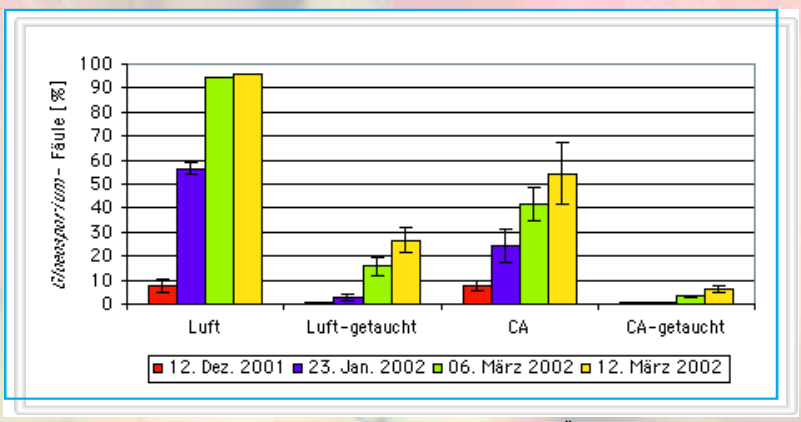


Abb. 3: Gloeosporium-Fäule an ökologisch produzierten Äpfeln der Sorte 'Topaz' nach Heißwasserbehandlung im September 2001, sofortiger Einlagerung und 5-monatiger Lagerung im Kaltlager mit Normalluft bzw. unter kontrollierter Atmosphäre. Die Bonitur am 12.03.02 erfolgte nach sechstägiger Nachlagerung bei Raumtemperatur.

kontrollierter Atmosphäre mit einem Sauerstoffgehalt von 1 % und einem Kohlendioxidgehalt von 3 %, jeweils bei 1 °C.

Bei einer ersten Bonitur (Untersuchung auf Faulstellen) im Dezember konnte im Normallager (Luft) an 7,8 % der ungetaucht gelagerten Äpfel die *Gloeosporium*-Fäule festgestellt werden. Bei den getauchten Äpfeln wiesen nur 0,4 % das typische *Gloeosporium*-Schadbild auf. Das gleiche Ergebnis wurde bei den ungetauchten und getauchten 'Topaz'-Äpfeln im CA-Lager beobachtet.

Nach der 5-monatigen Lagerung wurde die Wirkung der Heißwasserbehandlung noch deutlicher. Abbildung 3 zeigt, daß 94,4 % der im Kaltlager unter Luft aufbewahrten, unbehandelten 'Topaz'-Äpfel von dem Schadpilz befallen wurden. Dagegen betrug die *Gloeosporium*-Fäule an den getauchten Äpfeln im Kaltlager nur 16,9 % (Abb. 3). Noch deutlicher war der Zusammenhang zwischen Heißwasserbehandlung und Reduzierung der *Gloeosporium*-Fäule bei den 'Topaz'-Äpfeln, die kalt unter CA-Bedingungen gelagert wurden. 41,4 % der unbehandelten Früchte wiesen die *Gloeosporium*-Fäule auf, von den getauchten Äpfeln zeigten nur 3,2 % das typische Schadbild (Abb. 3). Dieses Ergebnis zeigt, dass mit der Heißwasserbehandlung und anschließender Lagerung bei kontrollierter Atmosphäre die *Gloeosporium*-Fäule an ökologisch produzierten Äpfeln der Sorte 'Topaz' deutlich reduziert werden kann.

Bezüglich des mikrobiologischen Status des Tauchwassers konnte während eines zweitägigen Einsatzes der Tauchanlage keine Vermehrung der Gesamtkeimzahl und der Hefen und Schimmelpilze festgestellt werden.

Wirkungsmechanismen

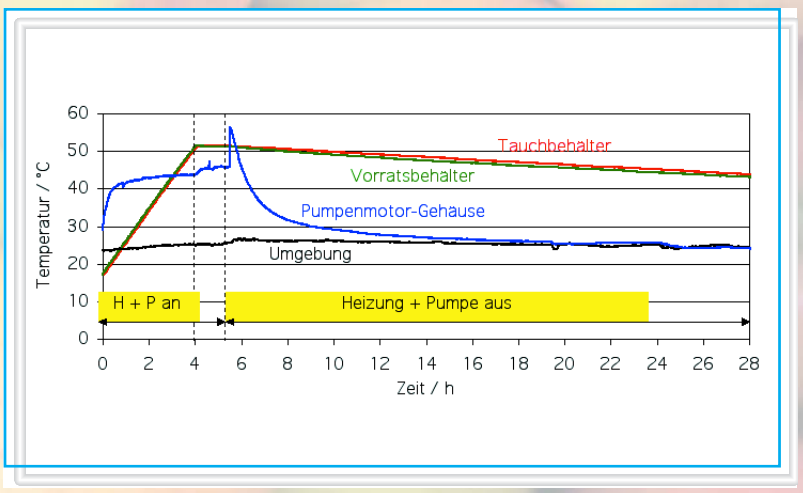
Um zu überprüfen, welche Wirkung die Temperatur auf den Pilz hat, inkubierten wir *Gloeosporium*-Sporen zwei Minuten lang in 53 °C heißem Wasser. Nach anschließendem Ausbringen der Lösung auf einem Spezialnährboden war kein Pilzwachstum mehr festzustellen. Die Empfindlichkeit des Pilzes gegenüber der Temperatur von 53 °C kann somit den Erfolg der Heißwasserbehandlung erklären.

Ein mögliche weitere Erklärung für die Wirkung der Heißwasserbehandlung könnte darin bestehen, dass durch die Temperatur von 53 °C die Wachsschicht auf der Apfeloberfläche zerfließt und auf diese Weise die Lentizellen, in denen sich das Promycel des Pilzes bildet, verschließt. Die *Gloeosporium*-Sporen können nicht mehr auskeimen, beziehungsweise gekeimte Sporen können innerhalb der Lentizelle nicht mehr wachsen. Aus der Fachliteratur ist bekannt, dass ein Verschließen von Lentizellen bei Zitrusfrüchten nach Heißwasserbehandlung möglich ist.

Transfer in die Praxis

Ein großer Teil der hier beschriebenen Tauchversuche wurde auf einem Naturland-Obstbaubetrieb in der Bodensee-Region durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, daß das Aufheizen der Apfeltauchanlage momentan für einen kommerziell durchzuführenden Prozess zu lange dauert. Messungen der Aufheiz- und Abkühlverläufe (Abb. 4) lassen erkennen, daß es bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C etwa vier Stunden dauert, um die insgesamt ca. 900 Liter Wasser im Vorrats- und Tauchbehälter auf 52,5 °C zu erwärmen. Infrarot-Aufnahmen der Heißwassertauchanlage zeigen, dass die Ver-

Abb. 4: Aufheiz- und Abkühlverlauf der Heißwassertauchanlage.



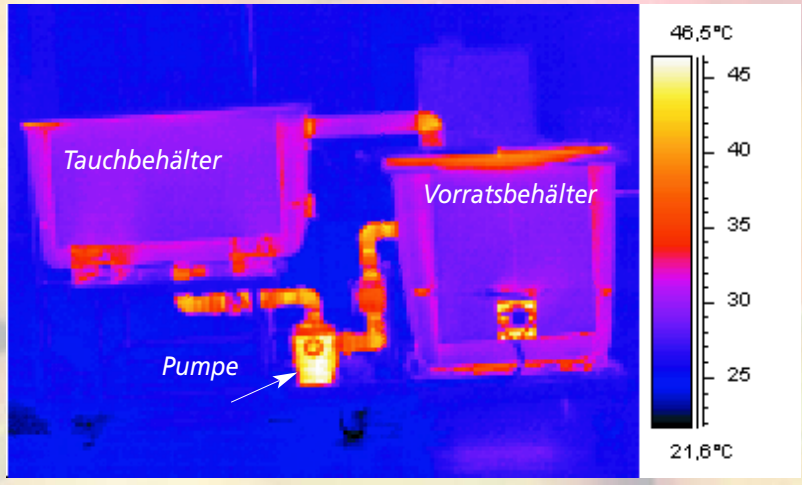


Abb. 5: Infrarotaufnahme der Heißwassertauchanlage.

bindungsrohre zwischen dem Tauch- und Vorratsbehälter hohe Wärmeverluste aufweisen (Abb. 5). Eine Erhöhung der Heizleistung sowie eine verbesserte Isolierung können hier Abhilfe schaffen.

Die Temperaturverläufe im Tauchwasser spiegeln nicht unbedingt die Bedingungen wieder, die während des Tauchvorgangs an der Oberfläche der Äpfel herrschen. Darum wurden mit Hilfe von Thermofühlern die Temperaturen während des Tauchens im Inneren der Kiste gemessen. Dazu wurden Fühler unten, oben und in der Mitte einer 20 kg Kiste angebracht. Die Messungen in 52,5 °C warmem Wasser zeigten, dass im Innern der Kiste 50 °C rasch erreicht und über die gesamte Eintauchzeit gleichmäßig gehalten werden (Abb. 6). Außerdem fällt die Wassertemperatur im Tauchbehälter durch das Einbringen der etwa 12 °C kalten Äpfel kaum ab.

Abb. 6: Temperaturverlauf in einer 20 kg Apfelkiste während des Tauchens.

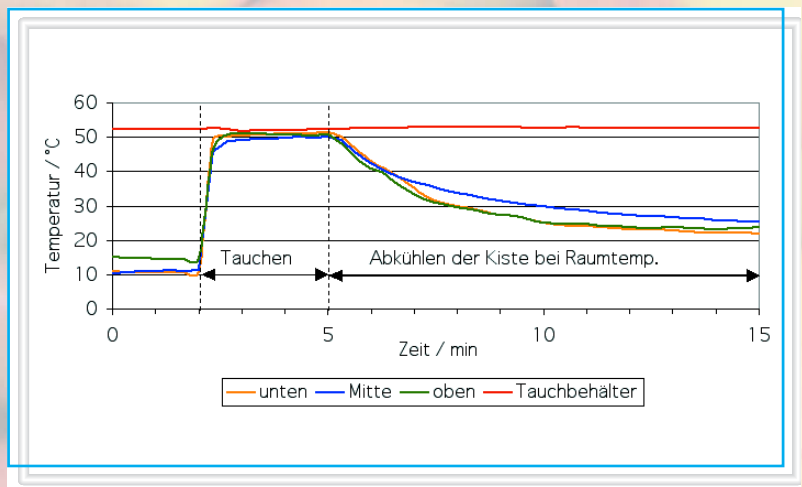


Abbildung 7 zeigt Äpfel, die für 2 bzw. 3 Minuten in 52,5 °C warmem Wasser getaucht wurden. Direkt nach der Behandlung wurden die Äpfel halbiert und sofort mit einer Infrarotkamera fotografiert. Dabei wurde deutlich, dass sich die Äpfel nur im Randbereich erwärmen. Der 3 Minuten getauchte Apfel erwärmt sich bis in eine Tiefe von ca. 5 mm auf etwa 40 °C; die nur 2 Minuten getauchte Frucht bleibt deutlich kälter, auch ist die Tiefenwirkung geringer. Um Wärmeschäden an der Apfelschale vorzubeugen, sollte nicht länger als 2 Minuten getaucht werden. Tauchzeiten über 2 Minuten scheinen auch keine bessere Wirkung gegen den Schadpilz zu haben.

Mit unseren Untersuchungen konnten wir zeigen, dass in einer 20 kg Kiste an der Apfeloberfläche die notwendigen Prozessbedingungen realisiert werden können. Außerdem lässt sich mit diesen Prozessbedingungen die *Gloeosporium*-Fäule deutlich verringern, ohne die Äpfel qualitativ zu schädigen. Um dieses Verfahren für Bio-Bauern kommerziell nutzbar zu machen, führen wir weitere Untersuchungen an handelsüblichen 300 kg Apfelkisten durch.

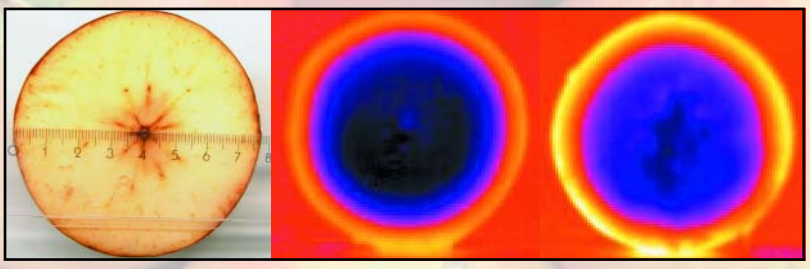


Abb. 7: Temperaturprofil innerhalb eines Apfels aus dem Kühlraum (3 °C) nach 2 Minuten (mitte) bzw. 3 Minuten (rechts) Heißwasserbehandlung bei 53 °C ; Umgebungstemperatur 23,5 °C.

Helmut Schirmer, Dr. Bernhard Trierweiler, Prof. Dr. Bernhard Tauscher, Institut für Chemie und Biologie; Volker Gräf, Norbert Q. Hoffmann, Dr.-Ing. Heike P. Schuchmann, Institut für Verfahrenstechnik; Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, E-mail: helmut.schirmer@bfe.uni-karlsruhe.de

In den Apfel gespäht

Instrumenten-Handschuh kontrolliert Reife und Qualität von Früchten

Bernd Herold, Manuela Zude und Martin Geyer (Potsdam-Bornim)

Frisches Obst und Gemüse sind für eine gesunde Ernährung unentbehrlich. Ihre Attraktivität für den Verbraucher hängt jedoch in hohem Maße von der Qualität zur Zeit des Verkaufs ab. Nur bei ausreichend entwickelten reifen Früchten kommen die sortentypischen Qualitätsmerkmale zur vollen Ausprägung. Deshalb ist es von ausschlaggebender Bedeutung, die Reife- und Qualitätsentwicklung im Verlauf der Ernteperiode, aber auch im Lager möglichst exakt zu überwachen. Während dieser Entwicklung spielen sich in der Frucht physiologische Prozesse ab, die ihre stoffliche Zusammensetzung und Konsistenz verändern. Eine exakte Analyse dieser Prozesse war bislang nur möglich, wenn man die Frucht dabei zerstört. Inwieweit sich die Reife- und Qualitätsentwicklung bei Apfel und Pfirsich am Baum und auch nach der Ernte mit Hilfe von zerstörungsfreien instrumentellen Methoden kontrollieren lässt, ist Gegenstand eines von der Europäischen Kommission geförderten Forschungsprojekts gewesen, an dem das Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) zusammen mit Partnern in Frankreich, Belgien und Italien beteiligt war.

Abb. 2: Prototyp des Instrumenten-Handschuhs. Mit Hilfe der Finger wird der optisch-akustische Messkopf mit seiner ringförmigen Gummidichtung auf die Frucht aufgesetzt. Der Daumen führt den Winkelgeber zur Durchmesserbestimmung.

Reife- und Qualitätsentwicklung

Der physiologische Zustand von Äpfeln verändert sich im Laufe des Reifungsprozesses. Wir können das leicht mit unseren Sinnen wahrnehmen. Die Fruchtgröße nimmt zu, die rote Deckfarbe entwickelt sich sortentypisch und die Grundfarbe wechselt – bedingt durch den Abbau von Chlorophyll – von grün nach gelb. Neben diesen äußeren Merkmalen ändern sich auch die inneren: der Geschmack wird süßer durch den Abbau von Stärke zu Zucker, die Festigkeit des Fruchtfleischs nimmt ab und die sortentypische Säurebildung setzt ein.

