2/2011

FORSCHUNGS Report

Ernährung | Landwirtschaft | Verbraucherschutz

Landwirtschaft im Zeichen des Klimawandels

Wale unter Beschuss

Ein Weihnachten ohne Zimtsterne?

Expedition in die Sargasso-See

Senat Bundesforschung
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Guten Tag!

Wenn Landwirte an den Klimawandel denken, geraten sie leicht ins Schwitzen. Nicht zu Unrecht, wie ein Blick in die vergangenen Jahre zeigt: Dürreperioden mit Hitzewellen wechselten sich mit Hochwasserereignissen ab. Trockenheit oder extreme Niederschläge ließen teils die Einsaat, teils die Ernte zu einem Problem werden. Allerdings dürfen bei dieser Betrachtung auch die Jahre mit witterungsbedingten Höchsterträgen nicht vergessen werden. Alles in allem sind die Auswirkungen des Klimawandels bereits heute auf Feld und Flur zu spüren.

Ein Charakteristikum der Ressortforschung ist es, nach vorn zu denken, lösungsorientiert zu arbeiten und dabei die Belange der Politik wie auch der Praxis im Blick zu haben.

Treiber und Getriebene

Gerade deshalb hat sich der Forschungsbereich des BMELV, zu dem neben den Bundesforschungsinstituten auch die angegliederten Leibniz-Einrichtungen gehören, bereits frühzeitig mit der vielschichtigen Thematik Klimawandel befasst. Der Schwerpunkt des aktuellen ForschungsReports gibt Ihnen einen Einblick.

So geht es im Eingangsbeitrag über die Möglichkeiten und Grenzen, mithilfe mathematischer Modellierungen verschiedene Klimaszenarien und ihre Auswirkungen auf die Landwirtschaft zu analysieren.

Landwirte sind hinsichtlich des Klimawandels sowohl Treiber als auch Getriebene. Durch die Entwässerung und ackerbauliche Nutzung von Moorböden etwa werden in erheblichem Maße Treibhausgase frei. Eine umweltverträglichere Moornutzung würde hier viel fürs Klima bewirken. Ein interessanter Ansatz zur Verbesserung der Klimabilanz könnte auch sein, organischen Kohlenstoff in Form von Biokohle in den Boden einzubringen und dadurch festzulegen – vor allem, wenn sich so auch noch die Bodenfruchtbarkeit verbessern ließe. Dennoch: Alle Prognosen sprechen dafür, dass die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre weiter steigen wird. Das beeinflusst auch das Wachstum der Kulturpflanzen, nicht nur, was die Höhe der Erträge, sondern auch die Qualität der Ernteprodukte betrifft. Darüber hinaus werden sich ein verändertes Klima und eine enger zusammenwachsende Welt auf das Spektrum der Pflanzenschädlinge und Tierseuchenerreger auswirken.

Auf all dies wird sich die Landwirtschaft einstellen müssen. Doch unsere Produktionssysteme sind nicht statisch. Die Züchtungsforschung zum Beispiel verfügt über ein breites pflanzenzüchterisches Instrumentarium, um Kulturpflanzen an die klimatischen Verhältnisse anzupassen. Und in vielen Regionen der Erde gibt es noch Reserven an landwirtschaftlich nutzbarer Fläche, durch die sich die Agrarproduktion weiter steigern ließe, sofern die entsprechenden politischen und sozialen Rahmenbedingungen stimmen.

Das, was hier nur kurz angerissen wurde, finden Sie vertieft in den Schwerpunktbeiträgen des aktuellen ForschungsReports. In den Artikeln außerhalb unseres Themenschwerpunkts wechseln wir vom Land aufs bzw. ins Meer. Und passend zur Jahreszeit erhalten Sie auch neue Informationen über Cumarin in Zimt. Das sollte Ihnen die Entscheidung, zur Weihnachtszeit bei Zimtsternen zuzugreifen oder nicht, leichter machen.

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen

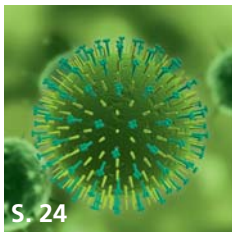
Prof. Dr. Gerhard Rechkemmer
Präsident des Senats der Bundesforschungsinstitute

S. 4

S. 9

S. 14

S. 21


S. 24

S. 40

Berichte aus der Forschung

Klimawandel: Fluch oder Segen für die Landwirtschaft?
Was die LandCaRe-Simulationen sagen 4

Klima Hotspot Moorböden 9

Begünstigt der Klimawandel das
Vordringen neuer Schadorganismen? 14

Russlands Beitrag zur Welternährung
Brachliegende Flächen und niedrige Erträge
bieten ungenutztes Potenzial 18

Klimawandel und Weizenqualität 21

Globalisierung und Klimawandel:
Gibt es noch „exotische" Tierseuchen? 24

Biokohle: ein Kohlenstoffspeicher, der die Böden verbessert 28

Kulturpflanzen für zukünftige Herausforderungen fit machen 31

Wale unter Beschuss
Das Ringen in der Internationalen Walfangkommission 34

Ein Weihnachten ohne Zimtsterne?
Über die Bioverfügbarkeit von Cumarin in Cassia-Zimt 37

Die gesunde Vielfalt: Fisch in der Ernährung 40

Portrait

Julius Kühn-Institut
Kupfer als Pflanzenschutzmittel 43

Forschung „live"

Expedition in die Sargasso-See 44

Schlaglichter

49

Impressum

50

Der Forschungsbereich

51

Klimawandel
Fluch oder Segen für die Landwirtschaft

Was die LandCaRe-Simulationen sagen

Karl-Otto Wenkel, Wilfried Mirschel, Michael Berg, Claas Nendel,
Ralf Wieland (Müncheberg) und Barbara Köstner (Dresden)

Klimawandel und Landwirtschaft – für die einen Fluch, für die anderen eventuell ein Segen. Zukunftsplanungen sind stets mit großen Unsicherheiten behaftet, das wissen Landwirte ebenso wie Forscher: Unsicherheit entsteht, sobald konkrete Aussagen zu den Auswirkungen eines möglichen Klimawandels oder über Optionen für die Anpassung an einem bestimmten Standort zu machen sind. Eine neue Generation interaktiv nutzbarer, modellgestützter Informations- und Entscheidungsunterstützungssysteme kann helfen, die komplexen Folgen eines möglichen Klimawandels für die Landwirtschaft abzuschätzen und besser mit Unsicherheiten umzugehen.

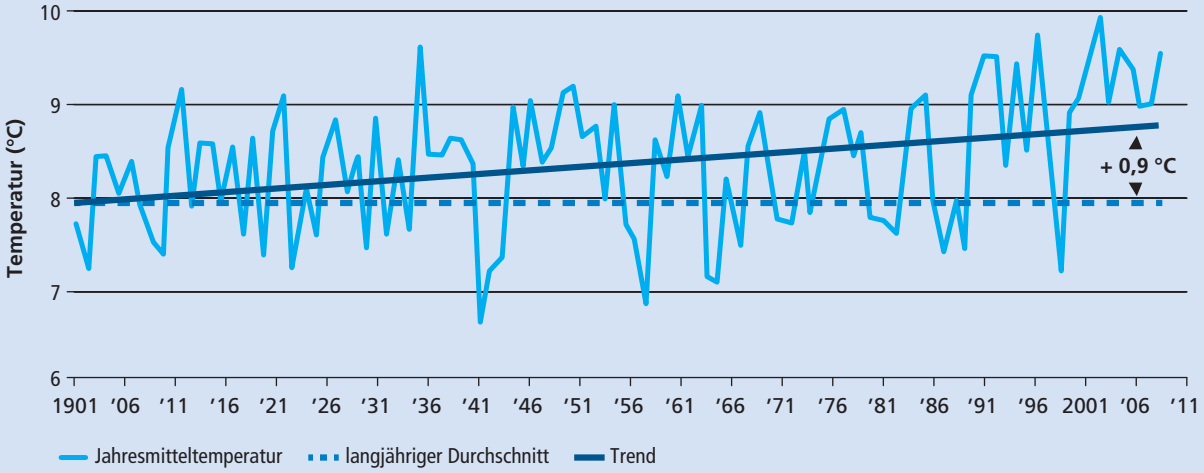
Klimaänderungen in Deutschland – worauf müssen wir uns einstellen?

Das Wetter scheint mehr denn je verrückt zu spielen. Nachrichten über Überschwemmungen infolge von Starkniederschlägen wechseln sich mit Nachrichten über extreme Dürreperioden in immer kürzerer Folge ab. Beispiele hierfür sind das Elbehochwasser 2002, dem ein extremes Trockenjahr 2003 sowie ein Hochertragsjahr für die Landwirtschaft 2004 folgten. Bereits drei Jahre später berichten die Medien erneut über eine ausgeprägte Dürre im April und über Starkniederschläge mit großflächigen Überflutungen im Sommer. Wie die aktuelle Dürreperiode am Horn von Afrika zeigt, kommt es weltweit verstärkt zu solchen Erscheinungen – mit zum Teil drastischen Auswirkungen für die Landwirtschaft.

Im 20. Jahrhundert betrug die beobachtete globale Temperaturerhöhung in der Erdatmosphäre 0,7 °C. Für Deutschland hat der Deutsche Wetterdienst seit 1901 eine Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur von 0,9 °C ermittelt (Abb. 1). Globale Klimamodelle zeigen, dass die durchschnittlichen Jahrestemperaturen in Mitteleuropa bis zum Jahr 2050 zwischen 0,8 °C und 2 °C und bis zum Ende des Jahrhunderts voraussichtlich noch einmal um 2,5 °C bis 4,5 °C steigen könnten.

Bezüglich der Jahresniederschlagssummen wird nur von einer geringfügigen Veränderung ausgegangen. Jedoch wird erwartet, dass sich die Niederschläge saisonal verschieben werden mit einem Trend zur Zunahme im Winter und Abnahme im Sommer. Regionale Unterschiede in der Niederschlagsversorgung werden sich voraussichtlich noch verstärken.

Abb. 1: Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland seit 1901



Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

Klimaänderungen haben komplexe Auswirkungen

Beim Thema Klimaänderungen wird häufig verkürzt nur über die Änderung der physikalischen Klimaelemente wie Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte und Strahlung gesprochen. Doch auch die Zusammensetzung der Atmosphäre mit chemischen Klimaelementen wie CO_2, O_3, NO_x, NH_y und Kohlenwasserstoffen ändert sich. Beides beeinflusst die Agrarökosysteme und die Landwirtschaft in komplexer Weise – positiv wie negativ, direkt und indirekt.

Positiv könnte die Verlängerung der Vegetationsperiode sein, denn sie eröffnet – wenn die Wasserverhältnisse es gestatten – die Möglichkeit, zwei Kulturen statt nur eine pro Saison anzubauen. Auch der indirekte Düngungseffekt durch eine erhöhte CO_2-Konzentration der Atmosphäre sowie die Möglichkeit, ertragsstarke wärmeliebende Kulturpflanzen wie Sojabohnen anzubauen, könnte für die Landwirtschaft vorteilhaft sein, ebenso wie verbesserte Produktionsbedingungen in Regionen, in denen die Temperaturverhältnisse den Anbau leistungsfähiger Kulturarten und Sorten bisher stark eingeschränkt haben.

Allerdings, und das ist die zweite Seite der Medaille, können die stärkeren Klimaschwankungen sowie höherer Wasser- und Hitzestress ein zunehmendes Ertragsrisiko für wichtige Anbaukulturen darstellen. Auch die mögliche Zunahme von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten, die Verschlechterung der Produktqualität, die mögliche Zunahme der Wasser- und Winderosion, von Sturm- und Hagelschäden und schlechterer Ernte- und Bestellbedingungen infolge extremer Wetterereignisse sind Effekte, die negativ zu Buche schlagen können. Das heißt: Der Klimawandel betrifft die Agrarökosysteme in komplexer Weise und in all ihren Funktionen.

Indirekt kann der Klimawandel die Landwirtschaft auch über veränderte Weltagrarpreise beeinflussen. Aus Sicht der landwirtschaftlichen Produzenten können hohe Agrarpreise infolge weltweiter Missernten schlechtere Ertragsleistungen in Einzeljahren sowie steigende Kosten für Energie und Betriebsmittel abpuffern. Umgekehrt belasten geringe Agrarpreise die Betriebsökonomie zusätzlich. Bereits heute wird an den stark schwankenden Preisen deutlich, dass die direkten Wirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft die Weltagrarmärkte nachhaltig beeinflussen.

Modellbasierte Analyse ergänzt Erfahrungswissen

Das regionale Klima stellt neben der Standortqualität eine wesentliche Rahmenbedingung für die Landwirtschaft dar und war bisher relativ verlässlich. Seit einigen Jahrzehnten werden jedoch bekannte Schwankungsbereiche überschritten. Das Erfahrungswissen der Vergangenheit lässt sich deshalb nur eingeschränkt in die Zukunft übertragen. Komplexe mathematische Modelle, die das Systemwissen integrieren und mit dessen Hilfe das zukünftige Systemverhalten komplex analysiert werden kann, könnten helfen, dieses Dilemma zu überwinden.

Die Güte der Klima- und Landnutzungsfolgenabschätzung hängt einerseits vom Systemverständnis und seiner Wiedergabe im Modell ab, andererseits von der Sicherheit und Qualität der treibenden Kräfte, den sogenannten Modell-Inputs. Als ein möglicher methodi-

agrarpress

Hagelschaden im Mais: Unwetter könnten die Landwirtschaft künftig stärker beeinträchtigen.

scher Lösungsweg für das Problem „Planen mit unscharfem und unvollständigem Wissen" bietet sich die modellbasierte Szenarienanalyse an. Fortschritte in der mathematischen Modellierung und in der Informationstechnologie ermöglichen es, die wahrscheinlichen ökologischen und ökonomischen Folgen möglicher Klimaentwicklungen sowie unterschiedlicher Anpassungsstrategien der Landwirtschaft mit mehreren Modellen und Datenkonstellationen interaktiv zu simulieren. Damit besteht eine Möglichkeit, das beste Wissen über denkbare Klimaentwicklungen mit dem besten ökologischen Wissen sowie möglichen Markt- und Preisentwicklungen zu verknüpfen. Die daraus entstehenden Informationen helfen, effektive betriebsspezifische Klimaanpassungsstrategien für die Landwirtschaft abzuleiten.

LandCaRe-DSS, eine interaktive modellgestützte Entscheidungshilfe

Ausgangspunkt für die Entwicklung des LandCaRe-DSS war die Überlegung, dass nur ein gut informierter Landwirt, Landschaftsplaner oder sonstiger Akteur im ländlichen Raum gute Entscheidungen treffen kann. Dies führte im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens „Vorsorge- und Gestaltungspotenziale in ländlichen Räumen unter regionalen Wetter- und Klimaänderungen – LandCaRe 2020" zu dem Wunsch nach einem Werkzeug, mit dem unterschiedliche regionale Klimamodelle mit ökologischen und ökonomischen Wirkmodellen verknüpft werden können. Und zwar so, dass sich zukünftige Entwicklungen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen (Schläge, Landkreise, Regionen) abschätzen lassen und Entscheidungen zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel unterstützt werden.

Abb. 2: Grobstruktur des Informations- und Entscheidungsunterstützungssystems LandCaRe-DSS

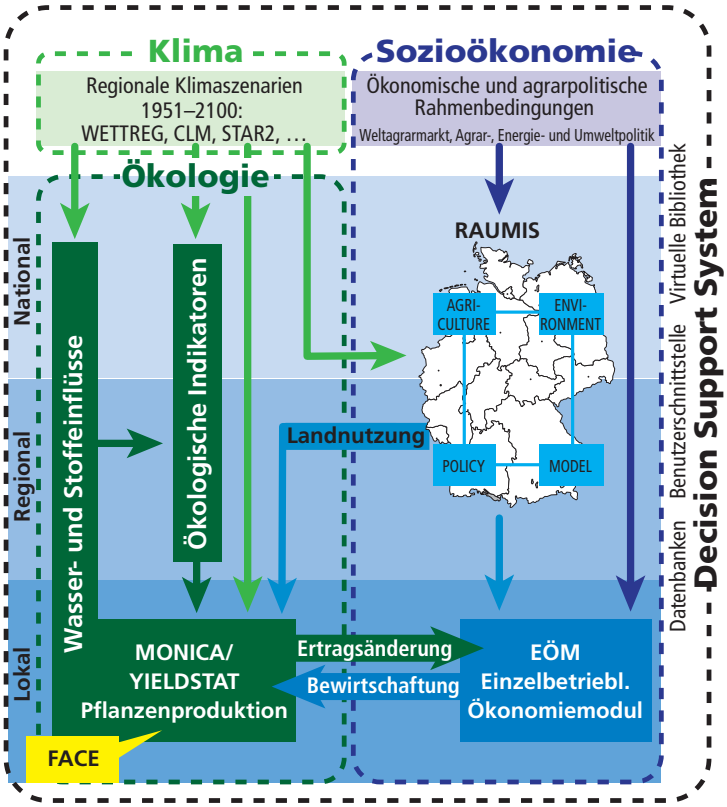
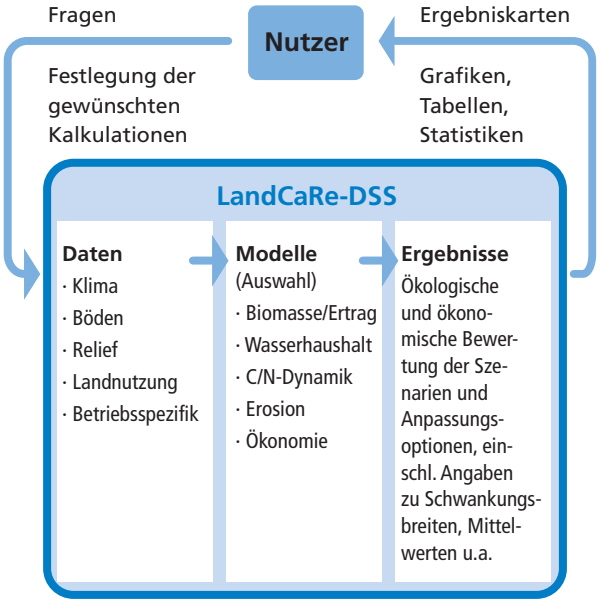


Abb. 3: Prinzipielle Arbeitsweise des LandCaRe-DSS zur Ableitung von Entscheidungen



Das „Land, Climate and Resources – Decision Support System" (LandCaRe-DSS) ist eine solche interaktive Entscheidungshilfe. Sie unterstützt das Lernen um den Klimawandel und seine vielfältigen Auswirkungen, bleibt dabei selbst aber offen und lernfähig, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Anforderungen der Praxis aufzunehmen. Das System unterstützt sektorübergreifende Betrachtungen und stellt sicher, dass bei der Wirkungsanalyse immer von denselben Klimaprojektionen ausgegangen wird.

Zurzeit arbeitet das LandCaRe-DSS mit Daten der regionalen Klimamodelle WETTREG und COSMO-CLM sowie STAR2/2K. Entsprechend den unterschiedlichen räumlichen Ebenen (lokal, regional, national) und Themenbereichen (Klima, Ökologie, Ökonomie) kann es von landwirtschaftlichen Betrieben, aber auch von Beratern, Landkreisen, Verbänden oder Fachbehörden genutzt werden (Abb. 2).

Im Gegensatz zu anderen Entscheidungsunterstützungssystemen lassen sich mit LandCaRe-DSS die Folgen möglicher Anpassungsstrategien an das veränderte Klima quantitativ bewerten, und zwar mit Angaben zu den Streubreiten der jeweiligen Ergebnisgrößen. Es unterstützt Multiensemble- und Multimodellsimulationen, enthält ein Wissens- und Auskunftssystem zum Themenbereich „Klimawandel und Landwirtschaft" und verfügt über ein leistungsfähiges Tool zur interaktiven Analyse von Klimadaten (Abb. 3).

Aktuell enthält das LandCaRe-DSS zehn ökologische Modelle, verknüpft mit einem ökonomischen Modell und verbunden mit Daten verschiedener regionaler Klimamodelle.

Der gegenwärtig vorliegende Prototyp ist für die Region Uckermark (stark trockenheitsgefährdetes Gebiet im Nordostdeutschen Tiefland) und für den ehemaligen Weißeritzkreis (Mittelgebirgslandschaft im Osterzgebirge mit relativ hohen Niederschlägen) validiert.

Erfahrungen aus Szenarioanalysen

Im Rahmen der Pilotstudie Uckermark wurde mit Hilfe des LandCaRe-DSS analysiert, wie sich mögliche regionale Klimaänderungen bis Ende des Jahrhunderts auf die Länge der Vegetationsperiode, die Pflanzenphänologie, die landwirtschaftliche Produktivität, die Verfahrensökonomie, das Erosionsrisiko und den Landschaftswasserhaushalt auswirken. Auch weitere landwirtschaftsbezogene Kenngrößen wurden mit einbezogen.

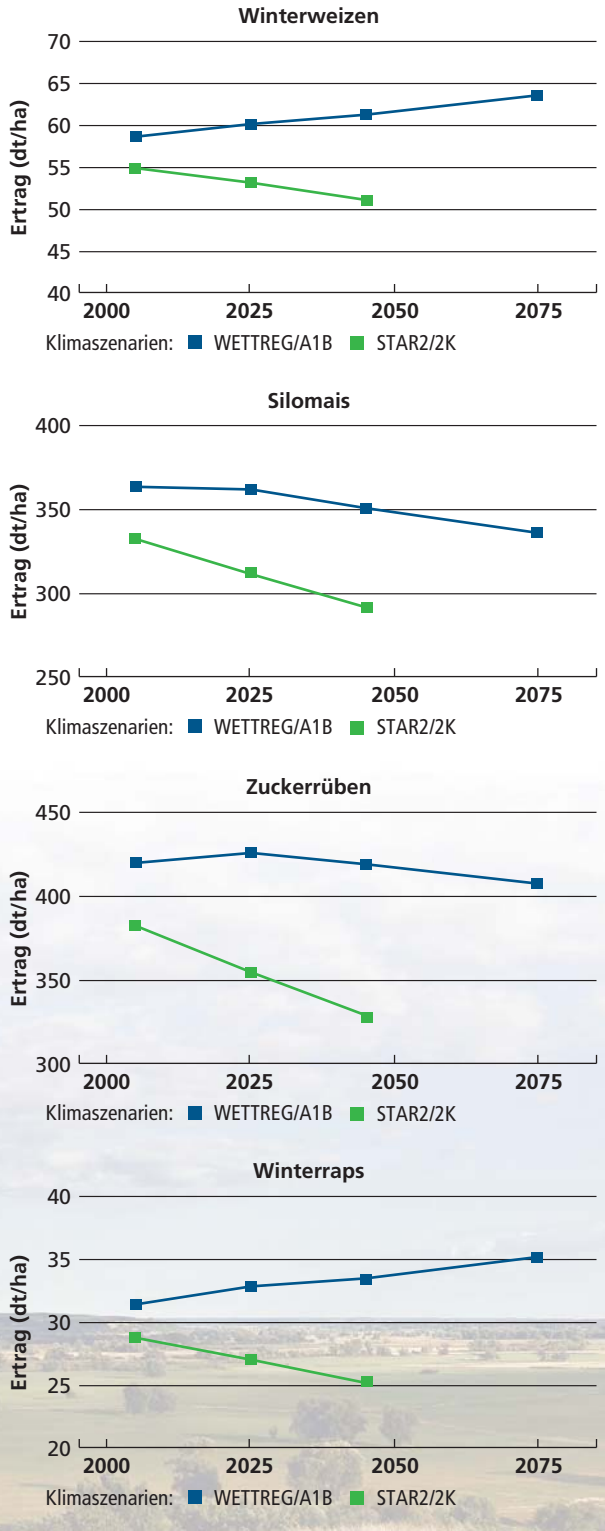
Die erzielten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Nach allem, was gegenwärtig bekannt ist, sind bis 2050 keine dramatischen klimabedingten Auswirkungen auf die Erträge zu erwarten.
- Das Beispiel Uckermark zeigt, dass sich der für diese Region projizierte Klimawandel je nach verwendetem Klimaszenario sehr unterschiedlich auf die Ertragsleistungen landwirtschaftlicher Kulturen auswirkt. Während bei Nutzung des Klimaszenarios STAR2/2K die Wirkmodelle einen Ertragsrückgang sowohl bei Sommer- wie Winterkulturen aufzeigen, werden bei Verwendung von Daten aus WETTREG/A1B steigende Ertragserwartungen für Winterweizen und Winterraps sowie potenzielle Ertragsrückgänge für die Sommerkulturen Silomais und Zuckerrüben ausgewiesen (Abb. 4).
- Das Risiko, dass es zu Wassererosion kommt, verändert sich mittel- bis langfristig nur geringfügig (Tab. 1).