Die Attraktivität von Obst hängt stark von seinem Aussehen und seiner Qualität ab.

Während die beschriebenen Merkmale einer weitgehend kontinuierlichen, witterungsabhängigen Entwicklung unterliegen, wird die Genussreife der Frucht an sich durch Bildung des Reifehormons Ethylen induziert, welche durch eine markante Zunahme der Atmung begleitet wird.

Die Genussqualität ist am höchsten, wenn die Früchte am Baum ausreichend ausreifen können. Ihre Haltbarkeit ist dann jedoch geringer. Äpfel, die vor Erreichen dieses Reifestadiums am Baum geerntet werden, sind länger haltbar und können noch nachreifen. Diese Eigenschaften werden ausgenutzt, um Früchte über längere Zeit zu lagern und nachgereift in hoher Qualität auf den Markt zu bringen.

Um die Verbraucher über einen Zeitraum von vielen Monaten kontinuierlich mit Äpfeln beliefern zu können, muss der Obstbauer die Früchte in unterschiedlichen Reifestadien ernten. Dazu muss er in der Lage sein, möglichst exakt die Erntezeitpunkte entsprechend dem Fortschreiten von Entwicklung und Reife der Früchte zu planen. Dies erfordert in der Praxis einen hohen Aufwand, wobei nur unzureichende Hilfsmittel zur Verfügung stehen. Derzeit werden Stichproben von den verschiedenen Apfelpartien geerntet und analysiert. Die Fruchtfleischfestigkeit wird zum Beispiel ermittelt, indem ein Zylinderstift in das Fruchtfleisch getrieben und der dabei auftretende Widerstand gemessen wird. Der Grad des Stärkeabbaus wird durch Aufschneiden der Früchte und Beurteilung der Verfärbung der Schnittfläche nach Behandlung mit chemischen Reagenzien (Lugolsche Lösung) festgestellt. Diese Analysen sind stark fehlerbehaftet und stets mit Fruchtverlusten verbunden. Daher wird seit längerem nach effektiveren, zerstörungsfreien Analysemethoden gesucht.

Physikalische Messverfahren

Grundsätzlich bestehen signifikante Zusammenhänge zwischen den Merkmalen „Zuckergehalt", „Grundfarbe", „Fruchtfleischfestigkeit" und zerstörungsfrei bestimmbaren physikalischen Parametern, die in der instrumentellen Analytik angewandt werden.

So lässt sich der Fruchtzucker durch spektrale Auswertung der Lichtreflexion oder Lichttransmission im nahinfraroten Wellenlängenbereich feststellen. Dazu

werden aus dem Reflexions- oder Transmissionsverhalten von Früchten (Abb. 1) praktisch handhabbare Schätzwerte des Brix-Wertes ermittelt, der refraktometrisch aus dem Saft bestimmt wird und den Zuckergehalt in der Frucht repräsentiert. Auf ähnliche Weise kann der für den Umschlag der Grundfarbe verantwortliche Chlorophyllabbau im sichtbaren Wellenlängenbereich bestimmt werden. Chlorophyll zeigt eine charakteristische Lichtabsorptionsbande im Wellenlängenbereich um 660 nm.

Die Fruchtfleischfestigkeit wird häufig mit den Elastizitätseigenschaften der Früchte in Verbindung gebracht. Diese lassen sich aus mechanischen Fruchteigenschaften wie der Masse und der Form sowie der Frequenz von Eigenschwingungen ableiten, die durch Anstoßen der Frucht angeregt werden können. Bei Untersuchungen während der Fruchtlagerung konnte gezeigt werden, dass sich die elastische Steifigkeit („stiffness") der Früchte mit zunehmender Lagerdauer kontinuierlich verringert.

Bislang war es nicht möglich, diese unterschiedlichen Qualitätsparameter in einem einzigen Arbeitsgang an intakten Früchten wie Äpfeln oder Pfirsichen zu ermitteln.

Instrumenten-Handschuh für Obsterzeuger und Handel

Das Ziel des gemeinsamen Forschungsprojekts bestand darin, den Laborprototyp eines mit mehreren Sensoren ausgestatteten Handschuhs zu entwickeln, der die verschiedenen Parameter erfasst und die Messdaten zusammenführt. Dadurch sollte es möglich sein, dem Anwender umfassende Informationen über die Fruchtqualität während der Ernte und in der Vermarktung zu liefern. Die Entwicklung des Sensor-Handschuhs ist vor allem auf Apfel und Pfirsich ausgerichtet, da bei diesen Früchten die äußeren Parameter (Durchmesser) und inneren Qualitätsmerkmale (Zuckergehalt und Reifegrad) vergleichbar sind.

Als Anwendungsgebiete für dieses neue Gerät kommen hauptsächlich in Betracht:

- Vor der Ernte: die Kontrolle des Fruchtwachstums und die Optimierung des Erntezeitpunkts,
- Bei der Ernte: das selektive Pflücken von Früchten mit spezifischen Qualitätsmerkmalen (Durchmesser, Zuckergehalt oder Reifegrad),
- Nach der Ernte: die Kontrolle und/oder die Preisabrechnung nach Qualität, das Management bei der Verpackung u.a.

Für den Prototyp wurden folgende Sensorprinzipien gewählt:

- Sensor für Zuckergehalt sowie Chlorophyllgehalt: optische Spektrometrie für den sichtbaren und nahinfraroten Wellenlängenbereich,
- Sensor für die Fruchtfleischfestigkeit: akustisches Verfahren mit Stoßanregung,
- Sensor für den Fruchtdurchmesser: Potentiometer (Winkelgeber).

Ausgehend von ergonomischen Überlegungen sollte ein leicht tragbares und handhabbares Instrument entstehen, das sich in der Praxis gut einsetzen lässt. Für die experimentellen Untersuchungen der einzelnen Sensoren wurden miniaturisierte Baugruppen angepasst beziehungsweise entwickelt. Nach erfolgreicher Erprobung der Einzelkomponenten wurden sie zu einem Instrumenten-Handschuh konfiguriert.

Der Prototyp vereinigt in seinem Messkopf die zur optischen und akustischen Messung notwendige Sensorperipherie und enthält – abgesetzt davon über dem Handgelenk liegend – ein miniaturisiertes Spektrometermodul mit Glasfaseranschluss sowie das Potentiometer des Winkelgebers (Abb. 2). Alle elektrischen Mess- und Steuerleitungen werden bei diesem Prototyp zu einer am Körper der Bedienperson getragenen Elektronikbox geführt. Dort wird zurzeit ein Personalcomputer für die Auswertung der Daten angeschlossen. Das Gewicht der an der Hand zu tragenden Instrumente beträgt etwa 400 g. Die Dauer einer einzelnen Messung mit allen Komponenten liegt bei einer Sekunde, lässt sich aber weiter verkürzen.

Die bisherigen Ergebnisse – im folgenden wird beispielhaft die spektral-optische Bestimmung von Zucker- und Chlorophyllgehalt vorgestellt – sind ermutigend.

Ergebnisse

Die Spektralmessung zur Bestimmung des Zucker- und des Chlorophyllgehalts kann aufgrund der großen Bandbreite des Spektrometers innerhalb eines Messzyklusses geschehen; die Auswertung muss allerdings für jeden Parameter getrennt erfolgen. Um aus den spektralen Messdaten die realen Zucker- bzw. Chlorophyllgehalte ablesen zu können, sind zwei Analyseschritte erforderlich. Zunächst müssen die Spektralwerte kalibriert werden, es muss also eine Beziehung hergestellt werden zwischen den Spektralwerten und den auf herkömmliche Weise bestimmten Referenzwerten. Im zweiten Schritt wird diese Kalibrierbeziehung als Modell benutzt, um aus den Spektralwerten sofort die Werte des Zielparameters, also des Zucker- bzw. Chlorophyllgehalts vorherzusagen.

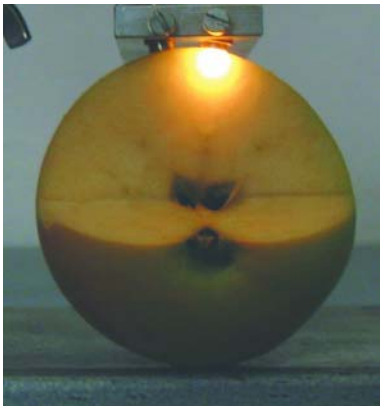


Abb. 1: Glasfasersonde zur Messung der Lichttransmission. Eine Glasfaser strahlt Licht in den Apfel ein. Wie man an der aufgeschnittenen Frucht erkennt, wird das Licht im Zellgewebe diffus gestreut. Eine zweite Glasfaser empfängt das durch das Zellgewebe transmittierte Licht und leitet es zum Spektrometer.

Zur Ermittlung des Zuckergehalts werden die spektralen Messwerte der Lichttransmission über den nahinfraroten Wellenlängenbereich von 800–1000 nm ausgewertet. In diesem Wellenlängenbereich liefert der Fruchtzuckergehalt einen charakteristischen Fingerabdruck der Lichtabsorption, welcher auf Schwingungen des Zuckermoleküls zurückgeht. Zur Kalibrierung wird mit Hilfe einer multivariaten linearen Regressionsanalyse (PLS) die Be-

ziehung zwischen refraktometrisch bestimmten Fruchtzuckergehalt als Referenz (y) und den in Matrixform dargestellten Spektralwerten der Frucht (X) hergestellt. Mit Hilfe dieses Modells kann nun in den folgenden Messungen der Fruchtspektren der Fruchtzuckergehalt ermittelt werden, ohne die Frucht dabei zu zerstören.

Zur Bestimmung des Chlorophyllgehalts werden die Spektralwerte im Wellenlängenbereich von 600–750 nm herangezogen. Die Kalibrierung lässt sich ebenfalls mit einer PLS Regressionsanalyse durchführen. Jedoch ist es im sichtbaren Spektrum grundsätzlich auch möglich, die durch Anregung von p-Elektronen des Chlorophylls verursachte Lichtabsorption an einer spezifisch ausgewählten Wellenlänge zu nutzen und mit Hilfe einer univariaten Regressionsanalyse die Kalibrierbeziehung herzustellen. Beispielsweise verwendet man in der Fernerkundung dazu die Wellenlänge des Wendepunkts an der Rotflanke der Absorptionsbande des Chlorophylls von Laubblättern, welche sich bei Veränderungen im Chlorophyllgehalt verschiebt. Ein Vergleich der beiden Methoden zeigte jedoch, dass sich mit der multivariaten PLS-Analyse eine höhere Genauigkeit erzielen lässt (Tab. 1). Der Messfehler des Instrumenten-Handschuhs im Vergleich zu den chemisch ermittelten Referenzdaten liegt für Zucker bei 0,5 bis 1 Brix und für Chlorophyll bei 8 mg/m² Fruchtoberfläche.

Die Beziehungen zwischen den per Instrumenten-Handschuh und durch Referenzverfahren bestimmten Daten für Zucker- und Chlorophyllgehalt lassen erkennen, dass der Instrumenten-Handschuh durchaus mit Labormethoden konkurrieren kann (Abb. 3 und 4).

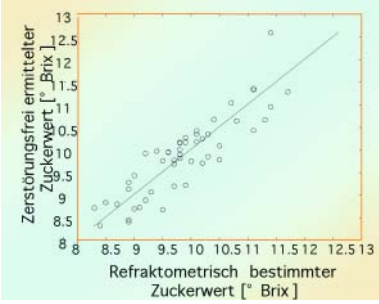


Abb. 3: Beispiel für die Kalibrierbeziehung für den Zuckergehalt unter Nutzung von Spektraldaten des Instrumenten-Handschuhs

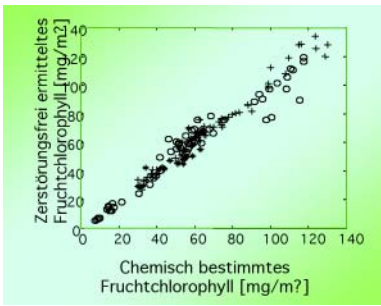


Abb. 4: Beispiel für die Kalibrierbeziehung für den Chlorophyllgehalt unter Nutzung von Spektraldaten des Instrumenten-Handschuhs

Tab. 1: Chemische Referenzanalyse des Chlorophyllgehaltes (Chl a) der Fruchtschale bei 'Idared' und 'Golden Delicious' im Verlauf der Fruchtentwicklung (Kalenderwoche) und zerstörungsfrei aus dem Transmissionsspektrum ermittelten Werte des Wendepunkts der Chlorophyllabsorptionsbande und der PLS-Regressionsanalyse (Vorhergesagtes Chl a)

Kalenderwoche 2000	Chl a [mg/m²]	Wendepunkt [nm]	Vorhergesagtes Chl a [mg/m²]
'Idared'			
36	47,8	693,8	47,9
37	50,8	692,9	50,7
38	44,8	692,5	46,7
39	46,5	692,2	43,3
40	37,8	691,7	38,6
41	35,9	691,2	36,4
'Golden Delicious'			
36	64,5	697,1	66,4
37	63,2	695,6	55,3
38	57,9	696,8	54,4
39	54,4	694,6	47,8
40	47,1	693,6	47,1
41	34,3	692,7	38,4

Ausblick

Die Ankündigung eines solchen innovativen Instruments stößt, wie eine Marktanalyse ergab, auf reges Interesse sowohl bei Erzeugern als auch bei Händlern. Doch damit diese neue Art der Qualitäts- und Reifeuntersuchung auch den Sprung in die Praxis schafft, müssen die Obstbau-Praktiker diese völlig neuen Parameter akzeptieren. Wichtig ist deshalb eine solide Kalibrierung der spektroskopisch ermittelten Daten an Hand anerkannter Referenzwerte. Dazu liegt eine standardisierte Vorgehensweise nahe, die ähnlich schon seit längerem beispielsweise für die Nah-Infrarot-Analytik im Getreidehandel praktiziert und jetzt im Acker- und Futterbau angestrebt wird.

Die harten und sich künftig weiter verschärfenden Wettbewerbsbedingungen im Gartenbau lassen es angeraten erscheinen, zügig die Voraussetzungen zu schaffen, dieses neue und effiziente Analyseverfahren in die Praxis einführen zu können. ■

Dr. Bernd Herold, Dr. Manuela Zude und Dr. Martin Geyer, Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Abteilung Technik im Gartenbau, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, E-mail: bherold@atb-potsdam.de

An dem EU Projekt (FAIR5-97-3399) waren außer dem Institut für Agrartechnik Bornim e.V. das CEMAGREF Montpellier/Frankreich (Koordinator), die KU Leuven/Belgien, die Kooperative APOFRUIT Cesena/Italien und die Firma VERHAERT Kruibeke/Belgien beteiligt.

Wie lässt sich Acrylamid beim Backen und Braten vermindern?

Bertrand Matthäus, Klaus Vosmann (Münster) und Norbert U. Haase (Detmold)

Ergebnisse der schwedischen Lebensmittelbehörde aus dem Jahr 2002 zum Auftreten von Acrylamid in gebratenen und frittierten Lebensmitteln haben die Öffentlichkeit erheblich verunsichert. Sollten in unseren geliebten Pommes gefährliche kanzerogene Stoffe sein? In Deutschland und anderen europäischen Nachbarländern wurden sofort in Frage kommende Lebensmittel überprüft und nach den Ursachen der Belastung gesucht. Die hier vorgestellten Ergebnisse einer Untersuchung der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGKF) zeigen, dass sich auch beim Backen und Braten in der heimischen Küche Acrylamid in hohen Konzentrationen bilden kann. Seine Entstehung lässt sich aber bei geeigneter Zubereitungsweise vermindern.

Wie alles begann

Nach einem Arbeitsunfall mit Acrylamid bei Tunnelarbeiten in Hallandsas (Schweden) wurden die in den Unfall verwickelten Arbeiter auf Belastungen mit diesem Stoff untersucht. Erstaunlicherweise fand die mit den Analysen beauftragte die Forschungsgruppe um Professorin Margareta Törnqvist vom Institut für Umweltchemie der Universität Stockholm Acrylamid nicht nur im Blut der betroffenen Arbeiter, sondern auch im Blut einer unbeteiligten Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse eines anschließend durchgeführten Ratten-Fütterungsversuchs mit gebratenen Lebensmitteln führten zu der Überlegung, dass möglicherweise in gebratenen Lebensmitteln Acrylamid gebildet wird. Weitere Untersuchungen und die Entwicklung eines neuen und schnelleren Nachweisverfahrens für Acrylamid zeigten, dass Lebensmittel, die durch Prozesse wie Frittieren, Backen oder Braten hergestellt werden, teilweise hohe Gehalte an Acrylamid enthalten können.

Was weiß man über Acrylamid?

Acrylamid wird als Ausgangssubstanz bei der Herstellung von Polyacrylamid eingesetzt, das wiederum sein Hauptanwendungsgebiet bei der Herstellung von Verpackungsmaterialien hat bzw. als Flockungsmittel bei der Aufbereitung von Trinkwasser eingesetzt wird.

Während Polyacrylamid ungefährlich ist, steht Acrylamid als reaktives Agens im Verdacht, ein krebserzeugendes Potenzial

für den Menschen zu besitzen, so dass es von der International Agency for Research on Cancer (IARC) als „wahrscheinlich karzinogen für den Menschen" (Gruppe 2A) eingestuft wurde. Auch im europäischen Rechtssystem wurde es der Kategorie 2 der krebserzeugenden Stoffe zugeordnet. Hinzu kommt eine neurotoxische (nervenschädigende) Wirkung. Eine eindeutige Aussage über die durch Acrylamid hervorgerufene Gefährdung lässt sich aber nach der bisherigen Datenlage noch nicht treffen.

Inzwischen wurden von verschiedenen Arbeitsgruppen Faktoren identifiziert, die eine Acrylamidbildung in Lebensmitteln beeinflussen:

- Niedermolekulare Kohlenhydrate im Lebensmittel (Glucose, Fructose),
- Niedermolekulare Stickstoffverbindungen im Lebensmittel (Aminosäuren, insbesondere Asparagin),
- Temperatur,
- Wasserverfügbarkeit.

Es wurde aber auch sehr schnell klar, dass die Bildung von Acrylamid nicht nur ein Problem der industriellen Herstellung von Lebensmitteln ist, sondern vor allem auch bei der haushaltsmäßigen Zubereitung von Speisen eine große Rolle spielt. Zwar haben die einzelnen Verbraucherinnen und Verbraucher keinen Einfluss auf die Zusammensetzung der Rohstoffe – gerade bei Convenience-Produkten, die immer häufiger gekauft werden – sie können aber durch die Wahl einer geeigneten Brat- bzw. Backtemperatur die Entstehung von Acrylamid in gewissem Rahmen steuern.

Zubereitung von Lebensmitteln

In dem vorliegenden Beitrag sollen exemplarisch Untersuchungen zur Herstellung von Reibekuchen und von Trockengebäcken betrachtet werden, die in der BAGKF zur Bildung von Acrylamid durchgeführt wurden.

Zur Herstellung von Reibekuchen können frische Kartoffeln oder vorgeformte und vorgebackene Produkte (Tiefkühl-Produkte) sowie Halbfertigmischungen eingesetzt werden. In der vorliegenden Untersuchung wurde ein Tiefkühl-Handelsprodukt mit verschiedenen Techniken zubereitet (Bratpfanne (2 Temperaturen), Backofen, Fritteuse).

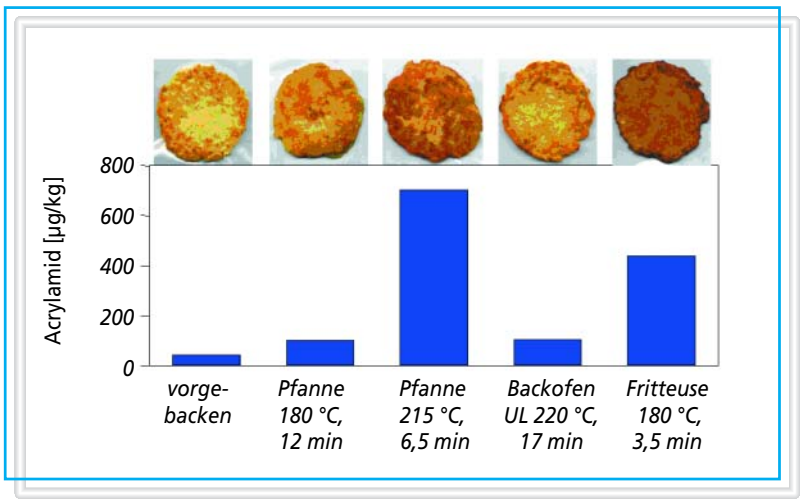
In einer weiteren Versuchsreihe wurden verschiedene Gebäcke (Spritzgebäck, Mürbegebäck und Vanillekipferl) ebenfalls entsprechend der küchenmäßigen Praxis nach Standardrezepturen hergestellt (Zucker, Butter, Mehl, etwas Salz sowie teilweise Vollmilch, Mandelgrieß und Vanillearoma). Der Teig für die verschiedenen Gebäckarten wurde jeweils mit und ohne Ei zubereitet. Die Ofentemperatur wurde unter Anpassung der Backzeit variiert. Details sind bei der Beschreibung der Ergebnisse angeführt.

Der Acrylamidgehalt der Reibekuchen und Gebäcke wurde mit Hilfe der Gaschromatografie/Massenspektroskopie bestimmt.

Reibekuchen

Bei den Reibekuchen kam es erst im Verlauf der verzehrsfähigen Zubereitung zu einem höheren Acrylamidgehalt (Abb. 1). Während in dem vorgebackenen Erzeugnis 44 µg Acrylamid/kg gemessen wurden, stiegen die Gehalte bei der Zubereitung in der Pfanne an, und zwar abhängig von der Zubereitungstemperatur (103 µg/kg (180 °C) bzw. 703 µg/kg (215 °C).

Abb. 1: Acrylamidgehalte in Reibekuchen in Abhängigkeit vom Rohstoff und der Zubereitungsart.



Wurden die vorgebackenen Reibekuchen bei 180 °C frittiert, so waren zwar die Zubereitungszeiten erheblich kürzer als bei vergleichbaren Temperaturen in der Bratpfanne, aber der Acrylamidgehalt war deutlich höher (440 µg/kg gegenüber 103 µg/kg). Bei der Herstellung der Reibekuchen im Umluftherd wurden ebenfalls niedrige Gehalte an Acrylamid gefunden, aber das Produkt entsprach bei der sensorischen Bewertung nicht mehr der allgemeinen Verbrauchererwartung – es war zäh und nicht mehr knusprig.

Die in unserer Untersuchung gefundenen Acrylamidgehalte beziehen sich auf das verwendete Handelsmuster. Gerade Kartoffeln unterliegen aber zahlreichen Einflussfaktoren (Sorte, Umwelt, Ernte, Lager). Damit können in der jeweils eingesetzten Kartoffelpartie sehr unterschiedliche Konzentrationen an Zuckern und Aminosäuren vorhanden sein, die zu entsprechenden Variationen im Acrylamidgehalt führen.

Trockengebäcke

Die Untersuchung verschiedener Gebäcke zeigte, wie auch schon für andere Lebensmittel, dass die Gehalte an Acrylamid in den Lebensmitteln mit steigender Temperatur zunehmen. Die höchsten Belastungen wurden dabei im Formgebäck II (Typ Vanillekipferln) gefunden, während in Spritzgebäck die Gehalte erst bei einer Temperatur von 220 °C über die Nachweisgrenze von 30 µg/kg anstiegen (Abb. 2). Niedrige Gehalte wurden auch in Formgebäck I (Typ Mürbegebäck) bei Temperaturen von 160 und 190 °C nachgewiesen. Die Verwendung von Ei in der Teigrezeptur führte bei Temperaturen von 160 und 190 °C zu noch niedrigeren Acrylamidgehalten als ohne Zusatz von Ei. Diese Beobachtung verkehrte sich ins Gegenteil bei der höchsten Temperaturvariante (220 °C). Vom Farbeindruck waren diese Gebäcke sehr kräftig gebräunt.

Abgesehen von den Acrylamidgehalten muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass es hinsichtlich der Produktqualität Grenzen der Verzehrsfähigkeit gab. Es ist grundsätzlich möglich, Kuchenteige bei sehr niedrigen Temperaturen mehr zu trocknen als zu backen, doch entsprechen solche Gebäcke nicht den allgemeinen Qualitätsvorstellungen der Konsumenten. Im Hinblick auf die Verbrauchererwartung und auf die zu erwartenden Acrylamidgehalte dürfte bei der Gebäckherstellung eine Backtemperatur von 190 °C vertretbar sein.

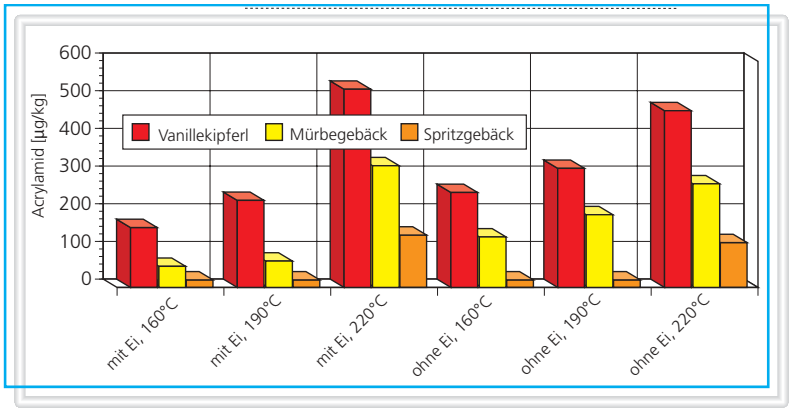


Abb. 2: Acrylamidgehalte in Trockengebäcken in Abhängigkeit von verschiedenen Backtemperaturen und Einfluss des Einsatzes von Eigelb bei der Teigbereitung. (Formgebäck I: Typ Mürbegebäck; Formgebäck II: Typ Vanillekipferl)

Das Wichtigste in Kürze

Die Zubereitung von Reibekuchen in der Pfanne führt zu niedrigen Acrylamidgehalten, wenn die Temperatur moderat gehalten wird. Die Zubereitungszeit verlängert sich allerdings dabei. Von einer Zubereitung in der Fritteuse ist abzuraten. Ob der Backofen eine Alternative zur Bratpfanne ist, wird weniger von der Acrylamidbildung als vom Genusswert bestimmt.

Für Trockengebäcke (Spritz- und Formgebäcke) lässt sich ebenfalls feststellen, dass bei moderater Backofentemperatur (max. 190 °C) die Acrylamidgehalte niedrig bleiben. ■

Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft hat zusammen mit dem aid-Infodienst ein Faltblatt zu Acrylamid herausgegeben, das unter dem Motto „Vergolden statt Verkohlen" praktische Verbrauchertipps enthält, um den Acrylamidgehalt im Essen möglichst niedrig zu halten. Es ist über den aid-Infodienst, Friedrich-Ebert-Str. 3, 53177 Bonn erhältlich (E-mail: aid@aid-mail.de).

Im Internet gibt es Informationen unter anderem bei www.verbraucherministerium.de, Rubrik „Verbraucherinfos" und im Acrylamid-Forum (www.acrylamid-forum.de) des Portals www.was-wir-essen.de.

BACKP

Dr. Bertrand Matthäus und Dr. Klaus Vosmann, Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Institut für Lipidforschung, Piusallee 68/76, 48147 Münster, E-mail: matthaus@uni-muenster.de

Dr. Norbert U. Haase, Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie, Schützenberg 12, 32756 Detmold.

Bakterielle Antibiotika-R und horizontaler Gentransfer

Kornelia Smalla (Braunschweig)

Pathogene Bakterien, die gegen ein oder mehrere Antibiotika resistent sind, werden zunehmend zu einem Problem. Schon heute sind den Medizinern zahlreiche Krankheitserreger bekannt, gegen die die üblichen Antibiotika nicht mehr wirken. Durch die langjährige und großzügige Verwendung von Antibiotika im Bereich der Human- und Veterinärmedizin sowie der Landwirtschaft ist diese Entwicklung begünstigt worden, denn Bakterien können genetisches Material aus ihrer Umgebung relativ leicht aufnehmen und untereinander austauschen. Vor diesem Hintergrund wird das Einfügen von Antibiotika-Resistenzgenen als Selektionsmarker in gentechnisch veränderten Pflanzen sehr kritisch betrachtet. Neue Methoden zum Aufspüren solcher Resistenzgene in der Umwelt haben es ermöglicht, das Risikopotenzial dieser transgenen Pflanzen mit anderen, bisher nicht erfassbaren Eintragswegen zu vergleichen. Mit überraschenden Ergebnissen.

Mitte des letzten Jahrhunderts hatte durch den Einsatz von Antibiotika zur Bekämpfung von bakteriellen Krankheiten ein neues Zeitalter in der Human- und Veterinärmedizin begonnen. Antibiotika wurden jedoch auch zur Prophylaxe und als Wachstumsförderer in der Tierhaltung genutzt. Auf den einsetzenden Selektionsdruck reagierten die Bakterien außerordentlich schnell. Das Ausmaß der Antibiotika-Nutzung in den letzten 60 Jahren hat die Zusammensetzung mikrobieller Gemeinschaften geändert.

Horizontaler Gentransfer

Bakterien sind in ihren Leistungen immens vielfältig. Selbst innerhalb einer Art findet man unterschiedliche Stoffwechselfähigkeiten, zelluläre Strukturen und Lebensformen. Möglich wird dies durch so genannte „mobile genetische Elemente". Darunter versteht man unter anderem Plasmide (ringförmige DNA außerhalb des eigentlichen Bakterien-Chromosoms), Phagen (Bakterien befallende Viren, die genetisches Material in ihre Wirte verfrachten) oder Transposons (springende Gene). Dieses genetische Material kann zwischen Bakterien der gleichen Art, aber auch über die Artgrenzen hinweg ausgetauscht werden – sogar freie DNA können Bakterien aus ihrem Umgebungsmilieu aufnehmen. Ein solcher Austausch wird als „horizontaler Gentransfer" bezeichnet. Sein Beitrag zur Anpassung und Diversität von Bakterien wurde lange Zeit unterschätzt. Durch den horizontalen Gentransfer können Bakterien viel leichter und in viel größerem Umfang Erbmaterial austauschen als dies zum Beispiel bei Tieren oder Pflanzen der Fall ist, deren Erbgut sich nur durch sexuelle Vorgänge zwischen Partnern der gleichen Art mischt.