Tab. 1: Klimaeinfluss auf den potenziellen Bodenabtrag durch Wassererosion bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf den Agrarflächen der Uckermark

Klimaperiode	Bodenbearbeitung	
	konventionell	Direktsaat
	Potenzieller Bodenabtrag [t/ha]	
WETTREG/A1B		
2005	0,55	0,33
2025	0,50	0,32
2045	0,45	0,28
2075	0,58	0,28
STAR2/2K		
2005	0,51	0,30
2025	0,53	0,32
2040	0,49	0,27

Abb. 4: Einfluss möglicher Klimaentwicklungen auf die Ertragsleistungen landwirtschaftlicher Kulturen in der Uckermark



Rico K. - Fotolia.com

Tab. 2: Zu erwartender Zusatzwasserbedarf sowie daraus resultierender Mehrertrag (relativ zu unbewässert) für die trockenheitsgefährdeten Agrarstandorte in der Uckermark

Klima-periode	Winter-weizen		Zucker-rüben		Silomais		Kartoffeln	
	ZWB [mm]	ME [%]	ZWB [mm]	ME [%]	ZWB [mm]	ME [%]	ZWB [mm]	ME [%]
2005	99	27	110	25	122	43	102	32
2025	87	23	112	26	119	42	97	30
2045	109	28	132	31	154	56	111	34
2075	127	31	167	40	201	75	126	40

ZWB = Zusatzwasserbedarf, ME = Mehrertrag

agrarpress

- Die Bewässerung ist in der trockenheitsgefährdeten Region eine sehr wirksame Maßnahme, um die Erträge zu stabilisieren und weiter zu steigern. Unter den für die Uckermark postulierten Klimabedingungen kann mittel- bis langfristig der Ertrag durch Zusatzbewässerung bei Winterweizen, Kartoffeln und Zuckerrüben zwischen 25 und 40 % gesteigert werden. Bei Silomais zeigen die Simulationsergebnisse sogar potenzielle Ertragssteigerungen von 43 bis 75 % (Tab. 2).

Prognose positiv

Die deutsche Landwirtschaft hat nach heutigem Wissen genügend Möglichkeiten, sich an die Folgen des prognostizierten Klimawandels anzupassen. Dies trifft aber nur dann zu, wenn sich der Klimawandel nicht noch weiter verschärft. Bis etwa 2050 werden sich voraussichtlich keine dramatischen klimabedingten Ertragsänderungen ergeben, wenn sich die Landwirtschaft kontinuierlich an den Klimawandel anpasst. Da wir mit vielen Unsicherheiten leben müssen, sollten vorwiegend solche Klimaanpassungsmaßnahmen gewählt werden, die sich relativ robust gegenüber unsicheren Entwicklungen verhalten, umsteuerbar und flexibel sind (No-Regret Maßnahmen). Das bedeutet:

Künftig sollten verstärkt alle Möglichkeiten zur Wasserregulierung und Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts genutzt werden.

agrarpress

- die Arten- und Sortenvielfalt im Rahmen erweiterter Fruchtfolgen wieder zu erhöhen, um das Risiko von Ertragseinbußen zu verringern,
- den Humusgehalt der Böden durch organische Düngung, Zwischenfruchtanbau und schonende Bodenbearbeitung zu stabilisieren und zu verbessern,
- einen guten Nährstoffgehalt der Böden nachhaltig zu sichern,
- unproduktive Wasserverluste durch möglichst ganzjährige Bodenbedeckung zu verringern,
- Voraussetzungen für einen möglichst großen Wurzeltiefgang zu schaffen, um Wasservorräte in tieferen Bodenschichten zu erschließen sowie
- alle Möglichkeiten zur Wasserregulierung und Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts zu nutzen.

Zu den möglichen Maßnahmen zur Verbesserung der Pflanzenwasserversorgung zählen nicht nur ingenieurtechnische Maßnahmen der Be- und Entwässerung, sondern auch strukturverbessernde Maßnahmen wie die Anlage von Windschutzhecken oder der verstärkte Übergang zu Agroforstsystemen (Kombination von Baum- und Heckenreihen mit dazwischenliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen).

Nicht zuletzt kann die Pflanzenzüchtung durch neue, stresstolerante und physiologisch flexible Sorten einen wirksamen Beitrag zur Klimaanpassung der Landwirtschaft leisten.

Mehr denn je zeichnet sich ab, dass den Folgen des Klimawandels nicht mit Einzelmaßnahmen allein, sondern nur durch eine sinnvolle Kombination verschiedener Maßnahmen begegnet werden kann. ■

Prof. Dr. Karl-Otto Wenkel, Dr. Wilfried Mirschel, Dipl.-Ing. Michael Berg, Dr. Claas Nendel, Dr. Ralf Wieland, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Institut für Landschaftssystemanalyse, Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg.
E-Mail: wenkel@zalf.de
PD Dr. habil. Barbara Köstner, Technische Universität Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Pienner Str. 23, 01737 Tharandt.

Solche naturnahen Moorlandschaften sind in Deutschland selten geworden: Ungefähr 75 % der Moore werden landwirtschaftlich genutzt, was zu einer enormen Freisetzung von CO_2 führt.

Klima-Hotspot Moorböden

Barbara Michel, Olivia Plättner, Franziska Gründel (Braunschweig)

Bei der Vermeidung klimaschädlicher Treibhausgase gewinnen landwirtschaftlich genutzte Moorböden immer mehr an Bedeutung. Sie sind die größte Einzelquelle für Treibhausgase außerhalb des Energiesektors, vergleichbar etwa mit den jährlichen Emissionen des gesamten deutschen Luftverkehrs. Am Thünen-Institut in Braunschweig stehen deshalb seit 2009 Moorböden im Fokus der Forschung.

Wer einem Moor seine Geheimnisse entlocken will, muss sehr früh auf den Beinen sein. Katharina Leiber-Sauheitl und Bärbel Tiemeyer vom Thünen-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung in Braunschweig fahren dafür schon mitten in der Nacht – gegen halb vier – ins Große Moor bei Gifhorn in Niedersachsen. Wie jede Woche wollen sie Gasflussmessungen in dem entwässerten und landwirtschaftlich genutzten Moor machen. Die Messungen müssen schon vor Sonnenaufgang begonnen werden, um eine Referenz für die Ökosystematmung (das von Pflanzen und Böden freigesetzte CO_2, vgl. Abb. 4) bei niedrigen Bodentemperaturen zu haben. Die beiden Wissenschaftlerinnen untersuchen die Kohlendioxidflüsse, das heißt wie viel CO_2 die Untersuchungsflächen im Verlauf eines Tages aufnehmen und wieder abgeben.

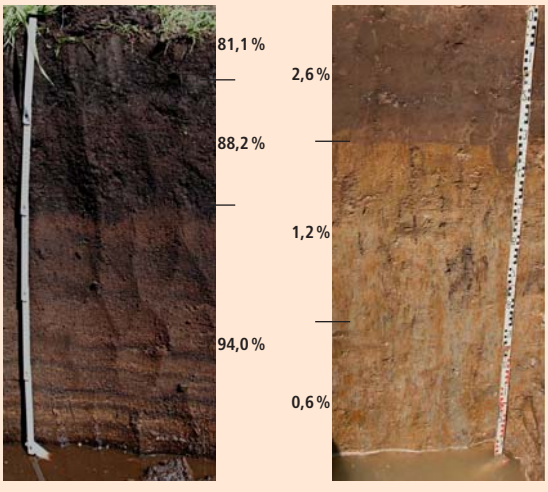
Drainierte (= entwässerte) Moorböden sind „Hotspots" für Treibhausgase: Fast die Hälfte (40 %) der deutschen Emissionen aus

» Info:

Organische und mineralische Böden

Moore und andere Böden mit einem hohen Gehalt an organischer Substanz werden international als „organische Böden" bezeichnet. Moore habe eine Torfauflage von mindestens 30 cm und mit mehr als 30 % organischer Substanz. Torfe entstehen unter wassergesättigten Bedingungen aus unvollständig zersetzten Pflanzen wie z.B. Torfmoosen, Schilf oder Erlen. Durch Entwässerung verschlechtern sich die Bodeneigenschaften der Torfe (Abnahme der Kohlenstoffkonzentrationen, Zunahme der Dichte, Rissbildung), und jährlich verschwinden mehrere Millimeter bis Zentimeter Torf durch Sackung und Zersetzung des Torfs durch Mikroorganismen.

Im Gegensatz zu organischen Böden sind mineralische Böden der „Normalfall" in der Landschaft. Sie entstehen unter dem Einfluss von Klima, Relief, Vegetation und weiteren Faktoren aus verschiedensten Ausgangsgesteinen. Ihr Gehalt an organischer Substanz beträgt meist nur wenige Prozent.



Gehalte an organischer Bodensubstanz

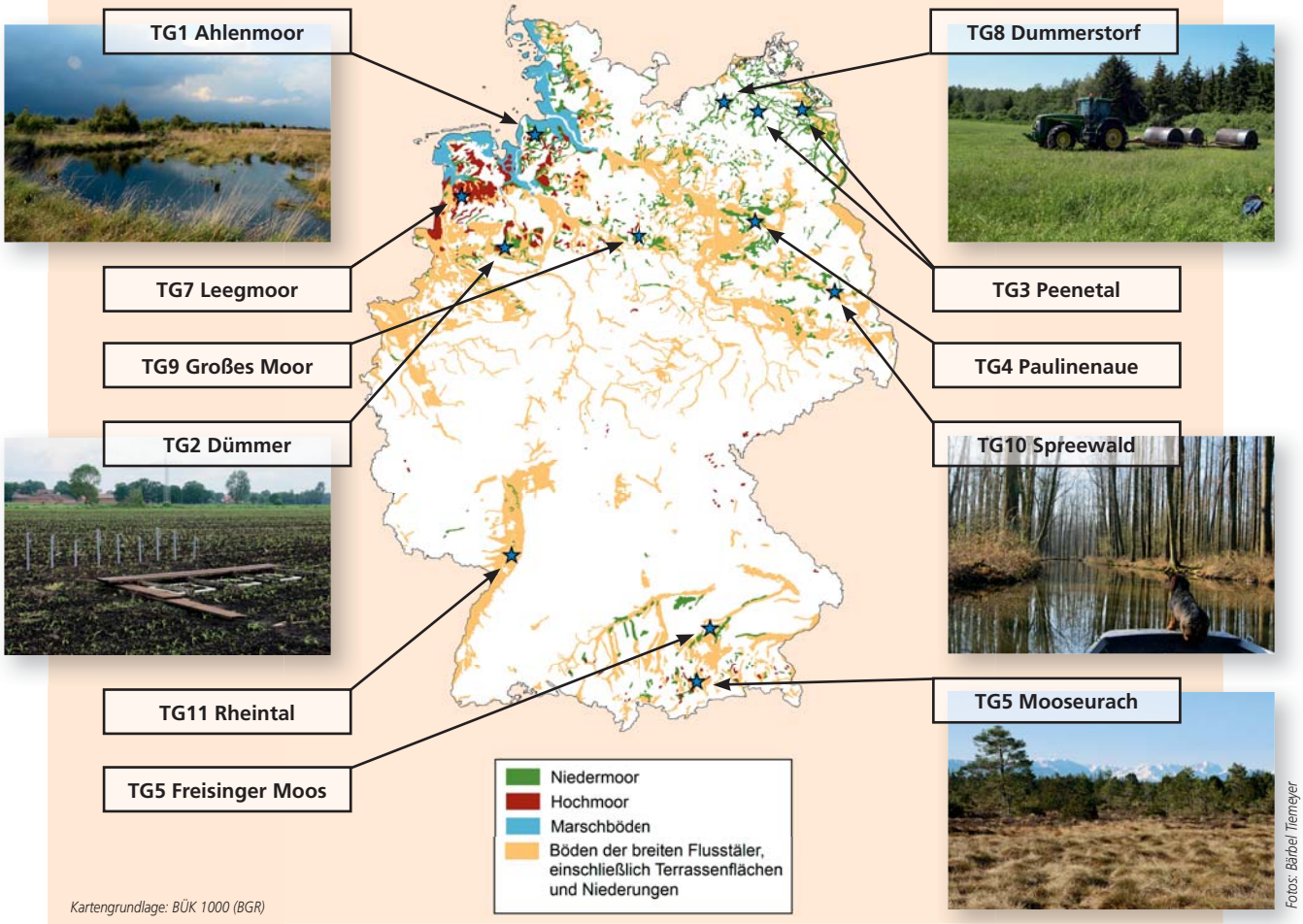
Landwirtschaft und Landnutzung entstehen auf nur 8 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Um Moore landwirtschaftlich zu nutzen, müssen sie künstlich entwässert werden. Die Folge: Durch die Oxidation des im Boden gebundenen Kohlenstoffs entweichen klimarelevante Gase, namentlich Kohlendioxid und Lachgas. Bisher weiß man noch zu wenig über die Emissionen von Treibhausgasen aus drainierten Mooren: Welchen Einfluss haben zum Beispiel die Bewirtschaftung, das Wassermanagement und unterschiedliche Bodeneigenschaften? Wissenschaftler im Verbundprojekt „Organische Böden" (www.organische-boeden.de) wie Enrico Frahm, der sich am Thünen-Institut mit der Bodenhydrologie beschäftigt, versuchen Antworten auf diese Fragen zu finden. Zudem soll im Projekt ein Ansatz entwickelt werden, mit dem die Messungen an Einzelstandorten auf die Gesamtfläche organischer Böden in Deutschland übertragen werden können (Abb. 1).