Neben Pilzen können auch bestimmte Bakterien Antibiotika produzieren, zum Beispiel Rhizobakterien wie *Streptomycetes* spp., *Erwinia carotovora* und *Pseudomonas aureofaciens,* die im Wurzelbereich von Pflanzen vorkommen. Die Antibiotika-produzierenden Stämme benötigen, um sich selbst zu schützen, entsprechende Resistenzgene. Epidemiologische Untersuchungen deuteten darauf hin, dass diese häufig auf mobilen genetischen Elementen lokalisiert sind – damit auch durch horizontalen Gentransfer verbreitet werden können. Aber erst seit der Sequenzierung kompletter bakterieller Genome ist klar, dass ein relativ großer Anteil bakterieller Gene tatsächlich durch horizontalen Gentransfer erworben wurde. Ziel eines von der EU geförderten Projekts (MECBAD: „Mobile genetic elements' contribution to bacterial adaptability and diversity") mit 45 Partnern aus 14 Ländern, das von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

(BBA) koordiniert wurde, war es, ein besseres Verständnis der Molekularbiologie und Ökologie des horizontalen Gentransfers von Bakterien zu erreichen.

Risikobewertung von Markergenen transgener Pflanzen

Gentechnisch veränderte (= transgene) Pflanzen besitzen häufig Antibiotika-Resistenzgene, die zusammen mit den eigentlich erwünschten genetischen Änderungen in die Pflanzen eingefügt wurden. Sie zeigen als so genannte Selektionsmarker an, ob die gentechnische Übertragung tatsächlich stattgefunden hat: Nur die Pflänzchen, die auf Antibiotika-haltigem Nährmedium überleben, sind transgen.

Dass solche Antibiotika-Resistenzgene durch horizontalen Gentransfer wieder zurück in Bakterien gelangen könnten, ist in der Öffentlichkeit ein häufig heraufbeschworenes Risikoszenario. Was sind die wissenschaftlichen Fakten? Adsorbiert an Bodenpartikel kann Pflanzen-DNA über Wochen und Monate im Boden überdauern. 1998 konnte unsere Arbeitsgruppe erstmals zeigen, dass unter bestimmten Bedingungen transgene Pflanzen-DNA von einem Bodenbakterium (*Acinetobacter sp.*) aufgenommen und stabil in das Bakteriengenom eingebaut werden kann. Ein solcher horizontaler Gentransfer konnte jedoch nur unter Laborbedingungen oder in sterilem Boden mit sehr geringer Häufigkeit beobachtet werden.

Die Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG schreibt fest, dass die Verwendung von Antibiotika-Resistenzmarkern mit klinischer Relevanz in vermarkteten transgenen Pflanzen ab 2005, in freigesetzten transgenen Pflanzen ab 2009 nicht mehr zulässig ist. Um das Risikopotenzial der unterschiedlichen Markergene wissenschaftlich fundiert bewerten zu können, müssen genaue Kenntnisse zum horizontalen Gentransfer vorliegen. Daneben muss auch das natürliche Reservoir der jeweiligen Antibiotikaresistenz, also die Verbreitung der entsprechenden Resistenzgene in „normalen" Bodenbakterien, abgeschätzt werden.

Neue Verfahren ermöglichen Erkenntnissprung

Traditionell wurden Antibiotika-resistente Bakterien durch Kultivierung auf so genannten Selektivmedien, denen Antibiotika zugesetzt wurden, isoliert. Bakterien, die auf diesen Selektivmedien wachsen konnten, waren offensichtlich resistent. Die Antibiotika-Resistenzmuster von Bakterienisolaten werden häufig auch mit dem Plättchen-Diffusionstest ermittelt (Abb. 1). Welchen genetischen Hintergrund die Resistenz hatte, ließ sich damit allerdings nicht klären. Erst durch den Ein-

Abb. 1: Antibiotika-Resistenzmuster von Bakterien-Isolaten können mit Hilfe des Plättchen-Diffusionstests bestimmt werden. Auf einem Nährmedium wird eine Zellsuspension des zu testenden Isolats ausgestrichen und Plättchen mit verschiedenen Antibiotika definierter Konzentrationen aufgelegt. Nach Bebrütung werden Hemmhöfe um die Plättchen der Antibiotika sichtbar, gegen die das Bakterien-Isolat empfindlich ist. Das hier getestete Isolat ist gegen Tetracyclin, Ampicillin und Chloramphenikol resistent.

satz molekularbiologischer und biochemischer Methoden wissen wir heute, dass eine Resistenz gegen ein bestimmtes Antibiotikum durch ganz unterschiedliche Gene im Bakterium verursacht werden kann. So können Gene zum Beispiel die Bildung von Enzymen steuern, die zu einer Inaktivierung des Antibiotikums führen oder aber zur Modifizierung des Antibiotika-Bindungsortes.

Trotz der Bedeutung von Antibiotika-Resistenzgenen und mobilen genetischen Elementen war das Wissen über ihr Vorkommen in Umweltbakterien bis vor wenigen Jahren sehr gering. Untersuchungen wurden durch den Umstand erschwert, dass nur ein kleiner Anteil von Bakterien aus einer Umweltprobe mit traditionellen Kultivierungsbedingungen isoliert werden kann. So wird der Anteil der kultivierbaren Bakterien aus Meerwasser auf 0,0001–0,1 %, aus Süßwasser auf 0,25 %, aus Belebtschlamm auf 1–15 % und aus Boden auf 0,3 % geschätzt. Außerdem kann Umweltstress, zum Beispiel hohe Salzkonzentration oder UV-Strahlung, bei vielen normalerweise kultivierbaren Bakterien dazu führen, dass sie nicht mehr in der Lage sind, auf einem Nährmedium zu wachsen, obwohl sie lebensfähig sind. Aus den genannten Gründen haben verschiedene Arbeitsgruppen – auch aus der BBA in Braunschweig – in den letzten Jahren Methoden entwickelt, mit denen Umweltproben auch ohne Kultivierungstechniken auf Antibiotika-Resistenzgene und mobile genetische Elemente untersucht werden können (s. Abb. 2).

So ist es in den 90er Jahren möglich geworden, DNA aus Umweltproben direkt zu extrahieren. Mit Hilfe der PCR (Polymerase-Chain-Reaction) lässt sich das Erbmaterial aller in einer Probe befindlichen Bakterien höchst empfindlich auf das Vorkommen von Resistenzgenen und mobilen genetischen Elementen untersuchen, unabhängig davon, ob die Bakterien auf Agar kultivierbar sind oder nicht.

Mit den PCR-basierenden Nachweisverfahren lassen sich große Probenzahlen in relativ kurzer Zeit untersuchen. Daher sind sie für ein Umweltmonitoring besonders gut geeignet. Allerdings kann man auf diese Weise lediglich nachweisen, ob eine spezifische DNA-Sequenz in der Probe vorhanden ist – eine weitere Charakterisierung des entsprechenden mobilen genetischen Elements ist nicht möglich. Doch auch hier ist man mittlerweile weiter gekommen.

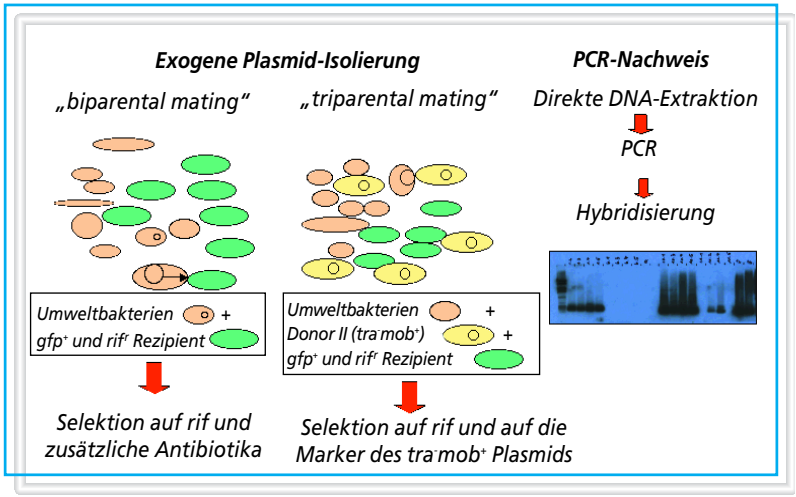
Ein elegantes Verfahren, mobile genetische Elemente, die Antibiotika-Resistenzgene tragen, unabhängig von der Kultivierbarkeit des ursprünglichen Wirts zu isolieren, nutzt leicht selektierbare Rezipienten-Stämme (= Stämme, die DNA aufnehmen). Diese werden mit den Bakterien einer Umweltprobe gemischt und inkubiert. Nur wenn der Rezipienten-Stamm ein auf einem mobilen genetischen Element lokalisiertes Antibiotika-Resistenzgen aufgenommen hat, ist er in der Lage, nach dem so genannten „biparental mating" auf dem Antibiotika-haltigen Selektivmedium zu wachsen (s. Abb. 2). Diese Methode erlaubt es, aus Umweltproben übertragbare Antibiotika-Resistenzen unabhängig von der Kultivierbarkeit des ursprünglichen Wirtsbakteriums zu fischen.

Ein weiteres Verfahren, mit dem man sogar mobile genetische Elemente aufspüren kann, die selbst keine Resistenzgene oder ähnliche charakteristische Sequenzen aufweisen, aber Gene zwischen Bakterien transportieren können, wurde von unserer Arbeitsgruppe zur Untersuchung von Böden und Gülle genutzt. Die Idee hinter dem so genannten „triparental mating" ist folgende:

Man arbeitet mit drei „Partnern": Ein Partner sind die Bakterien aus der zu untersuchenden Umweltprobe, bei denen unbekannte mobile genetische Elemente vermutet werden. Dazu kommt als zweiter Partner ein *E. coli*-Stamm mit einem selektierbaren, nicht-selbsttransferablen Plasmid, das eine Resistenz gegen ein Antibiotikum X bewirkt. Als Drittes kommt ein Rezipienten-Stamm ins Spiel, der gegen ein Antibiotikum Y resistent ist. Dieser Bakterien-Cocktail wird inkubiert und danach auf ein Selektivmedium ausgebracht, das die Antibiotika X und Y enthält. Kann der Rezipienten-Stamm dort wachsen, bedeutet dies, dass in der Umweltprobe Bakterien mit mobilen genetischen Elementen vorhanden waren, die das nicht-selbsttransferable Plasmid aus dem *E. coli*-Stamm in den Rezipienten-Stamm übertragen haben (s. Abb. 2). Auf diese Weise lässt sich mit dem „triparental mating" die genmobilisierende Aktivität von Umweltproben untersuchen.

Abb. 2: Kultivierungsunabhängige Methoden zur Untersuchung des Vorkommens von Antibiotika-Resistenzgenen und mobilen genetischen Elementen.

gfp: Gen für das grün-fluoreszierende Protein; rif: Rifampicin-Resistenz als Selektionsmarker für den Rezipienten; tra⁻mob⁺: ein nicht selbsttransferables aber durch ein Helferplasmid mobilisierbares Plasmid



Erkenntnisse über Antibiotika-Resistenzgene in Umweltbakterien

Im Rahmen verschiedener EU-Projekte, an denen auch die Biologische Bundesanstalt beteiligt war, wurden diese neuen Nachweismethoden eingesetzt, um das

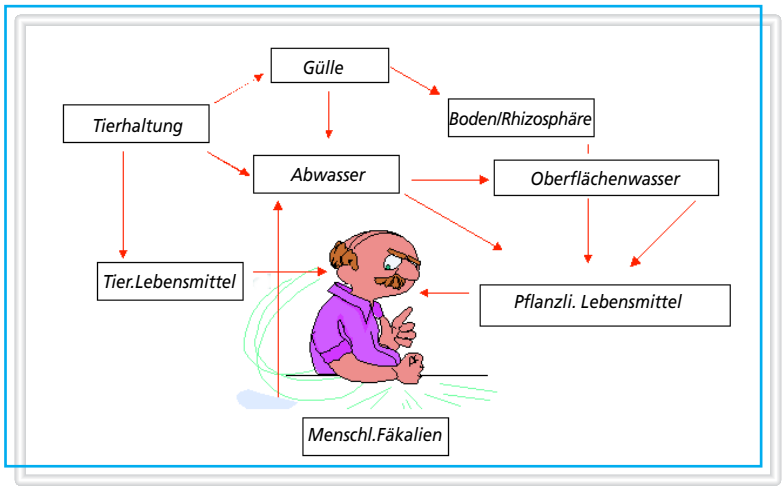


Abb. 3: Mögliche Verbreitungswege von Bakterien mit Antibiotika-Resistenzgenen und mobilen genetischen Elementen

Vorkommen und die Vielfalt von Antibiotika-Resistenzgenen und mobilen genetischen Elementen in Umweltbakterien zu untersuchen.

Überraschendes Ergebnis der Tests von Böden, Abwasser und Gülle war: Aus all diesen Proben konnten mobile genetische Elemente isoliert werden, die in der Lage sind, nicht-selbsttransferable DNA zu übertragen. Mit unseren Arbeiten konnten wir erstmals unter Feldbedingungen nachweisen, dass solche genmobilisierende Aktivität in begülltem, nicht aber in unbegülltem Boden vorhanden war.

Dass Gentransfer nicht nur unter optimalen Laborbedingungen, sondern auch unter Feldbedingungen in beträchtlichem Ausmaß stattfinden kann, zeigten zum Beispiel auch die Arbeiten von Mark Bailey aus Oxford. Er konnte nachweisen, dass ein *Pseudomonas fluorescens*-Stamm, der gezielt in den Boden eines Zuckerrübenfeldes ausgebracht worden war, dort Plasmide aufgenommen hatte, die ihn unempfindlich gegen Quecksilber-Belastung machten.

Übertragbare Resistenzgene gegen Streptomycin, Gentamycin und Tetracyclin konnten in Boden, Rhizosphäre (Wurzelbereich von Pflanzen), Belebtschlamm, Gülle und Meerwasserproben nachgewiesen werden. Plasmide mit einem extrem breiten Wirtsbereich, die Resistenzen gegen verschiedene Antibiotika vermitteln (IncP, IncQ-Plasmide), wurden besonders häufig aus Tiergüllen oder Belebtschlamm isoliert. So konnten wir in Schweinegülle mit Hilfe der PCR-Technik alle bekannten Gentamycin-Resistenzgene und Plasmide mit breitem Wirtsbereich nachweisen. Da solche Plasmide unter Umweltbedingungen effizient übertragen werden, dürfte ihnen eine wichtige Rolle bei der Verbreitung von Antibiotika-Resistenzgenen über Artgrenzen hinweg zukommen.

Bewertung im Kontext

Im Lichte der neuen Erkenntnisse lässt sich das Risiko, dass durch transgene Pflanzen Antibiotikaresistenz-Gene in die Umwelt ausgebracht und von Bakterien aufgenommen werden, relativieren. Zwar ist ein solcher Gentransfer auch unter Freilandbedingungen nicht gänzlich auszuschließen (und deshalb ist es auch sinnvoll, für künftige transgene Pflanzen andere Selektionsmarker als Antibiotika-Resistenzgene zu verwenden), die wahren Probleme liegen aber – wie die Untersuchung der Schweinegülle gezeigt hat – woanders.

Durch die neu entwickelten molekularbiologischen Untersuchungsmethoden lässt sich die Problematik der zunehmenden Antibiotika-Resistenz jetzt erstmals in einem größeren Zusammenhang sehen. Die geschilderten Ergebnisse haben deutlich gemacht, dass Bakterien mit Antibiotika-Resistenzgenen in den verschiedensten Habitaten weit verbreitet sind und zwischen diesen zirkulieren können (Abb. 3). Da sie oft auf mobilen genetischen Einheiten lokalisiert sind, können sie durch horizontalen Gentransfer leicht zwischen Bakterien verbreitet werden. Unter Selektionsdruck, wie er bei der häufigen Anwendung von Antibiotika besteht, haben die Bakterienpopulationen, die bereits mit entsprechenden Resistenzgenen ausgerüstet sind oder sie durch Gentransfer erwerben, einen Selektionsvorteil.

Wenn man vermeiden will, dass sich auch bei humanpathogenen Bakterien Stämme mit Mehrfachantibiotika-Resistenzen weiter ausbilden und durchsetzen, muss man vor allem im humanmedizinischen Bereich sehr sensibel mit der Verabreichung von Antibiotika umgehen. Daneben ist auch bei der Tierproduktion die Verwendung von Antibiotika auf das notwendigste Maß zu beschränken. ■

Mehr über Antibiotika-Resistenzgene und mobile genetische Elemente können Sie in der im November 2002 erschienenen Sonderausgabe von FEMS Microbiology Ecology zum Thema „Mobile genetic elements' contribution to bacterial adaptability and diversity" erfahren. Editoren: Kornelia Smalla (BBA Braunschweig) und John Fry (University of Wales, Cardiff). Informationen zu dem von der BBA koordinierten EU-Forschungsprojekt MECBAD („Mobile genetic elements' contribution to bacterial adaptability and diversity") finden Sie im Internet unter http://mecbad.bba.de.

PD Dr. Kornelia Smalla, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit, Messeweg 11–12, 38104 Braunschweig, E-mail: k.smalla@bba.de

Die Autorin dankt Dr. Michael Welling für seine große Hilfe, das Manuskript allgemeinverständlich abzufassen.

Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen

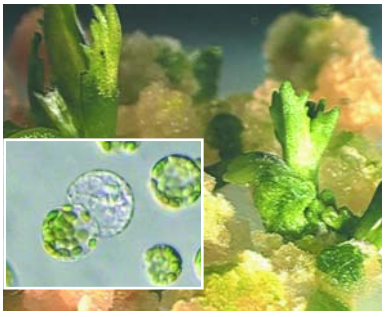
Institut für gartenbauliche Kulturen, Quedlinburg

Frisches Gemüse träg durch seinen hohen Vitamin- , Mineral- und Ballaststoffgehalt erheblich zur Verbesserung unseres Nahrungsangebots bei. Verbunden mit geeigneten Gewürz- oder Arzneipflanzen und deren geschmacklicher sowie therapeutischer Wirkung kann damit die Lebensqualität weiter vervollkommnet werden. Vor diesem Hintergrund führt das Institut für gartenbauliche Kulturen der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) komplexe Arbeiten zur Züchtungsforschung an Gemüse sowie an Arznei- und Gewürzpflanzen durch.

Die Arbeiten des Instituts sind darauf gerichtet, Bedingungen für eine ökonomisch effektive Pflanzenzüchtung und einen ökologisch verträglichen Gartenbau zu schaffen. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Resistenz gegenüber Schaderregern, einer verbraucherorientierten Produktqualität und der Erschließung neuer genetischer Ressourcen. Das Arbeitsspektrum des Instituts umfasst Verfahren der klassischen Züchtung, der pflanzlichen Zell-, Gewebe- und Organkultur sowie der Molekularbiologie. Die Auswahl der bearbeiteten Kulturarten richtet sich nach dem züchterischen Forschungsbedarf und ihrer wirtschaftlichen Bedeutung. Gegenwärtig werden Gemüseformen aus den Gattungen *Brassica, Raphanus, Allium* und *Daucus* sowie ausgewählte Arznei- und Gewürzpflanzen bearbeitet.

Erschließung resistenzgenetischer Ressourcen

Das Turnip mosaic virus sowie die pilzlichen Schaderreger *Alternaria brassicae, A. brassicicola* (Schwarzfleckigkeit), *Phoma lingam* (Blattfleckenkrankheit, Fußvermorschung) und *Plasmodiophora brassicae* (Kohlhernie) gehören zu den wirtschaftlich bedeutendsten Pathogenen, die Kohlpflanzen befallen. Da diese Schaderreger insbesondere bei Kopfkohl kaum mit Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden können, besteht das Ziel, eine pathotypen-unspezifische und damit dauerhafte Resistenz zu etablieren.



Somatische Hybridisierung: Fusion isolierter Protoplasten, Sprossregeneration somatischer Hybridpflanzen.

Vor diesem Hintergrund werden zunächst leistungsfähige Resistenzprüfmethoden entwickelt, um danach neue resistenzgenetische Ressourcen zu erschließen und genetisch zu charakterisieren. So konnte erstmalig nachgewiesen werden, dass in einigen *Raphanus sativus*-Herkünften die vollständige Resistenz gegen Kohlhernie auf einem starken dominanten Major-Gen beruht, das gegen viele Rassen des Erregers wirksam ist.

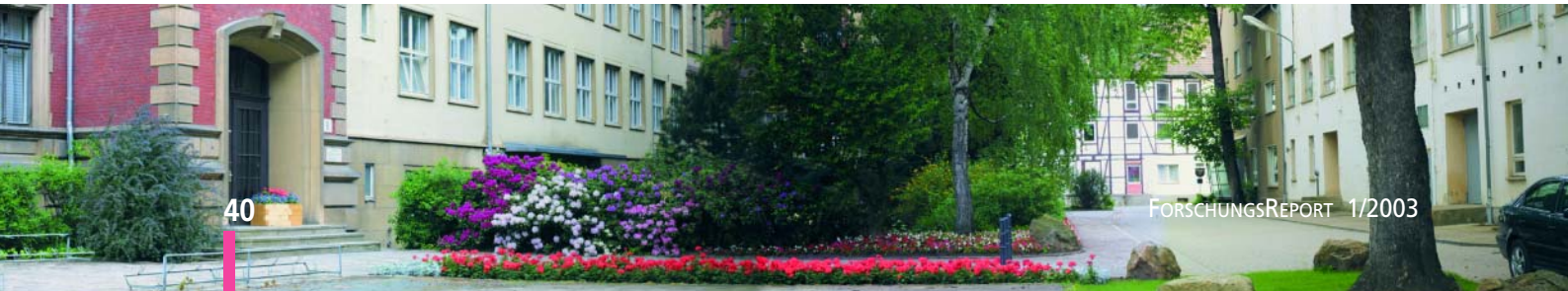
Bei Gemüsearten ist die Übertragung von Resistenzgenen eines der wichtigsten zuchtmethodischen Ziele. Oft sind Resistenzquellen nur in verwandtschaftlich weit entfernten Arten und Gattungen vorhanden, sodass deren Einkreuzung schwierig oder überhaupt nicht möglich ist. Die einzige Möglichkeit, diese Schwierigkeiten zu überwinden, bietet die somatische Hybridisierung. Zahlreiche neue Methoden zur Protoplastenisolierung, Protoplastenfusion, Kultur der somatischen Zellhybriden und Regeneration von somatischen Hybridpflanzen sind am Institut etabliert worden.

Erntereife Kümmeldolde

Arznei- und Gewürzpflanzen

Arznei- und Gewürzpflanzen erlangen zunehmend Bedeutung als natürliche Futtermittelzusätze, Konservierungs- und Pflanzenschutzmittel. Von den rund 80 in Deutschland anbaufähigen Arznei- und Gewürzpflanzenarten wurden einige wirtschaftlich relevante für eine Bearbeitung ausgewählt: Der anfangs unbefriedigende Gehalt an ätherischem Öl des einjährigen Kümmels wurde an das Niveau des traditionell angebauten zweijährigen Kümmels herangeführt. Die Kombination der gewünschten Eigenschaften „Frühreife" und „niedriger Wuchs" von Gewürzfenchel und des hohen Ätherischöl-Gehaltes und der Ölkomposition des Arzneifenchels gelang durch Kreuzung beider Varietäten. Diverse Formen der Kornrade wurden auf ihre Eignung als potenzielle Quelle saponinhaltiger Arzneimittel geprüft. Ein Sortiment verschiedener Pfefferminzsorten wurde evaluiert, um Genotypen mit guten sensorischen und agronomischen Eigenschaften zu ermitteln. ■

Dir. u. Prof. Dr. Günter Schumann, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für gartenbauliche Kulturen, Neuer Weg 22/23, 06484 Quedlinburg, E-mail: g.schumann@bafz.de, Homepage: www.bafz.de



Beide Gebäudeteile des Instituts für gartenbauliche Kulturen in Quedlinburg

INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK BORNIM E. V. (ATB)

Ernte- und Nacherntetechnologie am ATB in Potsdam

Rasant sich ändernde gesellschaftliche, technische und politische Rahmenbedingungen haben auch im Erwerbsgartenbau zu starken Veränderungen geführt. Große Liefermengen, optimale Qualität, geringe Preise, umweltverträgliche Erzeugung sind dabei die wesentlichsten Anforderungen, die heute vom Handel, den Verbrauchern oder von staatlicher Seite an die Erzeuger gestellt werden. Betrachtet man die Entwicklung, so zeigt sich, dass gerade im Bereich der Ernte und der Nacherntebehandlung von Obst und Gemüse noch große Forschungs- und Entwicklungspotenziale vorhanden sind. Auf diesen Gebieten ist die Abteilung „Technik im Gartenbau" des Instituts für Agrartechnik Bornim (ATB) tätig.

Das Gebäude der Abteilung für Technik im Gartenbau, erbaut in den 50er Jahren

In der Abteilung „Technik im Gartenbau" bearbeiten 25 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verschiedener Fachrichtungen die drei eng miteinander verknüpften Bereiche Mensch, Pflanze und Technik. Ziel ist, die Qualität und Wettbewerbsfähigkeit im Gartenbau zu sichern.

Sensortechnik

Die Sensorentwicklung nimmt im Bereich der Qualitätssicherung einen immer größeren Raum ein. So befassen sich die Wissenschaftler am ATB mit elektronischen oder „künstlichen" Nasen. Mit Hilfe dieser Sensoren soll es künftig gelingen, Lagerräume zu überwachen. Denken wir an einen großen Lagerraum mit Äpfeln, in dem sich ein Fäulnisherd ausbreitet. Geruchsstoffe werden freigesetzt. Das frühzeitige erkennen solcher Mängel kann Verluste in der Handelskette vom Erzeuger zum Verbraucher vermeiden.

Ebenso spannend sind optische Sensoren, mit deren Hilfe zerstörungsfrei – nur durch Berühren – Informationen über die innere Zusammensetzung der Produkte erzielt werden können. Geeignete Kontrollinstrumente können dazu beitragen, dass in ein paar Jahren Obst und Gemüse nicht nur attraktiv aussieht, sondern auch nachweisbar die Geschmackserwartungen erfüllt (s. Beitrag auf S. 30).

Natürlich gibt es auch andere Versuchsfragen; beispielsweise die objektive, zerstörungsfreie Frischebestimmung. Hierzu wurde am ATB eine Methode entwickelt, durch die der Wasserzustand eines Produktes und eine Kenngröße zur Charakterisierung des Luftzustandes am Produkt getrennt bestimmt werden können. Die Methode wurde erstmals eingesetzt, um produktoptimale Verkaufskühlmöbel mit Luftbefeuchtung zu gestalten. Aktuelle Untersuchungen haben die Bewertung von Umverpackungen – in erster Linie Pappkartons und Kunststoffsteigen – zum Inhalt.

Aktuelle Projekte

Andere Versuchsfragen sind die Vorkühlung von Beerenobst, die Verringerung mechanischer Belastungen bei Ernte und Aufbereitung oder das schonende, hygienische und umweltgerechte Waschen von Gemüse. In Kooperation mit einem Hersteller von Düsen untersuchen wir, welche Parameter letztlich für den Reinigungsprozess verantwortlich sind. Am Ende soll das Gemüse mit möglichst wenig Wasser und Energie optimal sauber werden.

Frischebestimmung bei Kopfsalat

Ganz aktuelle Projekte befassen sich mit der Vermarktung von ökologisch produzierten Produkten. Unter anderem untersuchen wir, wie die Vermarktungsströme bei ökologisch erzeugter Ware aussehen und wie sie verbessert werden können.

Ein weiteres Arbeitsgebiet befasst sich mit der Frage Mensch und Arbeit. Ein computergestütztes Verfahren wird zurzeit weiterentwickelt, um Bewegungen, beispielsweise das Sortieren von Äpfeln, objektiv zu analysieren. Ein anderes Projekt widmet sich der arbeitswirtschaftlichen Bewertung der Ernte von Spargel, wo in den letzten Jahren große technische Neuerungen zu verzeichnen sind.

Zur Durchführung der Untersuchungen stehen der Abteilung „Technik im Gartenbau" moderne, präzise arbeitende Prüfstände in einer Versuchshalle und in mehreren Laboren zur Verfügung. ■

Dr. Martin Geyer, Institut für Agrartechnik Bornim, Abteilung Technik im Gartenbau, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, E-mail: geyer@atb-potsdam.de, Homepage: www.atb-potsdam.de

BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau, Braunschweig

Mehltau an Weihnachtssternen

Der Anbau gärtnerischer Kulturen stellt die intensivste Form der pflanzlichen Produktion dar. Auf nur etwa 200.000 ha (rd. 1 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche) werden mit Hilfe modernster Technik 10 % des gesamten landwirtschaftlichen Produktionswertes erzeugt. Die Vielfalt der gärtnerischen Kulturen (mehr als 600 Arten) liefert zudem einen wichtigen Beitrag zur biologischen Vielfalt. Im Mittelpunkt dieser Produktion steht der Erhalt einer gesunden, leistungsfähigen Pflanze.

Im Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau der Biologischen Bundesanstalt (BBA) in Braunschweig werden zur Erfüllung der gesetzlich vorgegebenen Aufgaben folgende Themen bearbeitet:

- Beratung der Agrarpolitik in Fragen des Pflanzenschutzes;
- Bewertung der Wirksamkeit, der Phytotoxizität sowie des Nutzens von Pflanzenschutzmitteln für gartenbauliche Kulturen, Weinbau, Hopfen sowie den Haus- und Kleingartenbereich;
- Mitwirkung beim Schließen von Bekämpfungslücken;
- Prüfung von Kulturpflanzen auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Schadorganismen sowie Entwicklung spezifischer Methoden der Resistenzprüfung;
- Mitwirkung bei der Analyse von Risiken hinsichtlich der Ein- und Verschleppung von Schadorganismen;
- Diagnose und Biologie von Schadorganismen;
- Entwicklung von nachhaltigen Pflanzenschutzkonzepten;
- Entwicklung von Kriterienkatalogen als Grundlage für die unabhängige Zertifizierung der Produktionsqualität im Sinne des vorsorgenden Verbraucherschutzes (Agrar-Audit).