Klimaschutz durch Moorschutz

Deutschland hat sich mit der Ratifizierung des Kyoto-Protokolls verpflichtet, jährlich eine detaillierte „Buchführung" über Emissionen klimawirksamer Gase und über die seit 1990 ergriffenen Minderungsmaßnahmen vorzulegen. Im Jahr 2009 hat das Thünen-Institut auf der Basis detaillierter georeferenzierter Boden- und Landnutzungsdaten erstmals berechnet, wie hoch die CO_2-Emissionen sind, die durch landwirtschaftliche Nutzung dränierter Moorböden entstehen. Es handelt sich um Größenordnungen von ca. 40 Millionen Tonnen pro Jahr.

Die CO_2-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Moornutzung werden in Deutschland jedoch derzeit bei den Verpflichtungen unter der Klimarahmenkonvention, aber nicht bei den Verpflichtungen zur Emissionsminderung unter dem Kyoto-Protokoll berücksichtigt. Derzeit hätte Deutschland bei der Erfüllung seiner Kyoto-Verpflichtungen keinen Vorteil, wenn es die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorböden mindern würde. Das könnte sich jedoch bald ändern. Bei der nächsten Klimakonferenz (COP) im Dezember 2011 in Durban werden neue Anrechnungsregeln für die Zeit nach 2012 verhandelt, sodass eine klimafreundliche Moornutzung in Zukunft anrechenbar werden könnte. Dann wird es noch wichtiger sein, verbesserte Daten für die Berechnung der Emissionen nutzen zu können. Bisher werden die Emissionen aus

Abb. 1: Moorflächen und weitere potenzielle Flächen organischer Böden in Deutschland und die 11 im Projekt untersuchten Testgebiete (TG)



Kartengrundlage: BÜK 1000 (BGR)

Fotos: Bärbel Tiemeyer

Bärbel Tiemeyer

Moorböden noch so berechnet: Die Fläche organischer Böden (ha) unter Acker- bzw. Grünlandnutzung wird mit dem entsprechenden Emissionsfaktor für Acker und Grünland multipliziert. Die Auswirkungen unterschiedlicher Grundwasserstände oder spezifischer Landnutzungen (z.B. intensive oder extensive Grünlandwirtschaft) können bisher nicht berücksichtigt werden. Genau daran arbeitet derzeit das „Moor-Team" des Thünen-Instituts mit dem Ziel, die deutsche Emissionsberichterstattung für organische Böden unter der Klimarahmenkonvention weiter zu verbessern. Die Datengrundlage bilden bundesweite Messungen an 80 verschiedenen Standorten, die sich auf 11 Testgebiete vor allem in den moorreichen Regionen Nord- und Südwestdeutschlands verteilen (s. Abb. 1). Aber auch im europäischen Kontext sind die Ergebnisse gefragt: Im Rahmen des EU-Projekts „GHG-Europe" (www.ghg-europe.eu), das vom Thünen-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung koordiniert wird, fließen die Ergebnisse in die Berechnung der Treibhausgasbilanz Europas ein.

Moore als Kohlenstoffspeicher

Um zu verstehen, warum drainierte Moorböden große Mengen von Treibhausgasen freisetzen, muss man das Funktionsprinzip des Ökosystems Moor betrachten. Ein intaktes Moor ist durch einen flurnahen Wasserstand gekennzeichnet. Unter Luftabschluss werden torfbildende Pflanzen nicht wie in einem mineralischen Boden zersetzt, sondern konserviert. Aus den unvollständig abgebauten Pflanzenresten entsteht mit der Zeit Torf. Er stellt die erste Vorstufe zur Entstehung fossiler Rohstoffe dar und besteht zu fast 100% aus Kohlenstoffverbindungen. Die Torfbildung ist ein sehr langsamer Prozess, der nach der letzten Eiszeit besonders dort eingesetzt hat, wo es feucht und kühl war. Moore können daher bis zu 10.000 Jahre alt sein und wachsen in etwa einen Millimeter pro Jahr. Holt man im Moor eine Probe aus einem Meter Tiefe, blickt man also auf etwa 1.000 Jahre Erdgeschichte. Ein Moor ist daher nicht nur ein Kohlenstoffspeicher, sondern auch immer ein Archiv der Kultur- und Klimageschichte (siehe Info-Box).

» Info:

Moore – Archive der Vergangenheit

Forscher verschiedenster Disziplinen machen sich die konservierende Eigenschaft der Moore zu Nutze und entlocken dem Moor viele Geheimnisse über unsere kultur- und umweltgeschichtliche Vergangenheit. Dabei reicht der Ursprung einiger Befunde bis weit in die Steinzeit zurück.

Pflanzenfunde: Die Analyse von Pflanzenresten und Pollen liefert Erkenntnisse zur Vegetation und landwirtschaftlichen Nutzung. Anhand von Pflanzen, die nur unter bestimmten klimatischen Bedingungen wachsen, lässt sich die Klimageschichte einer Region nachvollziehen.

Moorleichen: Im Moor versunkene Leichen werden häufig bei Torfstecharbeiten entdeckt. Oft sind die Körper so gut erhalten, dass sich noch Einzelheiten der Gesichtszüge erkennen lassen. Der Zustand der Leiche und eventuelle Grabbeigaben geben Aufschlüsse über Bestattungsriten und Totenkult einer Kultur; Speisereste im Magen deuten auf bestimmte Essgewohnheiten hin; Kleiderfasern liefern Informationen zur Textilverarbeitung.

Sonstige Funde: Werkzeuge, Gegenstände das alltäglichen Bedarfs oder sogar versunkene Fuhrwerke zeugen von den technologischen und handwerklichen Fähigkeiten und ermöglichen Rückschlüsse auf damalige Lebensumstände. Alte Bohlwege, die eine Durchquerung der Moore ermöglichten, zeigen die Vernetzung verschiedener Regionen auf.

Solange im Moor ausreichend Wasser vorhanden ist und der Torf nicht mit Sauerstoff in Kontakt kommt, bleibt der Kohlenstoff gespeichert. Ein natürliches Moor ist aufgrund der Kohlenstoff-Akkumulation meist klimaneutral oder klimapositiv. Problematisch wird es jedoch, wenn ein Moor künstlich entwässert wird (Abb. 2).

Landwirtschaftliche Moornutzung

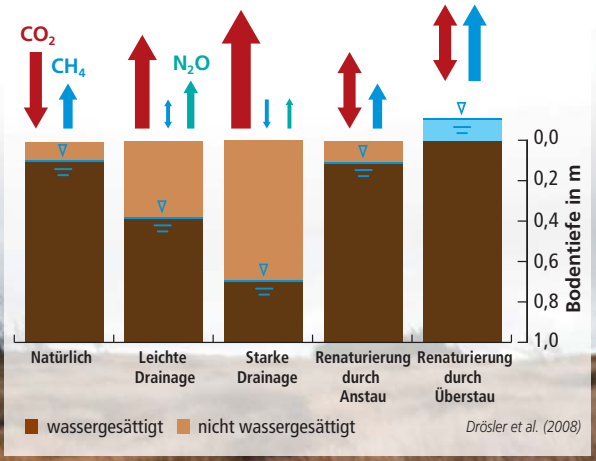
Überall in Deutschland, wo Moorböden aufgrund der klimatischen Bedingungen weit verbreitet sind (Abb. 1), hat die landwirtschaftliche Nutzung dieser Flächen eine lange Tradition. Damit die Standorte genutzt werden können, müssen sie aufwändig bearbeitet und an die Ansprüche der gewünschten Zielfrucht angepasst werden. Am wichtigsten ist dabei die Entwässerung mit Hilfe von Gräben und Drainagen. Dies führt zum Absacken des Geländes, unter anderem verursacht durch den mikrobiellen Abbau der organischen Substanz. Der im Verlauf von Jahrtausenden gespeicherte Kohlenstoff

Barbara Michel

Abb. 3: Umsetzen der Messhaube für die nächste CO_2-Flussmessung, v.l.n.r. Bärbel Tiemeyer, Linn Schröder und Katharina Leiber-Sauheitl.

wird innerhalb von wenigen Jahren umgesetzt und entweicht als CO_2. Zusätzlich werden Moorböden gedüngt und zum Teil mit Sand vermischt, um die Bodeneigenschaften zu verbessern. Vor allem der Anbau von nährstoffhungrigen Kulturpflanzen wie Mais und die intensive Weidewirtschaft heizen dem Klima ordentlich ein. Denn die Düngung mit Stickstoff verursacht zusätzlich zu den CO_2-Emissionen noch die Freisetzung von Lachgas (N_2O), das die rund 300-fache Klimawirkung von CO_2 hat.

Abb. 2.: Einfluss des Wasserstands auf die Emission von Treibhausgasen aus Moorböden

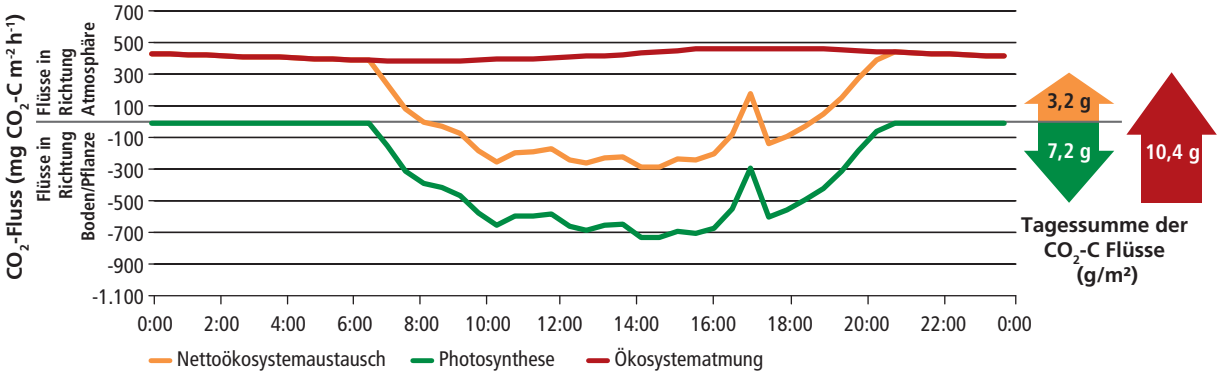


Kompromisse finden

Die Emissionen landwirtschaftlich genutzter Moorstandorte sind unverhältnismäßig hoch im Vergleich zur gesamten Landwirtschaft auf der restlichen Nutzfläche. Die jährlichen Emissionen sind vergleichbar mit denen des deutschen Luftverkehrs, welche bei Überlegungen zur Verringerung von Treibhausgasen weit oben auf der Agenda stehen. Daher wäre es sinnvoll, ebenso auch eine klimafreundlichere Moornutzung in Erwägung zu ziehen. Für die Reduzierung von Treibhausgasen hätte eine klimaschonende Moornutzung große Wirkung auf kleiner Fläche. Dass die landwirtschaftliche Nutzung von drainierten Moorböden jedoch nicht generell verworfen werden kann, liegt auf der Hand – zu viele Landwirte wären davon betroffen. Es geht vielmehr darum, die Nutzung mit den Zielen des Klimaschutzes in Einklang zu bringen. Der Schlüssel dazu liegt in der Regulierung des Wasserstands: Er muss in Richtung der naturnahen Lage eingestellt werden, um einen deutlichen Klimaschutzeffekt zu erzielen.

Ein Kompromiss könnte daher die Wiedervernässung für eine extensive Weidewirtschaft sein oder auch der Anbau mehrjähriger Pflanzen, die einen entsprechend hohen Wasserstand erlauben, für nachwachsende Rohstoffe.

Abb. 4: Tagesgang der CO_2-Flüsse an einem sonnigen Augusttag in einem leicht entwässerten Grünland im „Großen Moor“:



Rote Kurve: *Die Ökosystematmung setzt sich aus pflanzlicher Atmung und Bodenatmung (v.a. Torfmineralisierung) zusammen. Sie wird mit lichtundurchlässigen Hauben gemessen. Ihr Tagesgang hängt vor allem von der Bodentemperatur ab.*
Grüne Kurve: *Die Photosynthese hängt vom Entwicklungsstand der Pflanzen und im Tagesgang vom Sonnenlicht ab. Photosynthese findet von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang statt. Einzelne Wolken reduzieren die Photosynthese, z.B. gegen 16:30 Uhr. Die Photosynthese kann nicht direkt mit Hauben gemessen werden, sondern wird aus Ökostematmung und Nettoökostemaustausch berechnet.*
Orange Kurve: *Der Nettoökostemaustausch wird mit transparenten Hauben gemessen (s. Abb. 3) und ist die klimarelevante Zielgröße. Am Beispieltag wird netto CO_2 freigesetzt. Bei Dunkelheit und schwachem Licht (bis ca. 8 Uhr und nach ca. 19 Uhr) überwiegt die Ökosystematmung, bei starkem Sonnenlicht die Photosynthese.*

Messen, messen, messen

Zurück im Großen Moor bei Gifhorn: Für Katharina Leiber-Sauheitl und Bärbel Tiemeyer bleibt zwischen zwei Messintervallen nur kurz Zeit für einen Schluck Kaffee. Mit Hilfe einer durchsichtigen Haube, die ungefähr dem Volumen von zwei großen Reisekoffern entspricht, messen sie die CO_2-Flüsse zwischen Biosphäre und Atmosphäre (Abb. 3). Eine Messung dauert drei Minuten, danach wird die Haube kurz „gelüftet“ und auf eine neue Messparzelle umgesetzt. In Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung und der Temperatur ändern sich die CO_2-Flüsse im Verlauf eines Tages. Viele Einzelmessungen – rund 50 am Tag – sind deshalb nötig, um einen für die jeweilige Jahreszeit und Vegetation typischen Tagesgang zu bestimmen (Abb. 4). Eine Klimastation, mehrere Grundwasserpegel und weitere Messgeräte gehören zum Inventar aller Testgebiete im Verbundprojekt. Sie erfassen eine Vielzahl von meteorologischen und hydrologischen Daten. Die beiden Wissenschaftlerinnen benötigen all diese Informationen, um die Emissionen ihrer Messparzellen möglichst genau zu berechnen.