Vielfältiges Arbeitsspektrum

Im Mittelpunkt der Arbeiten zu Schadorganismen stehen die Diagnose, Epidemiologie und Bekämpfung von neuen Krankheitserregern, wie dem Bakterium *Ralstonia solanacearum* an Pelargonien, einem Quarantäneschaderreger, der nach Deutschland eingeschleppt wurde. Große Bedrohung besteht derzeit durch *Phytophthora ramorum,* einen pilzähnlichen Organismus, der in Europa zu Absterbeerscheinungen an Rhododendron und Viburnum führt. In den USA wurde er als Verursacher des „Sudden Oak Death" (Eichensterben) identifiziert. Grundlegende Arbeiten zu diesem Erreger wurden im Institut durchgeführt – unter anderm wurde hier entdeckt, dass es sich um eine neue *Phytophthora*-Art handelt.

Ein wichtiges Element des nachhaltigen Pflanzenschutzes ist der Anbau resistenter Sorten. In Zusammenarbeit mit dem Bundessortenamt (BSA) werden im Institut zahlreiche Sortimente auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen Schadorganismen geprüft.

Bei den Schädlingen stehen Blattläuse, Kleinzikaden, Gemüsefliegen und Schmetterlingsraupen im Vordergrund. Für die wichtigsten Schädlinge an Kohl- und Zwiebelkulturen wurden Bekämpfungsschwellen erarbeitet. Dadurch konnte der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln um bis zu 50 % gesenkt werden.

Mit Hilfe von im Institut entwickelten Simulationsmodellen kann das zeitliche Auftreten von wichtigen Gemüseschädlingen sicher prognostiziert werden. Im Gewächshausbereich stehen Arbeiten zur biologischen Schädlingsbekämpfung mit natürlichen Gegenspielern im Vordergrund (vgl. Beitrag auf S. 8). Im Öffentlichen Grün werden neu eingeschleppte Schädlinge wie Kastanienminiermotte und Rhododendronzikade untersucht.

Ökologischer Landbau

Am „Bundesprogramm Ökologischer Landbau" beteiligt sich das Institut mit zwei Projekten, in denen es um Pflanzenschutzkonzepte für Baumschulen und um Blattlausbekämpfung in Gemüsekulturen durch Mulchen geht. ■

Labor- und Gewächshausflächen des Instituts am BBA-Standort Braunschweig

Dr. Martin Hommes, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-mail: m.hommes@bba.de, homepage: www.bba.de

Bundesforschungsanstalt für Fischerei

Beschlüsse des EU-Fischereirats können den Kabeljau nicht retten

In seiner Sitzung vom 16.–20. Dezember 2002 hat der Fischereirat der EU Maßnahmen zur Bewirtschaftung der europäischen Fischbestände und zur Neufassung der Gemeinsamen Europäischen Fischereipolitik beschlossen. Von diesen Maßnahmen erwartet die EU ein Ende der bisherigen „fehlerhaften Fischereipolitik".

Nach Auffassung der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) in Hamburg reichen die vom Fischereirat beschlossenen Fangquoten und technischen Maßnahmen aber für eine nachhaltige Bewirtschaftung der europäischen Fischbestände nicht aus.

Im Jahresgutachten 2002 des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES) wurde auf die dramatische Lage des Nordseekabeljau-Bestandes hingewiesen. Der ICES empfahl, jede Fischerei auf diesen Bestand einzustellen. Darüber hinaus sollen Fischereien, in denen Kabeljau als Beifang auftritt, ebenfalls stark reduziert werden, um die tatsächliche Entnahme dieser Fischart auf ein Minimum zu reduzieren. Hintergrund dieser Empfehlung ist, dass selbst bei einem Verbot der gezielten Kabeljaufischerei durch die Fischereien auf Schellfisch, Wittling, Scholle, Kaisergranat sowie die Industriefischerei so große Mengen an Kabeljau mitgefangen werden, dass sich der Nordseekabeljau-Bestand nicht wieder erholen kann.

Erinnerung an bessere Tage: Ein ausgewachsenes Kabeljau-Exemplar an Bord des Forschungsschiffes „Walther Herwig III"

Abweichend von dieser wissenschaftlichen Empfehlung hatte die EU-Kommission vorgeschlagen, die Gesamtanlandemenge für den Nordsee-Kabeljau lediglich um 66 % zu senken. Der Fischereirat der EU hat sich dagegen nochmals weiter von der Empfehlung des ICES entfernt und eine Kürzung der Anlandemenge um nur 45 % beschlossen.

Um nicht nur die Anlandungen, sondern auch die Fänge von Kabeljau zu senken, wird erstmals eine Beschränkung der Fangtage auf See eingeführt. So dürfen Kabeljaufänger nur noch 9 Tage im Monat auf See arbeiten, wenn sie Schleppnetze einsetzen, 16 Tage wenn sie mit Stellnetzen arbeiten oder 19 Tage wenn sie mit Angeln fischen. Schollen- und Seezungenfänger haben 15 Arbeitstage mit Baumkurren-Netzen zur Verfügung, die Industriefischerei 23 Tage pro Monat. Allerdings sind die Seetage zwischen einzelnen Schiffen transferierbar.

Die Beschlüsse des Fischereirats für 2003 erlauben damit Anlandungen von Nordseekabeljau in Höhe von 27.300 t (EU und Norwegen) sowie die unvermeidbaren Beifänge in den anderen Fischereien in unbegrenzter Höhe. Sollten die oben angegebenen Beschränkungen nicht zu einer tatsächlichen Aufwandsverminderung führen, so könnten nach Schätzungen der BFAFi 2003 bis zu 70.000 t Kabeljau gefangen werden. Das Ziel einer maximalen Schonung des Kabeljaubestandes wird damit deutlich verfehlt.

Vor diesem Hintergrund, so erklärte der Leiter der BFAFi Dr. Gerd Hubold, müssen die jetzt vom Fischereirat getroffenen Entscheidungen für die nachhaltige Bewirtschaftung der kritischen Nordseefischbestände als nicht ausreichend bezeichnet werden.

Eine Kurzdarstellung der Fischereirats-Beschlüsse ist im Internet unter http://europa.eu.int/comm/fisheries/news_corner/press/inf02_61_de.htm zu finden.

(BFAFi)

Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen

Alte Rebsorten neu entdeckt

Unerwartete Schätze in Heidelberger Weinbergen

Wissenschaftler des Instituts für Rebenzüchtung Geilweilerhof haben in alten Weinbergen an der badischen Bergstraße bei Heidelberg sehr seltene Rebsorten, darunter auch einige Stöcke der uralten Sorte Weißer Heunisch gefunden – kulturhistorisch eine kleine Sensation.

Trauben der alten Rebsorte „Primitivo"

Erika Dettweiler und Andreas Jung, Rebenkundler an dem zur Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) gehörenden Institut, hatten vier alte Weinberge aufgespürt, in denen rund 50 verschiedene, noch wurzelecht bestockte Rebsorten kultiviert werden. Mit Hilfe klassischer und molekulargenetischer Methoden konnten die Spezialisten die Sortenzugehörigkeit der insgesamt rund 1.500 Rebstöcke bestimmen. Dabei fanden sie sehr seltene Sorten, die aus dem Anbau fast verschwunden sind wie Blauer Elbling und Seidentraube sowie einst aus Ungarn bzw. Italien importierte Sorten wie Primitivo oder Honigler, die selbst in alten Rebsortenbüchern für Heidelberg nicht belegt waren. Der Aufsehen erregendste Fund aber waren einzelne Rebstöcke der Sorte Weißer Heunisch. Heute fast ausgestorben, im Mittelalter aber weit verbreitet, stammen mindestens 72 Rebsorten, zum Beispiel Riesling, Lemberger und Chardonnay direkt von ihm ab. Dies ist der erste Neufund seit mehreren

Jahrzehnten. In früheren Jahrhunderten verlief die flächenmäßige Ausdehnung des Heunisch quer durch Mitteleuropa von Ungarn, Kroatien und Mähren bis nach Nordostfrankreich.

Mit solch einem Fund war in Deutschland kaum noch zu rechnen, da durch die Einschleppung der Reblaus und aggressiver Mehltau-Krankheiten, durch Flurbereinigung und Rationalisierung die Rebsortenvielfalt stark reduziert wurde. Viele der alten, einst in Deutschland verbreiteten Sorten wurden ganz aus dem Anbau verdrängt und haben nur vereinzelt in wissenschaftlichen Sortimenten überlebt. Daher ist jeder der vier untersuchten Heidelberger Weinberge für sich genommen einzigartig und erhaltenswert – leisten sie doch einen Beitrag zum Erhalt der genetischen Vielfalt bei einer der ältesten Kulturpflanzen des Menschen.

Möglich wurde die exakte Sortenbestimmung durch moderne molekulargenetische Methoden („Genetischer Fingerabdruck") sowie durch Vergleiche mit der fast 3.000 Rebsorten umfassenden Referenzsammlung des Instituts für Rebenzüchtung Geilweilerhof.

Im Internet-Portal der Bundesforschungsanstalten berichten die Wissenschaftler ausführlich über ihre Entdeckung (www.bmvel-forschung.de, Rubrik „Ausgewählte Themen"). *(BAZ)*

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Österreich ehrt Prof. Klingauf

Ehemaliger BBA-Präsident mit Großem Ehrenzeichen ausgezeichnet

Prof. Dr. Fred Klingauf, bis 2001 langjähriger Präsident der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) und ehemaliger Präsident des Senats der Bundesforschungsanstalten, ist mit dem Großen Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich ausgezeichnet worden. Die feierliche Verleihung wurde im Auftrag des Bundespräsidenten der Republik Österreich vom Österreichischen Botschafter im Rahmen eines Empfangs in der Österreichischen Botschaft zu Berlin vorgenommen.

Der ehemalige BBA-Präsident Prof. Klingauf erhielt das Große Ehrenzeichen der Republik Österreich

Professor Klingauf erhielt diese außerordentlich hohe Auszeichnung als Anerkennung für sein großes Engagement in der Entwicklung des Integrierten Pflanzenschutzes und seine tatkräftigen Bemühungen für die erfolgreiche Vereinbarung zwischen Deutschland und Österreich auf dem Gebiet der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. *(Senat)*

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Herstellerverband für biologische Pflanzenschutzmittel gegründet

Die Hersteller biologischer Pflanzenschutzmittel aus Deutschland, Österreich und der Schweiz haben sich zum „IVB Herstellerverband biologischer Pflanzenschutz" zusammengeschlossen. Die Gründungsversammlung fand im Dezember 2002 am Institut für biologischen Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Darmstadt statt. Nicht ohne Grund: Aus diesem Hause kamen wesentliche Anstöße dazu.

„Wer A sagt, muss auch B sagen", begrüßt Dr. Jürg Huber, Leiter des Darmstädter BBA-Instituts, die Initiative. Der Industrieverband Agrar (IVA) vertritt die Hersteller von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland. Mit dem IVB ist nun ein neues Vertretungsorgan gegründet, das speziell die Hersteller von mikrobiologischen und mineralischen Pflanzenschutzmitteln, von Pflanzenextrakten und Pheromonen in ihrer Arbeit unterstützt. Der Vorsitzende des IVB, Dr. Hubertus Kleeberg, erklärte, dass biologische Pflanzenschutzmittel nicht nur dem Ökologischen Landbau, sondern auch dem integrierten Anbau praxisnahe und gleichzeitig zukunftsweisende Lösungen bieten. Dabei soll der IVB auf der politischen und behördlichen Ebene wie auch beim Ausbau der Forschung und Beratung national und international Druck für den biologischen Pflanzenschutz machen.

Mit dem Programm des Bundesverbraucherministeriums, den Marktanteil von Lebensmitteln aus Ökologischem Landbau in Deutschland in den nächsten 10 Jahren deutlich zu erhöhen, ist mit einem Wachstum des Marktes von biologischen Pflanzenschutzmitteln zu rechnen. *(BBA)*

Gründungsversammlung des IVB am Darmstädter Institut für biologischen Pflanzenschutz. Vorn mitte: IVB-Vorsitzender Hubertus Kleeberg, 4. v.r.: Institutsleiter Jürg Huber

Senat der Bundesforschungsanstalten

Erfolgreiche Grüne Woche in Berlin

Auch in diesem Jahr waren die Forschungseinrichtungen im Geschäftsbereich des Bundesverbraucherschutzministeriums (BMVEL) wieder auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin vertreten.

In der Halle des BMVEL, die in diesem Jahr unter dem Motto „Bäuerliche Landwirtschaft" stand, präsentierte das Informationszentrum Biologische Vielfalt der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) das Thema Kulturpflanzenvielfalt. Schwergewichtiges Beispiel war eine große Kürbispyramide mit Dutzenden verschiedener Sorten, welche die Vielfalt bei Kürbisgewächsen anschaulich zeigte. Korrespondierend dazu informierte die Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) über ihre Arbeiten und zeigte unter anderem verschiedene Linien von Arznei- und Gewürzpflanzen sowie in Petrischalen kleine Anzuchtpflänzchen verschiedener Arten der Gattung *Solanum,* zu der eine unserer bekanntesten Kulturpflanzen gehört – die Kartoffel. Einen Hauch von Feld und Flur brachte die Biologische Bundesanstalt (BBA) in die Halle: Blühender Raps, blühende Kartoffeln und andere Kulturpflanzen waren – im Januar! – live auf einem Stück Acker zu sehen, der sich auf einer Großleinwand bis zum imaginären Horizont fortsetzte. Am Ackerrand zeigte die BBA typische Pflanzen aus Hecken, Feldrainen und anderen Saumbiotopen. Ein eigens produziertes Faltblatt informierte über die Bedeutung dieser Pflanzen für Tiere und ihren Wert als Heilpflanze. Einige blütenbesuchende Nutzinsekten, wie die Florfliege, waren auch unter der Lupe zu bestaunen.

Bundesministerin Renate Künast besuchte beim Rundgang auch die Stände der Bundesforschungsanstalten.

Blick in die Internationale Blumenhalle auf der Grünen Woche in Berlin

Für andere Tiererlebnisse sorgte die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). So konnte man unter anderem typische Drehbürsten testen, an denen sich Kühe gerne scheuern. Der Eindruck: Für Bürsten dieser Art braucht man schon ein ziemlich dickes Fell.

In der Internationalen Blumenhalle stellten sich die beiden Leibniz-Einrichtungen IGZ (Institut für Garten- und Zierpflanzenbau) und ATB (Institut für Agrartechnik Bornim) als Mitglieder des Berlin/Brandenburger Kompetenzzentrums Gartenbau vor.

Das Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) brachte sich erfolgreich in das schon fast traditionelle Ost-West-Agrarforum ein. Hier wurde in Anwesenheit zahlreicher Minister, unter anderem aus den neuen EU-Beitrittsländern, über Agrarpolitik diskutiert.

Bundesverbraucherschutzministerin Renate Künast zeigte sich erfreut über die wachsende Besucherzahl, die in diesem Jahr bei fast einer halben Million lag: „Die Grüne Woche war ein guter Start ins neue Jahr." *(Senat)*

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Grundwasserschutz in Malta

Deutsche Experten beraten Beitrittsland

Vom 9. bis 12. Dezember 2003 besuchten Frau Sonya Vella und Dr. Duncan Chetcuti Ganado aus Malta die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) und die Biologische Bundesanstalt (BBA) in Braunschweig. Sie sind Koordinatoren einer Arbeitsgruppe, die anlässlich des EU-Beitritts Maltas Regeln für gute landwirtschaftliche Praxis zum Schutz des Grundwassers erarbeiten wird. Dabei werden sie von Fachleuten der FAL, der BBA und des BMVEL beraten. Das von der EU im Rahmen der Twinning light projects geförderte Vorhaben wird im August 2003 mit einem gemeinsamen Workshop in Malta abgeschlossen.

Die Probleme der Landwirtschaft Maltas liegen in der hohen Viehbesatzdichte (4,8 GV/ha), der Überalterung der Landwirte (43 % > 60 Jahre), hohen Nitratgehalten in den Grundwasservorräten, der höchsten Bevölkerungsdichte aller EU-Staaten, Ver- und Entsorgungsproblemen aufgrund des intensiven Tourismus sowie zunehmenden Versalzungsproblemen. Mal-

ta gewinnt rund 40 % seines Trinkwassers aus den begrenzten Grundwasservorkommen, den Rest durch Entsalzung von Meerwasser. *(FAL)*

Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere

Größter BSE-Versuch in Deutschland angelaufen

Studie soll Licht in die Entwicklung der geheimnisvollen Krankheit bringen

Nach rund zweijähriger Vorbereitung hat im Januar auf der Insel Riems das größte BSE-Experiment Deutschlands begonnen. 56 Kälber wurden mit dem Erreger infiziert, indem ihnen jeweils 100 Gramm infektiöses Hirnstammgewebe von an BSE erkrankten Kühen auf die Zunge gegeben wurde. Ziel ist es, den Verlauf der Krankheit vom Beginn der Infektion bis zum Erscheinen der Symptome zu erforschen sowie Proben von sicher infizierten, jedoch noch nicht klinisch erkrankten Tieren zu gewinnen. Denn noch immer ist nicht genau bekannt, wie die Erreger den Weg vom Darmtrakt in das Gehirn finden.

Um hier neue Erkenntnisse zu gewinnen, werden den Rindern in Abständen zwischen sechs Wochen und vier Monaten Blut und Rückenmarksflüssigkeit entnommen sowie Urin aufgefangen und analysiert. Zudem sollen alle vier Monate jeweils zwei bis fünf Tiere getötet und rund 80 Gewebeproben aus allen Teilen des Körpers – von der Milz bis zur Netzhaut – genauestens auf Erreger untersucht werden.

Aus der Erregerverteilung in den Organen der Rinder wollen die Forscher um Institutsleiter Dr. Martin Groschup auch das Risiko für den Menschen beim Verzehr von Rindfleisch genauer beurteilen. Damit sei diese experimentelle Studie ein wichtiger Beitrag zum Verbraucherschutz, erklärte der Präsident der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV), Professor Thomas C. Mettenleiter. Die Studie ist zudem eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung und Bewertung von BSE-Lebendtests. Bislang ist eine sichere Diagnose der Krankheit nur an getöteten Tieren möglich. Zum Nachweis der Erreger mit den bisherigen Methoden werden Proben aus dem Stammhirn benötigt.

Für die über einen Zeitraum von fünf Jahren gehende Großstudie wurde auf dem Gelände der BFAV ein eigener Versuchsstall errichtet, in dem es die Tiere bis zu ihrem Tod sehr gut haben werden. Die Liegeplätze im lichten Stall sind aus weichen „Komfort-Gummimatten". Das für die Kühe stets vorrätige Futter besteht aus bestem Heu bzw. Mais. Natürlich wurde auch an die Sicherheit gedacht: Vogelschutznetze im Freigangbereich sollen verhindern, dass Vögel in den Stall fliegen und Stroh oder Rinderkot verschleppen; die anfallende Gülle – täglich mehr als tausend Liter – wird sterilisiert.

Parallel zu den klinischen Versuchen hat das BFAV-Institut für Epidemiologie in Wusterhausen bei Berlin eine großflächig angelegte Felderhebung begonnen, mit der geklärt werden soll, welchen Einfluss Futtermittel wie Milchaustauscher auf die BSE-Verbreitung in Deutschland hatten bzw. haben. Dazu ist ein Fragebogen entwickelt worden, der an mehrere Tausend Landwirte in Bayern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein verschickt werden soll, so BFAV-Epidemiologe Dr. Matthias Kramer. Mit dieser Studie wollen die Wissenschaftler für die Jahre 1994 bis 1997 die Futtermittelsituation der von BSE-Erkankungen betroffenen Betriebe mit den Verhältnissen nicht betroffener Höfe vergleichen. *(Senat)*

Letzte Arbeiten am neuen BSE-Sicherheitsstall auf dem Riems kurz vor dem Einzug der Versuchstiere. Unten: Die ersten Kälber sind im Stall.

Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere

Paratuberkulose beim Rind

Paratuberkulose bei Rindern ist weit verbreitet. Im Jahr 2002 wurden in Deutschland 240 Fälle gemeldet. Da die Symptome sehr unspezifisch sind und eine sichere Frühdiagnose der Infektion bislang nicht möglich ist, muss davon ausgegangen werden, dass diese Fälle nur die Spitze des Eisbergs darstellen. Ein neuer Ratgeber mit Hygiene-Empfehlungen soll es den Landwirten erleichtern, ihre Tiere vor einer Ansteckung zu schützen.

Bei der Paratuberkulose des Rindes handelt es sich um eine chronisch verlaufende, unheilbare Darmerkrankung mit tödlichem Ausgang. Hervorgerufen wird sie durch *Mycobacterium paratuberculosis.* Die Tiere infizieren sich oft bereits als Kälber über die Milch ihrer Mütter oder über Futter, das mit dem Kot infizierter Tiere verschmutzt ist. Die Bakterien nisten sich in der Darmwand des Rindes ein und verursachen eine sehr langsam verlaufende Entzündung des Dünndarms. Nach einer langen symptomlosen Periode über meist mehrere Jahre treten bei infizierten Rindern zunächst Leistungsverluste, dann immer wiederkehrende Durchfälle und fortschreitende Abmagerung auf. In den Herden erkranken meist nur einzelne Tiere, die jedoch, bis die Krankheit erkennbar wird, über längere Zeit große Keimmengen ausscheiden (100 Millionen Keime und mehr pro Gramm Kot).

Von der Paratuberkulose sind besonders milchwirtschaftliche Betriebe betroffen. Die ökonomischen Verluste durch Rückgang der Milchleistung und vorzeitigen Abgang der Tiere sind erheblich.

Die Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV) hat unter Mitwirkung von Wissenschaftlern der Tierärztlichen Hochschule Hannover, des Landesuntersuchungsamtes Rheinland-Pfalz und des Thüringer Landesamtes für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz Hygiene-Empfehlungen zur Paratuberkulose des Rindes erarbeitet und veröffentlicht.

Der Ratgeber „Paratuberkulose" richtet sich an Rinderhalter, die eine Einschleppung und Verbreitung dieser Krankheit vermeiden wollen. Gleichzeitig sind die empfohlenen Hygienemaßnahmen geeignet, auch andere Krankheitserreger wie Salmonellen besser zu beherrschen. Der Ratgeber „Paratuberkulose" ist auf der Homepage der BFAV unter www.bfav.de/organisation/ifed/krankheiten/mycobacterium.html zu finden. Dem Ratgeber ist ein Fragebogen angegliedert, der zur Feststellung des Hygienestatus von Milchviehbetrieben verwendet werden kann. *(BFAV)*

Senat der Bundesforschungsanstalten

ForschungsReport im Internet

Für alle, die an älteren Ausgaben des ForschungsReports interessiert sind oder einzelne Artikel aus vorangegangenen Heften nachlesen wollen, bietet das Internet-Portal der BMVEL-Forschungseinrichtungen den richtigen Anlaufpunkt. Unter der Adresse www.bmvel-forschung.de sind neben Pressemitteilungen, Veranstaltungshinweisen und anderen Informationen auch die Ausgaben des ForschungsReports ab dem Jahrgang 1997 als pdf-Dateien in der Rubrik „Publikationen" zu finden.

Eine Suchfunktion erleichtert die gezielte Suche nach Stichwörten. *(Senat)*

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung

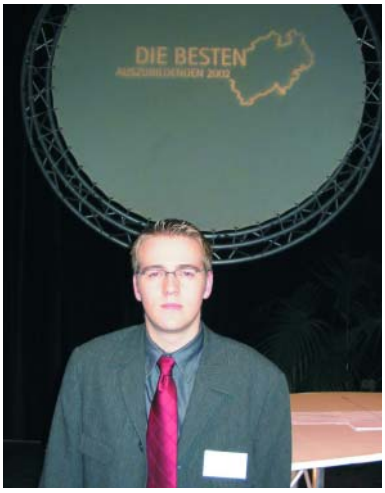
Informationssystem zu Europas Gewässerqualität

Zur Entwicklung eines vertriebsfähigen Informations- und Simulationssystems für Nährstoffeinträge in Gewässer kooperiert das Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) mit dem mittelständischen Berliner Unternehmen WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH. Das vom Bundesforschungsministerium geförderte Verbundprojekt ist eng auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie bezogen.

Die aktuelle Gewässerbelastung mit Nährstoffen resultiert nicht zuletzt aus landwirtschaftlicher Nutzung in den jeweiligen Einzugsgebieten. Im ZALF wird derzeit ein modellgestütztes Entscheidungsunterstützungssystem aufgebaut, welches die von der Landwirtschaft verursachten Gewässerbelastungen simulieren kann.

Darauf aufbauend vereinbarten das ZALF und die WASY die gemeinsame Entwicklung eines Informations- und Simulationssystems zu diffusen Nährstoffeinträgen. Innerhalb von zwei Jahren werden Know-how, Computermodelle und Geodatenzugriffe zur nachhaltigen Land- und Wasserbewirtschaftung in einer vertriebsfähigen, praxisnahen Softwarelösung zusammengeführt.

„Modelle sollen helfen, aus Böden freigesetzte Nährstoffe auf ihrem unterirdischen Transportpfad bis zum Oberflächengewässer zu simulieren und Prozessveränderungen zu prognostizieren", so Dr. Ralf Dannowski, Projektkoordinator aus dem ZALF. Damit soll geklärt werden, welche Maßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen ergriffen werden können, um die Nährstoffbelastung der Gewässer zu verringern. *(ZALF)*



Durchgestartet: Chemielaborant Jens Krüger aus Detmold

Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung

Landesbester Chemielaborant kommt aus der BAGKF

Jens Krüger einer der besten Azubis in Nordrhein-Westfalen

Ebenso wie andere Bundesforschungsanstalten ist auch die Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGKF) als Ausbilder tätig. Einen besonderen Erfolg gab es jetzt in Detmold: Jens Krüger, Auszubildender im Detmolder Anstaltsteil der BAGKF, gehörte im Landesvergleich Nordrhein-Westfalen zu den beiden besten Azubis 2002 in seinem Beruf als Chemielaborant. Mit einer glatten Eins und einer um ein halbes Jahr verkürzten Ausbildungszeit hat Herr Krüger damit seine Ausbildung an der Bundesforschungsanstalt äußerst erfolgreich beendet. Landesweit nahmen mehr als 77.000 Auszubildende an den letztjährigen Abschlussprüfungen teil, von denen die jeweils besten ihres Faches im Rahmen einer Feierstunde in der Stadthalle Hagen geehrt wurden. „Ich habe mich schon immer für Naturwissenschaften interessiert", so der bescheidene Kommentar des 19-Jährigen zu seiner ausgezeichneten Leistung.

Zu Recht verweist Ausbildungsleiter Heinz Themeier von der BAGKF auf einen besonders guten „Azubi-Jahrgang" an

der Forschungsanstalt. Auch die beiden Detmolder Ausbildungsgefährten Nicole Born und Sven Pörschke profitierten von einer verkürzten Ausbildungszeit und starten mit sehr guten Abschlussnoten ins Berufsleben. Jens Krüger arbeitet jetzt im Labor eines Anlagenbauers in Ostwestfalen. *(BAGKF)*

Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere

Die Trennung von der Mutter kann Ferkel krank machen

Nach drei bis vier Wochen Geborgenheit in einer gemeinsamen Bucht mit ihrer Mutter ist die wohlige Kinderstube für Ferkel meist abrupt zu Ende. In der Praxis werden sie dann nicht nur schlagartig von ihrer Mutter getrennt, sondern mit fremden Altersgenossen zusammen in eine neue, für sie unbekannte Umgebung verbracht, wo sie zu fleischreichen Mastschweinen heranwachsen sollen. „Dieses Absetzen von der Mutter ist ein tiefgreifender Prozess, der mit drastischen Veränderungen in der sozialen Umgebung verbunden ist und für die Tiere einen starken akuten Stress bedeutet", meint Dr. Ellen Kanitz, Wissenschaftlerin im Forschungsbereich Verhaltensphysiologie am Dummerstorfer Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN).

Am FBN untersucht man, wie Haltung und Umweltfaktoren die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistung von heranwachsenden Schweinen beeinflussen. Das in schweinehaltenden Betrieben übliche plötzliche Absetzen der Ferkel von der Sau birgt nach den Ergebnissen der Dummerstorfer Forscher gesundheitliche Risiken für die jungen Tiere. Abgesetzte Ferkel zeigen höhere Konzentrationen von Stresshormonen im Blut. Vor allem verringert sich auch die Zellteilungsaktivität von Lymphozyten, welche einen wesentlichen Bestandteil der erfolgreichen Immunabwehr darstellt. „Wir haben gezeigt, dass diese verminderte Immunfunktion zu einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit der abgesetzten Ferkel führt",

erklärt Dr. Margret Tuchscherer aus derselben Arbeitsgruppe. Testet man nämlich die Funktion des Immunsystems, indem man Ferkel mit einem bakteriellen Endotoxin in Berührung bringt, zeigen neu abgesetzte Ferkel eher Krankheitssymptome als noch nicht von der Mutter getrennte Altersgenossen. Obwohl diese Ergebnisse nicht unmittelbar auf den Menschen übertragen werden können, so liefern sie nach Meinung der Forscher doch Hinweise darauf, dass frühkindliche traumatische Erlebnisse, wie die plötzliche Trennung von der Mutter, negative Konsequenzen für die kindliche Immunabwehr und damit für die Widerstandskraft gegen Erkrankungen haben können.

Die Wissenschaftler zeigen auch Möglichkeiten auf, den akuten Stress durch das Absetzen zu vermindern: Wenn die Sau den Ferkelbereich zeitweise verlassen kann oder die Ferkel während der Säugezeit bereits Kontakt mit fremden Artgenossen aufnehmen können, werden die Tiere allmählich an neue Umwelten und die Trennung von der Mutter gewöhnt. Eine allmähliche Trennung von der Mutter ist heutzutage in tierfreundlichen Haltungssystemen auch unter ökonomischen Rahmenbedingungen möglich. *(FBN)*

Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau e.V.

Fusarium-Infektionen an Spargelpflanzen

In Abhängigkeit vom Alter der Spargelanlagen treten zunehmend Probleme mit Pathogenen auf, die zu Ertragseinbußen und Qualitätsminderungen führen. Hauptursache sind Infektionen durch verschiedene *Fusarium*-Arten, die zu Wurzel- und Kronenkrankheiten führen. Bereits im ersten Jahr können Einbußen von 30–60 % durch dünne Stangen entstehen. Die Krankheitserreger können im Boden viele Jahre überdauern, was zum einen zu Neuinfektionen im Bestand selbst führt und zum anderen Probleme im Nachbau bereitet. Die Sporen einiger *Fusarium*-Arten verbreiten sich auch durch die Luft, wodurch Spargelblüten, -früchte und somit schließlich die Samen kontaminiert werden können.