Ein langer, sonnenreicher Arbeitstag im Moor neigt sich dem Ende entgegen. Bärbel Tiemeyers Blick richtet sich gen Himmel: „Heute bin ich sehr zufrieden.“ ■

Entwässerte ackerbaulich genutzte Moore sind unerwartet trocken. Trockenrisse zeigen, dass der Torf zunehmend zersetzt und pulverisiert wird. Dies erhöht das Risiko für Ertragsausfälle.

Kontakt: Dr.-Ing. Bärbel Tiemeyer, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.
E-Mail: baerbel.tiemeyer@vti.bund.de

Stefan Arendt - Fotolia.com

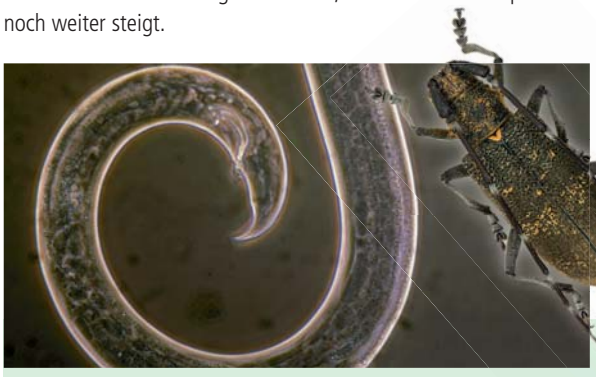
Begünstigt der Klimawandel das Vordringen neuer Schadorganismen?

Gritta Schrader (Braunschweig) und Hella Kehlenbeck (Kleinmachnow)

Die durch den Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen führen nicht nur zu einem allgemeinen Anstieg der Temperaturen. Klimamodellierungen lassen auch ein verändertes Auftreten von Niederschlägen und stärkere oder häufigere Wetterextreme wie starke Stürme, Überschwemmungen oder Dürreperioden erwarten. Einige dieser Phänomene werden schon jetzt beobachtet. Für Landwirte, Gärtner und Forstwirte, die in und mit der Natur wirtschaften, ist dies besonders problematisch. Neben den direkten Witterungsauswirkungen tritt noch ein weiterer Effekt in den Vordergrund: Es ist anzunehmen, dass sich der Klimawandel auch auf die Einschleppung und Verbreitung von Schadorganismen an Kulturpflanzen auswirken wird.

Ob sich ein neuer Schadorganismus in unseren Breiten ansiedeln und ausbreiten kann, hängt – neben dem Vorhandensein von Wirtspflanzen – wesentlich von seinen Ansprüchen an klimatische Faktoren ab. Vorzeitig eintretender Frühling oder veränderte Wachstumsperioden können sein Verbreitungsareal verschieben oder eine zuvor fehlende Synchronisation von Schadorganismus und Wirtspflanze herstellen, aber ein bestehendes Zusammenspiel von Pflanze und Schadorganismus auch entkoppeln.

Die natürliche Verbreitung von Schadorganismen, ihren Wirtspflanzen und gegebenenfalls ihren Überträgern (Vektoren) verschiebt sich generell in Richtung der Pole, weil frühere Klimabarrieren wie längere Perioden mit hohen Minusgraden im Winter oder zu niedrige Temperaturen im Frühjahr oder Sommer nicht mehr vorhanden sind. Untersuchungen aus den vergangenen Jahren weisen im Zusammenhang mit dem Klimawandel auf Einschleppungen und Ansiedlungen neuer Schadorganismen, auf längere Lebenszyklen der Wirtspflanzen, ausgedehntere Infektionsperioden und erhöhte Überlebensraten einzelner Schadorganismen im Winter hin. Für die Vektoren von Schadorganismen, wie den Bockkäfer *Monochamus galloprovincialis*, der den Kiefernholznematoden *Bursaphelenchus xylophilus* (Abb. 1) überträgt, wurden ähnliche Beobachtungen gemacht. Die Verbreitung dieser beiden Organismen wird durch die mittleren Sommertemperaturen begrenzt – höhere Temperaturen begünstigen sie. Zudem werden ihre Wirtspflanzen durch steigenden Trockenstress anfälliger für Befall, so dass das Schadpotenzial noch weiter steigt.



L.D. Dwinell,Bugwood.org

Lars Sandved Dalen, Bugwood.org

Abb. 1: Mikroskopbild des Kiefernholznematoden Bursaphelenchus xylophilus (li.). Der Schädling wird durch den Reifungsfraß des Bockkäfers Monochamus galloprovincialis (re.) an gesunden Bäumen übertragen. Durch den Nematodenbefall sterben die Bäume ab. Der Kreis schließt sich, wenn die Bockkäfer befallene Bäume zur Eiablage aufsuchen und die später schlüpfenden Käfer von den Nematoden, angelockt durch chemische Stoffe, besiedelt werden.

Miwa Koike - Fotolia.com

Jerry Asher, Bugwood.org

Abb. 2: Kudzu (Pueraria lobata): Diese ausdauernde Kletterpflanze überwuchert sogar Häuser und erstickt andere Pflanzen. Sie hat sich im Süden der USA massiv ausgebreitet und wurde vor kurzem auch nach Europa – ins Tessin – eingeschleppt.

William M. Ciesla, Bugwood.org

Abb. 3: Larven des Pinienprozessionsspinners (Thaumetopoea pityocampa): Die Raupen fressen die Nadeln von Kiefern und können das Wachstum der Bäume reduzieren, in seltenen Fällen kommt es auch zum Absterben. Ihre Brennhaare können schwere Allergien verursachen.

Andererseits können geringere Niederschläge im Sommer oder zu hohe Temperaturen im Winter sich auch negativ auf die Verbreitung oder Überlebensrate bestimmter Schadorganismen auswirken. So wiesen zum Beispiel Versuche in den USA mit der Kletterpflanze Kudzu (*Pueraria lobata*; überwuchert in den USA fast alles und wurde vor kurzem auch nach Europa eingeschleppt, Abb. 2) zwar auf eine nordwärts gerichtete Verbreitung durch den Anstieg der Wintertemperaturen hin, gleichzeitig aber auch auf eine Einschränkung der westwärts gerichteten Verbreitung durch die Abnahme der sommerlichen Niederschläge.

Wachsen Kulturpflanzen aufgrund höherer Temperaturen schneller, kann sich das auch negativ auf bestimmte Schädlinge auswirken – wenn etwa aufgrund kürzerer Fresszeiten das durchschnittliche Gewicht der Adulten reduziert ist und dies zu einer verringerten Fruchtbarkeit führt. Außerdem kann sich dadurch die notwendige zeitliche Synchronisation zwischen Wirtspflanzen und Schadorganismen ändern. Benötigt zum Beispiel ein bestimmtes Larvenstadium die Knospen einer Pflanze, müssen beide auch zur gleichen Zeit vorhanden sein.

Mit pauschalen Aussagen muss man daher vorsichtig sein: Die Auswirkungen des Klimawandels sind sehr komplex, und es liegen durchaus Wechselwirkungen mit anderen Faktoren wie Anbauverfahren, Globalisierung des Handels, Veränderungen in der Landnutzung oder Zerstörung und Zerstückelung von Lebensräumen vor. Es ist daher schwierig festzustellen, ob die Ursache für Veränderungen allein auf den Klimawandel zurückgeführt werden kann.

Temperatur

Die Temperatur beeinflusst das Wachstum, die Vermehrung und das Überleben von Lebewesen, aber auch die Anfälligkeit von Wirtspflanzen gegenüber Schaderregern und vieles mehr. Höhere Nachttemperaturen können die Flugaktivität von Insekten erhöhen, so dass diese sich weiter und schneller ausbreiten können. Als Folge der Erwärmung ist zu erwarten, dass sich wärmeliebende Arten aus dem Süden in nördlichen Regionen ansiedeln und ausbreiten können. Höhere Temperaturen im Frühling können zum vorgezogenen Schlupf von Insekten führen, längere Flugzeiten und die Entwicklung weiterer Generationen ermöglichen. Auch die Verlängerung von Vegetationsperioden mit der Gefahr der Übertragung von Schadorganismen auf das Folgejahr ist ein Faktor, der zu berücksichtigen ist. Eine Konsequenz des Temperaturanstiegs kann auch sein, dass derzeit unauffällige Arten als Schaderreger hinzukommen, weil sie durch die höhere „Betriebstemperatur" konkurrenzstärker und leistungsfähiger werden und ihre Vermehrungsrate ansteigt.

Eine Reihe von Beispielen belegt, dass durch die Erwärmung bereits eine stärkere nordwärts gerichtete Ausbreitung stattfindet und auch künftig weiter zu erwarten ist. So breitet sich etwa der Pinienprozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa*, Abb. 3) – eine Schmetterlingsart, deren Larven nicht nur durch ihre Fraßaktivität schädlich sind, sondern durch ihr allergenes Potenzial auch für den Menschen gefährlich sein können – aufgrund steigender Temperaturen im Win-

Peter Baufeld, JKI

Abb. 4: Westlicher Maiswurzelbohrer: Die Larven des Käfers fressen an den Wurzeln und bohren sich auch in die Wurzeln hinein. Dadurch nehmen die Maispflanzen weniger Wasser und Nährstoffe auf, und es kommt zu erheblichen Ertragsverlusten. Bei sehr starker Schädigung der Wurzeln fallen die Pflanzen um – es kommt zu Lagerbildung. Besonders bei großer Hitze und Trockenheit sind hohe Ertragseinbußen (bis zu 90%) möglich, wie Erfahrungen aus Ungarn zeigen.

Thomas Schröder, JKI

Abb. 5: Asiatischer Laubholzbockkäfer: Die Larven dieses Käfers bohren sich in das Holz verschiedenster Laubbäume und fressen dort zwischen dem Kambium und dem Holzkörper. Starker Befall führt zunächst zum Zurücksterben von Kronenteilen und schließlich zum Tod des gesamten Baumes. Wird Käferbefall festgestellt, ist das Fällen der Bäume derzeit die einzig mögliche Bekämpfungsmaßnahme.

Uwe Starfinger, JKI

Abb. 7: Die Beifuß-Ambrosie (Ambrosia artemisiifolia) ist ein lästiges Unkraut, das aus Amerika eingeschleppt wurde. Es breitet sich mehr und mehr in landwirtschaftlichen Kulturen und auf Brachflächen aus. Außerdem löst die Beifuß-Ambrosie bei anfälligen Menschen schwere Allergien (Heuschnupfen, Asthma) aus.

ter sowohl in höhere Lagen als auch nach Norden hin aus. Auch beim Grauen Lärchenwickler (*Zeiraphera diniana*), ebenfalls eine Schmetterlingsart, sind Veränderungen der Populationsdynamik und der Ausbruchs-Zyklen in den europäischen Alpen aufgrund höherer Temperaturen zu verzeichnen. Der zu den Blattkäfern gehörende Westliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*; Abb. 4) breitet sich zurzeit vor allem in Mittel- und Südosteuropa aus. Modellierungen zufolge wird er sich sogar in Skandinavien ansiedeln können, wenn dort die Temperaturen um ein bis zwei Grad ansteigen. Und beim Asiatischen Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*; Abb. 5) hat der heiße Sommer 2003 die Entwicklungszeit vom Ei zum adulten Käfer von zwei auf 1,5 Jahre verkürzt. Daher sind in den Befallsgebieten Deutschlands und Österreichs nun jährlich Käfer zu beobachten.

Aber auch für Pilze, Bakterien und Pflanzen liegen bereits Forschungsergebnisse vor, die im Zuge steigender Temperaturen auf eine verstärkte Ausbreitung wie auch auf ein zunehmendes Schadpotenzial hinweisen. In Deutschland ist dies zum Beispiel für die Bakterien *Ralstonia solanacearum* (Schleimkrankheit der Kartoffel, Abb. 6) und *Erwinia chrysanthemi* (Weichfäule an Zierpflanzen und Kartoffeln) zu erwarten. Treten diese bakteriellen Pflanzenkrankheiten auf, sind hohe Ertragsverluste und unverkäufliche Zierpflanzen die Folge. Das sehr aggressive Forstpathogen *Phytophthora cinnamomi* (Wurzelfäule an verschiedenen Wirtspflanzen) wird durch eine globale Temperaturerhöhung bessere Überwinterungschancen und damit stärkere Ausbreitungsmöglichkeiten in Nordeuropa bekommen. Bei diesem pilzähnlichen Schadorganismus handelt es sich um einen der weitverbreitetsten und gefährlichsten Forstpathogene. In Europa sind Schäden hauptsächlich an Kastanien, Eichen und Baumschulpflanzen zu befürchten. Die Krankheitsentwicklung wird durch kalte Winter gehemmt, aber die globale Erwärmung erhöht die Überlebens- und Entwicklungsfähigkeit im Winter. Auch das Ansiedlungspotenzial der hochallergenen Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*; Abb. 7) wird durch die globale Erwärmung deutlich gefördert, da höhere Temperaturen im Herbst die Samenreife begünstigen.

Plant Protection Service Archive, Bugwood.org

Abb. 6: Befallsbild von Ralstonia solanacearum, dem Erreger der Schleimkrankheit der Kartoffel. Befallene Kartoffelpflanzen welken, werden braun und sterben ab, die Kartoffelknollen verfaulen.

Niederschläge

Veränderte Niederschläge können sich ebenfalls auf Schadorganismen und ihre Wirtspflanzen auswirken; sie sind jedoch noch schwerer kalkulierbar als die Auswirkungen durch Temperaturänderungen. So ist die treibende Kraft für den Entwicklungszyklus von Pilzen das Zusammenspiel von Feuchtigkeit und Blattnässe; eine erhöhte Feuchtigkeit ist ein wesentlicher Faktor für Wachstum und Sporenbildung von invasiven Pathogenen – insbesondere in Verbindung mit einer höheren Temperatur. Wird zum Beispiel durch verstärkte Hitze- und Trockenperioden eine Bewässerung notwendig, kann dies pflanzenpathogene Pilze fördern, die höhere Temperaturen und Feuchtigkeit benötigen. Andererseits kann Trockenheit die Anfällig-

Petr Kapitola, Bugwood.org

Abb. 8: Die Gemeine Fichten-Gespinstblattwespe (Cephalcia abietis). Ihre Larven legen ein gemeinsames Gespinst an, in dem sie leben. Sie fressen ältere Nadeln erst an der Basis ab, um sie dann im Schutz des Gespinstes aufzufressen. Gelegentlich kommt es zu Massenvermehrungen mit Kahlfrass der Fichten. Die Bäume sterben in der Regel nicht ab, aber werden anfälliger gegen andere Schadorganismen.

keit von Wirtspflanzen erhöhen. So werden Ausbrüche der Gemeinen Fichten-Gespinstblattwespe (*Cephalcia abietis*, Abb. 8) in Italien auf Wasserstress zurückgeführt.

Anstieg von Kohlendioxid

Der Gehalt atmosphärischen Kohlendioxids ist seit Beginn des Industriezeitalters signifikant gestiegen. Dies hat unter anderem Auswirkungen auf die Struktur von Pflanzen – zum Beispiel größere Blattflächen, höhere Blattdicke und eine größere Anzahl von Blättern. Schadorganismen können hiervon profitieren, zum Beispiel durch eine erhöhte Reproduktionsrate und bessere Bedingungen für eine effektive Ausbreitung.

Neue Kulturpflanzen

Neben diesen direkten Faktoren kann der Klimawandel auch indirekt zu einer erhöhten Einschleppung und Verbreitung neuer Schaderreger beitragen. Hierzu gehört der Anbau neuer Kulturpflanzen aufgrund veränderter Klimabedingungen. Ein Beispiel ist die Förderung des Sojaanbaus in Deutschland, durch den neue Schadorganismen bei uns auftreten können.

Voraus schauen und Regelungen anpassen

Die Folgen des Klimawandels sind vielfach nicht mehr aufzuhalten. Auch wenn noch Unsicherheiten hinsichtlich der konkreten Auswirkungen der Klimaveränderungen und des Verhaltens der Schadorganismen und ihrer Wirtspflanzen bestehen, ist es wichtig, soweit wie möglich Gegen- und Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen, um negative Auswirkungen abzuwenden oder zumindest abzumildern. Dafür werden zuverlässige Daten, Informationen und Erfahrungen auch über längere Zeiträume benötigt.

Gewonnene Erkenntnisse können dazu genutzt werden, mit Hilfe von phytosanitären Risikoanalysen – für die laut Pflanzenschutzgesetz das Julius Kühn-Institut zuständig ist – pflanzengesundheitliche Regelungen an die Klimaänderungen anzupassen und damit die Risiken deutlich zu reduzieren. Bei Aufforstungen zum Beispiel muss der Klimawandel auf einer langen Zeitachse berücksichtigt werden. Die erwarteten Veränderungen betreffen sowohl die aufgepflanzten Bäume selbst als auch vorhandene und neue Schadorganismen sowie das Ökosystem insgesamt. Bei Bäumen ist dies deshalb so wichtig, weil sie ihre maximale Ertragshöhe erst nach Jahrzehnten erreichen.

Auch bei der Resistenzzüchtung ist ein „Blick in die Zukunft" notwendig, um die mit dem Klimawandel verbundenen Veränderungen rechtzeitig mit einzubeziehen. ■

Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Dr. Gritta Schrader, Julius Kühn-Institut, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig. E-Mail: gritta.schrader@jki.bund.de;
Dr. Hella Kehlenbeck, Julius Kühn-Institut, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow. E-Mail: hella.kehlenbeck@jki.bund.de

Durch die Förderung neuer Kulturpflanzen wie Soja können in Deutschland neue Schadorganismen auftreten.

landpixel

Russlands Beitrag zur Welternährung

Brachliegende Flächen und niedrige Erträge bieten ungenutztes Potenzial

Florian Schierhorn und Daniel Müller (Halle)

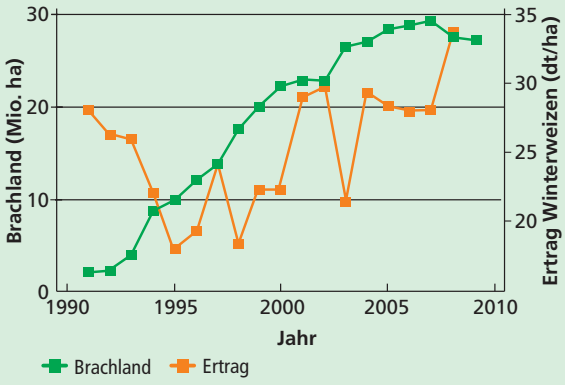
Die wachsende Weltbevölkerung benötigt immer mehr Nahrung und Energie. Um diesen Bedarfsanstieg zu decken, muss die Produktion landwirtschaftlicher Rohstoffe erhöht werden. Dies auf möglichst umweltschonende Weise zu erreichen, ist eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. In dieser Hinsicht besonders interessant ist das europäische Russland, das über viel ungenutztes Ackerland und hohe Potenziale zur Steigerung der Flächenerträge verfügt.

Bis 2050 wird die Weltbevölkerung von derzeit sieben auf voraussichtlich über 9,5 Milliarden Menschen anwachsen. Angesichts steigender Einkommen, veränderter Konsummuster und der subventionierten Ausdehnung der Bioenergieproduktion rechnet die Welternährungsorganisation (FAO) damit, dass die weltweite Nachfrage nach Agrargütern bis Mitte des Jahrhunderts um bis zu 70 % steigen wird. In der jüngsten Vergangenheit hat die steigende Nachfrage dazu beigetragen, dass die Weltmarktpreise für die Grundnahrungsmittel Weizen, Mais und Reis starken Schwankungen unterlagen und in der Spitze dramatische Höhen erreichten. Um den hohen Bedarf an Agrarrohstoffen zu befriedigen, muss die landwirtschaftliche Produktion ausgebaut werden. Dazu können entweder die Erträge pro Flächeneinheit erhöht oder die landwirtschaftlich genutzten Flächen erweitert werden.

Limitierende Faktoren

Die massive Ausdehnung von Ackerland zu Lasten bewaldeter Flächen hatte in den letzten 50 Jahren vor allem in den Tropen und Subtropen einen massiven Ausstoß von Treibhausgasen und den Verlust von Lebensräumen zur Folge. Weitere Umbrüche von Wald zu Acker- oder Grasland sind meist nicht mit Nachhaltigkeitskriterien vereinbar. Auch die landwirtschaftliche Flächenproduktivität lässt sich nicht beliebig steigern: In den entwickelten Ländern werden die meisten Felder bereits jetzt effizient bewirtschaftet. Die möglichen Ertragssprünge sind hier – ohne bahnbrechende neue Entwicklungen in der Pflanzenzucht – eher gering. Hinzu kommt, dass negative Auswirkungen des Klimawandels künftig die Flächenproduktivität in vielen Regionen negativ beeinflussen wird (signifikante Ertragsver-

Abb. 1: Entwicklung der Brachflächen und der Weizenerträge im europäischen Russland, 1991–2009



luste werden etwa für Weizen und Reis in Indien und für Weizen in Subsahara-Afrika erwartet).
Wie die landwirtschaftliche Produktion auf nachhaltige Weise gesteigert werden kann, ist vor diesem Hintergrund ein zentrales Problem, an dessen Lösung auch das Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) arbeitet.

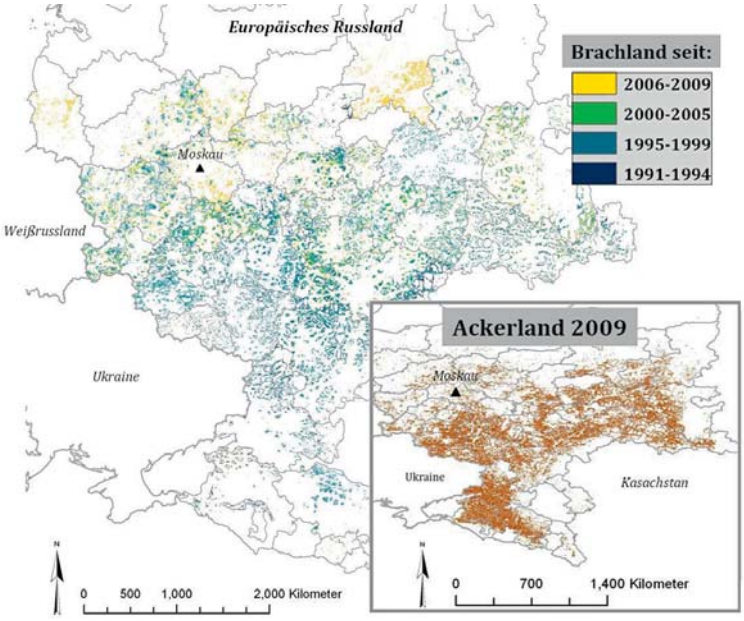
Brachliegende Ackerflächen in Russland

Die landwirtschaftlichen Produktionspotenziale Russlands wecken in diesem Zusammenhang große Hoffnung. Nach dem Zusammenbruch des Sozialismus wurde Anfang der 1990er Jahre die staatliche Stützung des Agrarsektors stark zurückgefahren. Massive Abwanderung aus dem ländlichen Raum, ein Rückgang der bewirtschafteten Flächen und der sinkende Einsatz von Produktionsmitteln in der Landwirtschaft waren die Folge.
Der Anteil der russischen Agrarwirtschaft am Bruttoinlandsprodukt sank von knapp 17 % (1990) innerhalb der ersten zehn Jahre nach Auflösung der Sowjetunion auf etwas über 6 %. Erhebliche Teile des inländischen Nahrungsmittelbedarfs mussten in den letzten 20 Jahren mit Hilfe von Importen gedeckt werden.
Offiziellen russischen Agrarstatistiken zufolge wurden zwischen 1990 und 2009 im europäischen Russland etwa 27 Millionen Hektar Ackerfläche aufgegeben und sich selbst überlassen. Dies entspricht fast der dreifachen derzeit genutzten Ackerfläche in Deutschland. Die verlassenen ehemaligen Weide- und Grasflächen sind hierbei noch nicht einmal enthalten. Zudem verschlechterten sich in den 1990er Jahren die Flächenerträge aller wichtigen Feldfrüchte erheblich (Beispiel Winterweizen: Abb. 1). In den vergangenen Jahren hat sich das Bild etwas gewandelt: Vielerorts – vor allem in den fruchtbaren Schwarzerde-Regionen im Süden Russlands – wurde Brachland rekultiviert, und die landwirtschaftlichen Erträge konnten gesteigert werden. Russland ist heute zu einer führenden Getreide-Exportnation aufgestiegen. Dennoch bestehen nach wie vor beträchtliche ungenutzte landwirtschaftliche Potenziale aufgrund der brachliegenden Flächen und der großen Lücke zwischen potenziell erreichbaren und tatsächlich erzielten Erträgen.