Um eine Vermeidungsstrategie für *Fusarium*-Infektionen an Spargel zu entwickeln, müssen zunächst die dominierenden pathogenen Arten beschrieben werden. Bei Untersuchungen im Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) in Großbeeren wurde *F. oxysporum* in fast allen überprüften Proben gefunden. Auch *F. proliferatum* konnte häufig nachgewiesen werden, allerdings scheint der Befall in Abhängigkeit vom Standort, Bodentyp und Pflanzensorte zu variieren. Die Pilze besiedeln nicht nur die Wurzeln, sondern auch die Stängel. Neben den zwei genannten *Fusarium*-Arten wurden weitere 20 Arten in den Spargelpflanzen gefunden.

Durch Fusarium oxysporum geschädigte Spargeltriebe

Die taxonomische Bestimmung der Isolate beruht auf den morphologischen Eigenschaften der jeweiligen Art, wofür umfangreiche Erfahrungen und Zeit notwendig sind. Schneller und sicherer sind molekularbiologische Identifizierungsmethoden wie PCR-Verfahren, mit denen Unterschiede im Erbgut erkennbar werden. Allerdings sind diese Methoden für die zahlreichen *Fusarium*-Arten an Spargel noch zu etablieren und mit mykologischen Bestimmungsmethoden zu verknüpfen. Angesichts der Bedeutung des Spargelanbaus in Deutschland ist dies ein lohnendes Forschungsfeld, um effektive und umweltschonende Bekämpfungsstrategien zu entwickeln.

(Wenna Xu, IGZ)

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung

Dem Bodenabtrag auf der Spur

Experten diskutierten Muster der Bodenerosion

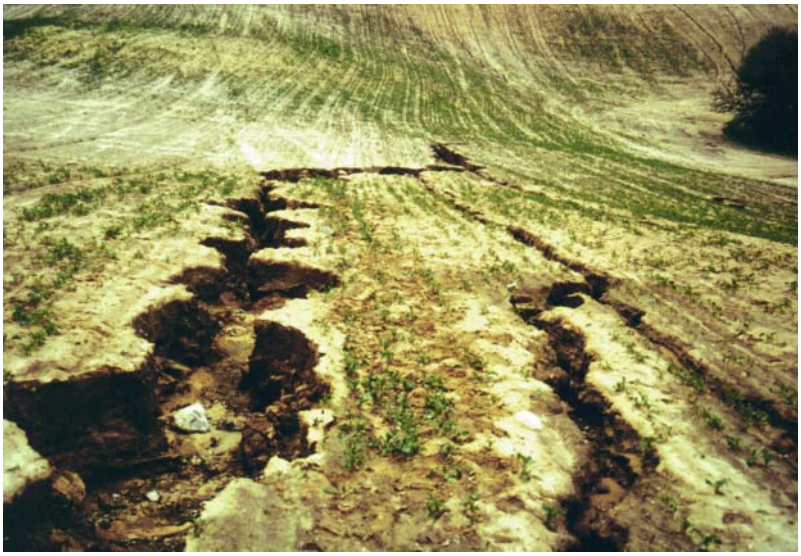
Im Müncheberger Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V. haben vom 10.–12. Oktober 2002 rund 100 Wissenschaftler auf der internationalen Tagung „Bodenerosionsmuster" die Rätsel über Muster von Erosionsbahnen auf Ackerschlägen erörtert. In diesen Erosionsmustern vermuten die Experten viele bisher verborgene Informationen über Boden- und Vegetationsstrukturen, die helfen können, Erosion besser zu verstehen und zu vermeiden.

Auf kahlen Äckern spülen Gewittergüsse oft erhebliche Mengen kostbaren Ackerbodens unwiederbringlich fort. Diese Erosion vollzieht sich entlang bestimmter Abflussbahnen, die als geheimnisvoll wirkende Muster meist lange nach dem Starkregen sichtbar bleiben. Bodenschützer hoffen, dass mit Hilfe solcher Muster Erosionsschäden erklärt und vorausgesagt werden können.

Die Arbeitsgruppe Bodenerosion am ZALF hatte die Experten aus 25 Ländern nach Müncheberg geholt. „Ich bin sicher, dass aus der Vielfalt der vorgestellten Analysen überraschende Gemeinsamkeiten dieser Muster festgestellt werden können", so Dr. Katharina Helming von der Arbeitsgruppe Bodenerosion des ZALF. „Erst aus Sichtung des großen Erfahrungsschatzes sind Regelhaftigkeiten abzuleiten, die europaweit die Erosionsvoraussage und -verhinderung verbessern können."

Essenziell wichtig ist die Musterforschung auch, um Ergebnisse punktueller Erosionsmessungen auf die Größenordnung ganzer Landschaften zu übertragen. *(ZALF)*

Abtragungsspuren auf stark geneigter Ackerfläche in Ostbrandenburg (März 1998): Aus harmlos scheinenden Rillen können nach dem Winter oft Gräben geworden sein, die erhebliche Abtragsmengen liefern.



Bundesanstalt für Fleischforschung

38. Kulmbacher Woche

Vom 6. bis 7. Mai 2003 findet in der Stadthalle Kulmbach die 38. Kulmbacher Woche statt. Veranstalter ist die Bundesanstalt für Fleischforschung. In 19 Vorträgen werden Themen wie Qualität von Bioprodukten, Lebensmittelsicherheit, Qualität von Fleischwaren sowie Fragen der Analytik und der Handelsklasseneinstufung aufgegriffen. Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft führt in die Tagung ein.

Die Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach

Daran anschließend wird am 8. Mai 2003 in der Bundesanstalt für Fleischforschung der 2. Schlachttechnologie-Workshop durchgeführt. Es geht dort um Gasbetäubungsverfahren, die Elektrobetäubung beim Rind und neue Schlachttechnologien als Folge von BSE. *(BAFF)*

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Hat Fleisch in Deutschland eine Zukunft?

Tagung „Fleisch 2025" in der FAL

Wer kann sich bei zunehmender Ressourcenverknappung Fleischkonsum künftig noch leisten? Können die deutschen Produzenten im internationalen Vergleich auf Dauer mithalten? Wer kommt für die zusätzlichen Kosten auf, die durch höhere Tierschutzauflagen entstehen? Diese und andere Fragen wurden in der Vortrags- und Diskussionstagung „Fleisch 2025" thematisiert, die die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) gemeinsam mit ihrer Freundesgesellschaft GdF am 18. März 2003 in Braunschweig veranstaltet hat.

Ziel der Tagung war es, Wegweisungen für die strategische Ausrichtung der Rind-, Schweine- und Geflügelfleischerzeugung in Deutschland zu geben und diese im Kreise von Experten aus Wissenschaft und Praxis zu diskutieren. Der Zeithorizont für die Referenten wurde weit nach vorn gesteckt (Zieljahr 2025), um den Experten Visionen zu entlocken. Mit knappen Vorträgen und viel Zeit für die Diskussion knüpfte die Tagung an dem Konzept an, das im vergangenen Jahr bei

Das Forum, zentrale Tagungsstätte der FAL in Braunschweig

„Milch 2025" gute Resonanz gefunden hatte.

Es ist vorgesehen, die gehaltenen Referate in einem Sonderband der FAL-Zeitschrift „Landbauforschung Völkenrode" zu veröffentlichen. *(FAL)*

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Tagung „Gesunde Umwelt für gesunde Pflanzen"

Pflanzen sind durch Schadstoffe in Luft, Boden und Wasser in vielfältiger Weise betroffen. Pflanzen können Einträge von Schadstoffen filtern oder sie entlang der Nahrungskette (Nahrungs- und Futtermittel) transportieren. Gleichzeitig können Pflanzen auch Schadstoffe im Boden mobilisieren und sich als Indikatoren für Schadstoffbelastungen eignen. Pflanzentoxikologische Aspekte dieser Art sind Thema der Tagung „Gesunde Umwelt für gesunde Pflanzen", welche die Vereinigung für Angewandte Botanik e.V. zusammen mit der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig am 9./10. Oktober 2003 veranstaltet.

Der Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit vor Schadstoffbelastungen erfordert, dass wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse darüber vorliegen, wie sich stoffliche Belastungen auf die Leistungen und auf die Qualität von Pflanzen auswirken. Ziel der Tagung ist es, die Bedeutung von Pflanzen als Senken bzw. Rezeptoren für Schadstoffe aus Atmosphäre und Boden zu beleuchten und damit auch die Bedeutung der botanisch ausgerichteten Forschung im Rahmen der Ökotoxikologie deutlich zu machen. Das Spektrum der Problemstoffe soll Organika, Schwermetalle, Pestizide, umwelt- und klimarelevante Spurengase, Photooxidantien etc. umfassen.

Nähere Informationen hält das FAL-Institut für Agrarökologie in Braunschweig bereit (Tel.: 0531/596-2501, eMail: hanne.schmidt@fal.de). *(H.J. Weigel, FAL)*

Institut für Agrartechnik Bornim

Pack Getreide in den Tank

Internationale Fachtagung „Biogas und Energielandwirtschaft"

Steigende Energiekosten und sinkende Getreidepreise – den Landwirt treffen diese Entwicklungen besonders hart und zwingen ihn zum Umdenken. Gerade Getreidepflanzen eignen sich fast konkurrenzlos gut zur Energiegewinnung. So wird im Idealfall aus dem Landwirt ein Energiewirt: Er managt den Anbau der pflanzlichen Energieträger, die biologische Umsetzung in Biogasreaktoren und den Verkauf als Wärme, Gas oder Strom. Eine Zukunftsvision? Zwar sind die Verfahren noch nicht ausgereift, rechtliche Fragen ungeklärt und ökonomische wie ökologische Bilanzen noch zu erstellen, aber die Experten haben auf breiter Front die Herausforderung angenommen.

Dazu zählen die Wissenschaftler des Instituts für Agrartechnik in Potsdam-Bornim (ATB). Aufgrund langjähriger Kompetenz in Sachen Biogas sind die Bornimer gesuchte Gesprächspartner und Berater.

Damit Biogas künftig in Europa besser genutzt wird, initiiert das ATB gegenwärtig ein EU-weites Expertennetzwerk. Daneben werden technische Neuerungen entwickelt, die dem Betreiber von Biogasanlagen praktisch nützen. Beispielsweise eine elektronische Nase, mit deren Hilfe sich der Gärprozess besser kontrollieren lässt.

In diesem Sinne bot die internationale Tagung „Biogas und Energielandwirtschaft" am 18./19. November 2002 in Potsdam die Plattform für wichtigen Erfahrungsaustausch. Erörtert wurden Fragen nach Anbau und Qualität geeigneter Pflanzen, aber auch Möglichkeiten zur Einspeisung des Biogases in das Erdgasnetz. Weitere Schwerpunkte waren ökonomische und ökologische Gesichtspunkte der Biogasherstellung und -nutzung, besonders im Hinblick auf die Vorteile gegenüber fossilen Energieträgern.

Veranstaltet wurde die Tagung vom ATB zusammen mit der Eco Naturgas Handels GmbH, der Brandenburgischen Energie Technologie Initiative und dem Fachverband Biogas. Herrmann Scheer, Präsident von Eurosolar und Träger des Alternativen Nobelpreises, hielt das Eröffnungsreferat. *(ATB)*

IMPRESSUM

FORSCHUNGSREPORT
Verbraucherschutz – Ernährung – Landwirtschaft
1/2003 (Heft 27)

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

Schriftleitung & Redaktion:
Dr. Michael Welling
Geschäftsstelle des Senats der Bundesforschungsanstalten
c/o Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Messeweg 11/12,
38104 Braunschweig
Tel.: 0531 / 299-3396
Fax: 0531 / 299-3001
E-mail: senat@bba.de

Redaktionsbeirat:
Dr. Stefan Kühne, BBA

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

Internet-Adresse:
http://www.bmvel-forschung.de

Bildnachweis:
AgroConcept GmbH,
G. F. Backhaus, M. Welling

Erscheinungsweise:
Der ForschungsReport erscheint zweimal jährlich

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

ISSN 0931-2277

Druck auf Papier mit Recyclinganteil

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) unterhält einen Forschungsbereich, um wissenschaftliche Entscheidungshilfen für die Verbraucherschutz-, Ernährungs-, und Landwirtschaftspolitik der Bundesregierung zu erarbeiten und damit zugleich die Erkenntnisse auf diesen Gebieten zum Nutzen des Gemeinwohls zu erweitern (Rochusstr. 1, 53123 Bonn, Tel.: 0228/529-0, http://www.verbraucherministerium.de).Dieser Forschungsbereich wird von 10 Bundesforschungsanstalten und der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) 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 Gentechnik festgelegten Aufgaben. Beratung der Bundesregierung und Forschung auf dem Gesamtgebiet des Pflanzen- und Vorratsschutzes; wissenschaftliche Bewertung von Pflanzenschutzmitteln und Mitwirkung bei deren Zulassung; 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.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).

Bundesanstalt für Milchforschung (BAfM):

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

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

Forschungsarbeiten mit dem Ziel der Verbesserung von Qualität und Sicherheit von Getreide, Mehl, Brot und anderen Getreideerzeugnissen, von Kartoffeln und deren Veredelungsprodukten sowie der Lösung wissenschaftlicher und technologischer Fragen im Zusammenhang mit Ölsaaten und -früchten und daraus gewonnenen Nahrungsfetten und -ölen sowie Eiweißstoffen (Schützenberg 12, 32756 Detmold, Tel.: 05231/741-0, www.bagkf.de).

Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF):

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

Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE):

Horizontale, das gesamte Gebiet der Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften umfassende Aufgabenstellungen mit dem Schwerpunkt auf Obst und Gemüse (Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, Tel.: 0721/6625-0, www.bfa-ernaehrung.de).

Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV):

Eine selbstständige Bundesoberbehörde mit im Tierseuchengesetz und Gentechnikgesetz festgelegten Aufgaben. Erforschung und Erarbeitung von Grundlagen für die Bekämpfung viraler Tierseuchen (Boddenblick 5a, 17498 Insel Riems, Tel.: 038351/7-0, www.bfav.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, 040/73962-0, www.bfafh.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 (Neuer Weg 22/23, 06484 Quedlinburg, Tel.: 03946/47-0, www.bafz.de).

Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI):

Konzeption, Entwicklung und Betrieb von Internet-Portalen, Online-Angebot nationaler und internationaler Datenbanken, Beratung in allen Fragen des Informationsmanagements, Forschung und Entwicklung auf den Gebieten Agrardokumentation und Informatik sowie Koordinierung der Dokumentation im Fachinformationssystem Ernährung, Land- und Forstwirtschaft (FIS-ELF) (Villichgasse 17, 53177 Bonn, Tel.: 0228/9548-0, www.zadi.de).

Forschungseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft G. W. Leibniz

Darüber hinaus sind sechs Forschungseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft G. W. Leibniz dem Geschäftsbereich des BMVEL zugeordnet: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA) (Lichtenbergstr. 4, 85748 Garching, Tel.: 089/28914170, dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de); Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V. (ZALF) (Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg, Tel.: 033432/82-0, www.zalf.de); Institut für Agrartechnik 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); Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) (Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, Tel.: 038208/68-5, www.fbn-dummerstorf.de); Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) (Theodor-Lieser-Straße 2, 06120 Halle/S., Tel.: 0345/5008-111, www.iamo.de).

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

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