Die Lage der Flächen

Die Aufgabe von Ackerfläche in den Transformationsländern Osteuropas und der früheren Sowjetunion gehört zu den größten Landnutzungsänderungen des 20. Jahrhunderts in der nördlichen Hemisphäre. Dennoch sind geographische Daten der Brachflächen bis heute nicht vollständig verfügbar. Vor diesem Hintergrund wurde in einem aus Mitteln des „Paktes für Innnovation und Forschung" der Leibniz-Gemeinschaft finanzierten Projekt ein Modell zur Kartierung aufgegebener Ackerflächen entwickelt.
Beruhend auf offiziellen Agrarstatistiken zur jährlichen Anbaufläche von Feldfrüchten erstellt das Modell für jedes Jahr von 1990 bis 2009 eine Ackerflächenkarte. Ackerflächen werden auf den Standorten mit der besten Eignung für den Anbau von Feldfrüchten verortet. Die Standorteignung bestimmt sich dabei aus verfügbaren geographischen Daten zu Bodenfruchtbarkeit, Marktzugang und Klima.

Abb. 2: Aufgegebene Ackerflächen im europäischen Russland



Alexander Prishchepov (IAMO)

Es wird angenommen, dass der Anbau auf Standorten mit einer schlechteren Eignung früher eingestellt wurde. Die Karten dienen der räumlichen und zeitlichen Analyse der Ackerflächenveränderungen ab 1990. Die Abbildung 2 zeigt die räumliche Verteilung der 27 Millionen Hektar ehemaliger Ackerfläche sowie die jeweilige Periode der Aufgabe. Man sieht, dass in den ersten zehn Jahren nach dem Ende des Sozialismus hauptsächlich im zentralen Teil des europäischen Russlands Ackerland aufgegeben wurde. Nach der Jahrtausendwende verlangsamte sich die Flächenaufgabe und verlagerte sich zunehmend in nördliche Anbaugebiete.

Das Agrarpotenzial des europäischen Russlands

Die Informationen über die Lage der Brachflächen im Raum sowie die Zeitpunkte ihrer Aufgabe werden benötigt, um die nachhaltigen Produktionspotenziale des europäischen Russlands abschätzen zu können. Wir verknüpfen diese Informationen mit Daten über die naturräumliche (Boden, Klima) und sozioökonomische (Distanz zu regionalen Zentren) Eignung der Flächen. Unter Berücksichtigung dieser Standortfaktoren wird das Ertragspotenzial der Brachflächen durch eine statistische Effizienzanalyse (Stochastic Frontier Analysis) bestimmt. Die Ertragsprognosen für 2030 basieren auf der Annahme, dass Standorte gleicher Eignung bis dahin einheitliche Erträge erzielen, dass also Effizienzunterschiede in der Bewirtschaftung schrittweise überwunden werden.
Um Nachhaltigkeitskriterien bei der Abschätzung der Produktionspotenziale zu berücksichtigen, nutzen wir die Informationen über den Zeitpunkt der Flächenaufgabe. Die Rekultivierung von Brachflächen vermindert aufgrund der Sukzession von Flora und Fauna die ober- und unterirdischen Kohlenstoffspeicher und hat Auswirkungen auf die biologische Vielfalt. Auch die betriebswirtschaftlichen Kosten steigen mit zunehmender Dauer der Brache, vor allem aufgrund

starker Durchwurzelung und des hohen überirdischen Biomasseaufwuchses. Unser Modell integriert die Zunahme der ökologischen und ökonomischen Kosten mit der Annahme, dass die Rekultivierung auf den jüngsten Brachflächen beginnt. Nach und nach werden anschließend die älteren Brachflächen integriert.

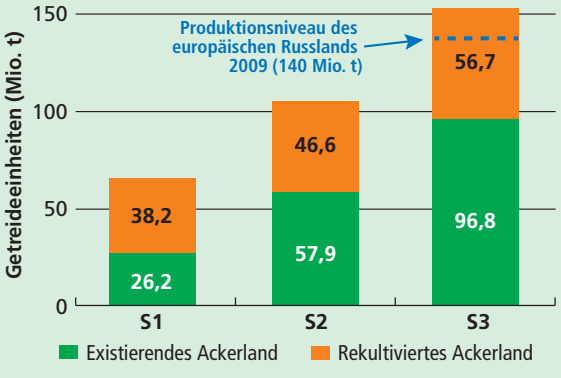
Das Agrarpotenzial gibt an, wie viele Getreideeinheiten (= Gesamtwert landwirtschaftlicher Erzeugnisse in Getreideäquivalenten) zusätzlich zum Produktionsniveau im Jahr 2009 im europäischen Russland angebaut werden könnten. In Abbildung 3 sind die Potenziale auf bestehenden Ackerflächen und auf Brachflächen in drei Szenarien veranschaulicht. Wenn keine Brachflächen rekultiviert würden, könnten im Jahr 2030 allein durch die Überwindung regionaler Effizienzunterschiede in der Bewirtschaftung etwa 26 Millionen Tonnen Getreideeinheiten zusätzlich produziert werden. Würde es hingegen gelingen, die 27 Millionen Hektar Brachland vollständig zu rekultivieren, Effizienzunterschiede zu überwinden und die Flächenerträge um jährlich 2 % zu steigern (Szenario S3), könnte das europäische Russland seine Produktion bis 2030 sogar um 150 Millionen Tonnen Getreideeinheiten steigern und somit das gegenwärtige Niveau fast verdoppeln.

Russlands Landwirtschaft und der Klimawandel

Eine Einflussgröße, die bei der Berechnung des Agrarpotenzials noch nicht berücksichtigt wurde, ist der Klimawandel. Die wichtigsten Klimamodelle prognostizieren für Russland einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur und sinkende Niederschläge. Die Landwirtschaft in den nördlichen Gebieten würde von höheren Temperaturen und verlängerten Wachstumsperioden profitieren. Dabei soll allerdings nicht unerwähnt bleiben, dass eine Erwärmung der sehr hoch im Norden liegenden Gebiete auch zu einem teilweisen Auftauen der Permafrostböden führen würde, was mit einer erheblichen Freisetzung des Treibhausgases Methan einherginge.

Negative Effekte hat der Klimawandel für die überaus fruchtbare Schwarzerde-Region im Süden des Landes: Intensität und Häufigkeit von Dürreperioden werden vorraussichtlich zunehmen. Diese landwirtschaftlich bedeutenden „Kornkammern" waren bereits im 20. Jahrhundert mehrere Jahre pro Dekade von Dürren betroffen. Unsere statistischen Untersuchungen (ab 1990) zeigen, dass extreme Trockenperioden regelmäßig zu einem Einbruch der Getreideerträge führten. Darüber hinaus besteht ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Dürreperiode und der Verringerung der Ackerfläche im Folgejahr. In der Region werden hauptsächlich Winterkulturen, zum Beispiel Winterweizen, angebaut. In einem Dürrejahr ist jedoch der Bodenwassergehalt im Herbst oftmals zu gering für die Aussaat. Vielen Landwirten fehlt zudem nach Ernteausfällen das Kapital, um die Felder bestellen zu können. Zwar ist mit Ertragssteigerungen, etwa durch die Einführung dürreresistenter Kulturen und Effizienzsteigerungen in den Betrieben zu rechnen. Dennoch ist zu erwarten, dass trockenheitsbedingte Ernteausfälle in Zukunft zunehmen werden.

Abb. 3: Agrarpotenziale im europäischen Russland, 2030



Szenario S1: Realisierung des standortspezifischen Ertragspotenzials durch Überwindung der relativen Ertragsunterschiede zwischen Standorten gleicher Eignung
Szenario S2: Jährliche Ertragssteigerung von 2 % in allen Regionen durch technischen Fortschritt
Szenario S3: Überwindung der Ertragsunterschiede und jährliche Ertragssteigerung von 2 % (S1 + S2)

Bessere Rahmenbedingungen für die russische Landwirtschaft

Das europäische Russland verfügt über große Ausbaupotenziale seiner landwirtschaftlichen Produktion. Die Erschließung dieser Potenziale kann einen wichtigen Beitrag zur Deckung der wachsenden globalen Nachfrage nach Agrarrohstoffen leisten. Weitere Forschungsarbeit ist nötig, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Erträge besser abschätzen und Anpassungsstrategien für die Landwirtschaft entwickeln zu können.

Um die Potenziale auszuschöpfen, müssen die Rahmenbedingungen der russischen Landwirtschaft erheblich verbessert werden. Staatliche Subventionsinstrumente müssen effizienter gestaltet und an sich verändernde klimatische und ökonomische Gegebenheiten angepasst werden. Politische Eingriffe, wie während der Nahrungsmittelkrise 2007/2008 und im Dürrejahr 2010, als die Regierung mit Exportrestriktionen und Preiskontrollen reagierte (vgl. ForschungsReport 2/2010), sollten künftig mit Blick auf die langfristige Investitionssicherheit und die Rentabilität landwirtschaftlicher Betriebe sorgfältig überprüft werden. Der russische Staat steht vor der Herausforderung, das Investitionsklima im Agrarbereich zu verbessern, die Infrastruktur auszubauen und die Lagerkapazitäten für Getreide zu erhöhen. Darüber hinaus bedarf es einer grundlegenden Modernisierung der landwirtschaftlichen Forschung und des Ausbildungswesens. Unter verbesserten Rahmenbedingungen könnte Russland seine Agrarexporte massiv erhöhen, gewaltige Exporteinnahmen erzielen und gleichzeitig den Preisdruck auf den Weltagrarmärkten vermindern. ■

Florian Schierhorn und Dr. Daniel Müller, Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO), Theodor-Lieser-Str. 2, 06120 Halle (Saale). E-Mail: schierhorn@iamo.de

Klimawandel und Weizenqualität

Georg Langenkämper, Christian Zörb, Meinolf G. Lindhauer (Detmold), Herbert Wieser, Peter Köhler (Freising), Petra Högy, Jürgen Franzaring und Andreas Fangmeier (Hohenheim)

Hat der Klimawandel mit all seinen Konsequenzen Einfluss auf die Qualität des Weizens? Ändern sich damit auch die Backeigenschaften und die Verwertbarkeit des Weizenmehls? Diesen Fragen ist ein Forscherteam aus dem Max Rubner-Institut gemeinsam mit Kollegen der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie und der Universität Hohenheim nachgegangen.

Der Klimawandel steht in direktem Zusammenhang mit dem Konzentrationsanstieg des klimarelevanten Treibhausgases Kohlendioxid (CO_2). Die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre ist seit Beginn der Industrialisierung von 280 auf heute über 380 ppm (parts per million) angestiegen und liegt damit nach Berichten des Weltklimarates (IPCC; Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) höher als jemals zuvor in den letzten 630.000 Jahren. Diese Tendenz setzt sich fort – für das Jahr 2050 wird eine CO_2-Konzentration von 550 ppm prognostiziert.

Die Erhöhung der CO_2-Konzentration wirkt sich auf landwirtschaftliche Kulturpflanzen und Agrarökosysteme in vielfältiger Weise aus: Zum einen indirekt durch Veränderungen von Niederschlagsmustern und Temperaturanstieg, zum anderen aber auch ganz direkt, denn das CO_2 dient den Pflanzen als unverzichtbarer Grundstoff für ihr Wachstum. Über die Photosynthese produzieren sie aus CO_2 und Sonnenlicht Biomasse. Steigt die Konzentration dieses Gases, kann das zu einem verbesserten Wachstum führen – man spricht dann vom CO_2-Düngeeffekt.

Gut untersucht sind inzwischen die möglichen Konsequenzen einer erhöhten CO_2-Konzentration auf den Ertrag – auch unter Freilandbedingungen (siehe ForschungsReport 1/2005). Wie verändert sich aber die Qualität von Weizen im Hinblick auf die Verwertbarkeit als Nahrungsmittel? Dies ist die zentrale Fragestellung der hier vorgestellten Forschungsarbeiten.

Erhöhte CO_2-Konzentration in Feldversuchen

Um die Wachstumsbedingungen bei den künftigen CO_2-Verhältnissen realitätsnah zu simulieren, wurde Sommerweizen (*Triticum aestivum*) der Sorte TRISO über drei Anbaujahre im Freiland unter erhöhter (550 ppm) im Vergleich zur aktuellen CO_2-Konzentration (380 ppm) angebaut. Die Versuche fanden in der so genannten Mini-FACE-Anlage der Universität Hohenheim statt (s. Infokasten und Abb. 1).

Über alle drei Anbaujahre hinweg wurden die oberirdische Biomasse (Blätter, Stängel, Ähren) sowie die Ertragsparameter zur Kornreife (Anzahl von Ähren, Körnern und Flächenertrag) erfasst. Es zeigte sich, dass im Durchschnitt sowohl die Biomasse als auch die Ertragsparameter zunahmen (Abb. 2). Obwohl es keine signifikanten Veränderungen im Tausendkorngewicht gab (Abb. 2), konnte eine gewisse Verschiebung der Korngrößenfraktionen hin zu kleineren Körnern festgestellt werden. Ein vermehrter Anteil kleinerer Weizenkörner ist aus Sicht der Weizenverarbeitung unerwünscht und hat

» Info:

Free-air **c**arbon dioxide **e**nrichment (FACE) ist eine technische Versuchsanordnung, mit der steigende CO_2-Konzentrationen (Hauptursache des Klimawandels) direkt im Freiland simuliert werden können. Mit solchen Systemen kann bereits heute der Einfluss von erhöhtem CO_2 auf die landwirtschaftlichen Produktionssysteme in der Zukunft untersucht werden. Hierzu wird reines CO_2 je nach Windrichtung und -stärke über dünne Leitungen direkt in die Pflanzenbestände abgegeben, so dass das Mikroklima (Wind, Sonnenstrahlung, Verdunstung) nicht beeinflusst wird.

Abb. 1: FACE-System für Feldexperimente mit erhöhtem CO_2 in der Atmosphäre an der Universität Hohenheim. Die CO_2-Konzentrationen innerhalb der Versuchsflächen betragen entweder 380 ppm (derzeitige Konzentration) oder 550 ppm (zukünftige Konzentration).

Abb. 2: CO_2-Effekte auf Biomassefraktionen und Ertragsparameter von Weizen

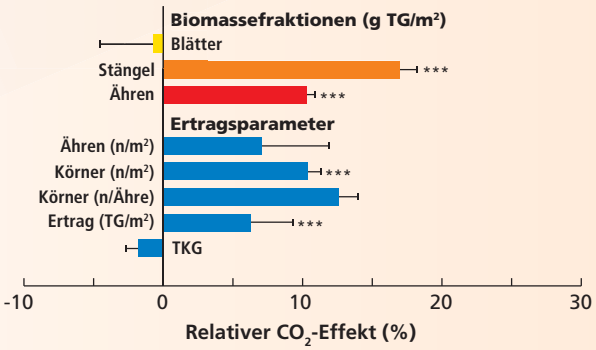
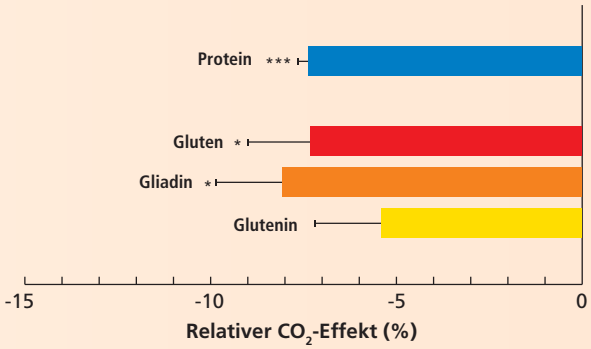


Abb. 3: CO_2-Effekte auf Protein und Proteinfraktionen im Weizenkorn



*Die Ergebnisse der statistischen Varianzanalyse sind über verschiedene Signifikanzniveaus angegeben: *** P ≤ 0,001; ** P ≤ 0,01; * P ≤ 0,05. TG = Trockengewicht; TKG = Tausendkorngewicht.*[1]

damit direkte Folgen für den Vermarktungswert der Ware. Dies ist ein erstes Indiz dafür, dass die Qualitätseigenschaften des Weizens durch erhöhtes CO_2 beeinflusst werden.

Effekte auf Weizenproteine und Qualitätsparameter

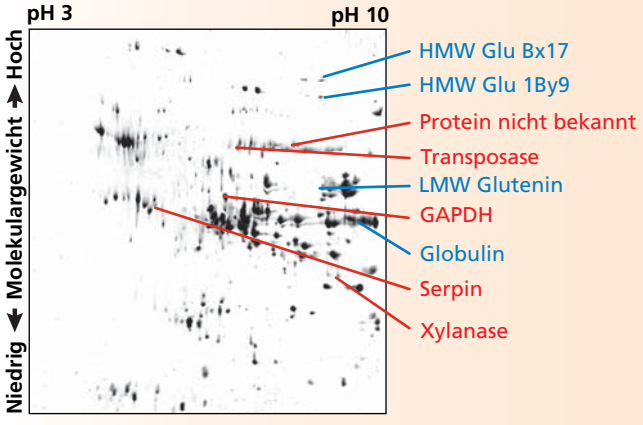
Um die Proteine des Weizens und die CO_2-bedingten Veränderungen in der Proteinzusammensetzung quantitativ zu bestimmen, setzten wir moderne Analysenmethoden wie die Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC) und die zweidimensionale Gel-Elektrophorese (2D-GE) ein.

Die Backfähigkeit von Weizen hängt vor allem vom Proteingehalt des Mehls und von der Zusammensetzung der Proteine ab. Nicht nur für die Brotherstellung sind diese Qualitätsparameter von Bedeutung, sondern auch für die Produktion so großer Lebensmittelgruppen wie Feine Backwaren und Teigwaren. Unter CO_2-Anreicherung nahm der Proteingehalt im Weizen ab (Abb. 3). Auch das Gluten (Kleberprotein; entscheidend für die Backfähigkeit) war unter diesen Bedingungen reduziert (Abb. 3). Gluten bildet im Teig ein starkes, dreidimensionales Netzwerk, bestehend aus den Proteinfraktionen der Gliadine und Glutenine. Während die Gliadine die Teigdehnbarkeit beeinflussen, sind die Glutenine für die Teigfestigkeit und -elastizität verantwortlich. Unter erhöhtem CO_2 war der Mengenanteil der Gliadine geringer (Abb. 3). Somit verändert sich auch das Verhältnis von Gliadinen zu Gluteninen – und damit die Backfähigkeit bzw. die Backeigenschaften.

Um noch detaillierter Veränderungen der Proteinzusammensetzung im Weizenkorn zu untersuchen, bietet sich die 2D-GE an. Diese Methode erlaubt die hochauflösende Trennung von mehreren hundert individuellen Proteinen in einem Analysengang (Abb. 4). Unsere Untersuchungen von Weizen eines Anbaujahres ergaben, dass unter erhöhten CO_2-Bedingungen 16 Kornproteine in höherer und 16 in niedrigerer Konzentration vorlagen als bei den Vergleichsproben, die unter heutigen CO_2-Verhältnissen gewachsen waren. Einige dieser Proteine konnten wir identifizieren (Abb. 4). So kamen drei individuelle Glutenin-Proteine mit verringerten relativen Konzentrationen vor. Da gerade die hochmolekularen Glutenin-Untereinheiten (HMW-Glu) die Teigeigenschaften stark beeinflussen, weist auch dieses Ergebnis auf eine veränderte Verarbeitungsqualität unter erhöhtem CO_2 hin.

In weiteren Untersuchungen befassten wir uns mit Verarbeitungsqualitäten wie den Knet- und Fließeigenschaften der Teige sowie der Backfähigkeit des Weizens. Der Kleberwiderstand war in den Proben, die aus der Mini-FACE-Anlage mit erhöhten CO_2-Verhältnissen stammten, erhöht, was ebenfalls auf das veränderte Mengenverhältnis von Gliadinen zu Gluteninen zurückzuführen sein dürfte. Darüber hinaus ergaben sich Hinweise, dass das Teigvolumen von Gebäckstücken durch den CO_2-Anstieg abnehmen könnte. Um hier gegenzusteuern, müsste künftig die Verarbeitungskette angepasst werden.

Abb. 4: Proteine im Weizenkorn, getrennt durch zweidimensionale Gel-Elektrophorese, gefärbt mit Coomassie-Blau



Rote Beschriftungen: Proteine mit höheren relativen Konzentrationen bei erhöhtem CO_2. Blaue Beschriftungen: Proteine mit niedrigeren relativen Konzentrationen bei erhöhtem CO_2. Abkürzungen: HMW = high molecular weight; Glu = Glutenin; Bx17 und 1By9 bezeichnen bestimmte Gluteninuntereinheiten; LMW = low molecular weight; GAPDH = Glycerinaldehyd-3-phosphat-dehydrogenase.[2]

[1] *Reprinted from Plant Biology, Vol 11 (Suppl. 1), Högy P., Wieser, H., Köhler, P., Schwadorf, K., Breuer, J., Franzaring, J., Muntifering, R., Fangmeier A., Effects of elevated CO_2 on grain yield and quality of wheat: results from a three-year FACE experiment, 60–69, Copyright 2009, with permission from John Wiley and Sons and German Botanical Society and The Royal Botanical Society of the Netherlands.*

[2] *Reprinted from Journal of Cereal Science, Vol 50, Högy P., Zörb C., Langenkämper G., Betsche T., Fangmeier A., Atmospheric CO_2 enrichment changes the wheat grain proteome, 248–254, Copyright 2009, with permission from Elsevier.*

Abb. 5: CO_2-Effekte auf Aminosäuren im Weizenkorn

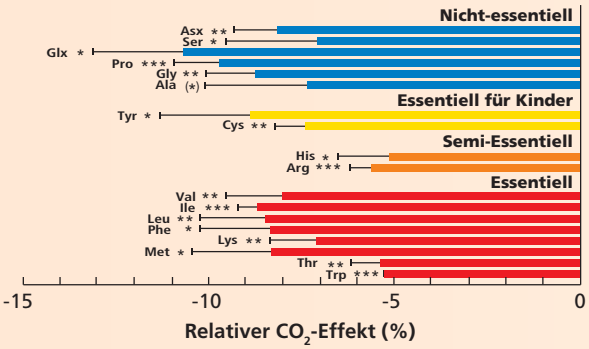
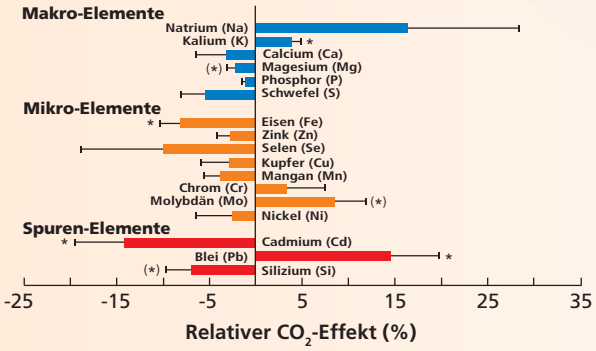


Abb. 6: CO_2-Effekte auf Mineralstoffe im Weizenkorn



Die Ergebnisse der statistischen Varianzanalyse sind über verschiedene Signifikanzniveaus angegeben:
**** P ≤ 0,001; ** P ≤ 0,01; * P ≤ 0,05; (*) 0,1 ≥ P ≥ 0,05 (Trend).*[1]

Effekte auf Aminosäuren und Mineralstoffe

Weizen stellt eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel weltweit dar. Daher ist es unerlässlich, die Inhaltsstoffe des Weizens aus dem FACE-Experiment auch unter dem Aspekt der Ernährungsqualität zu betrachten.

Bei einer erhöhten CO_2-Konzentration in der Atmosphäre nehmen in den Weizenkörnern – korrespondierend zum Gesamt-Proteinanteil – auch die Konzentrationen der Aminosäuren ab. Je nach Aminosäure konnten wir einen Rückgang von 5 bis 11 % ermitteln (Abb. 5). Einige Aminosäuren kann der Körper nicht selbst synthetisieren, sie müssen mit der Nahrung aufgenommen werden (sog. essentielle Aminosäuren). Da Weizenprotein von Natur aus nur relativ geringe Mengen der essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan enthält, ist eine weitere, CO_2-bedingte Verminderung dieser Aminosäuren unter ernährungsphysiologischen Gesichtspunkten nicht wünschenswert.

Je nach absolut vorkommender Menge in den Pflanzen werden Mineralstoffe in Makro-, Mikro- und Spuren-Elemente unterteilt. Ein einheitlicher Trend hinsichtlich der untersuchten Mineralstoffgruppen im Weizenkorn zeigte sich nicht. Die Konzentrationen von Kalium, Molybdän und Blei stiegen unter erhöhten CO_2-Bedingungen an, während die von Magnesium, Eisen, Cadmium und Silizium abnahmen (Abb. 6). Alle anderen Mineralstoffe wurden nicht beeinflusst. Als ungünstig ist die Abnahme des für die menschliche Ernährung wichtigen Mineralstoffs Eisen zu bewerten, ebenso die Zunahme von Blei. Günstig hingegen sind die Zunahme von Kalium und die Abnahme von Cadmium. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Tendenzen je nach Standort- und Bodenbedingungen anders ausfallen können.

Fazit und Ausblick

Erhöhte CO_2-Konzentrationen in der Atmosphäre beeinflussen die chemische Zusammensetzung des Weizenkorns und somit die Weizenqualität. Dies kann Konsequenzen für die Ernährung und Gesundheit der Konsumenten haben. Darüber hinaus wirken sie sich auch auf die industrielle Verarbeitung, die Produktqualität sowie die Vermarktung aus. Folgen für die regionale und globale Rohstoffversorgung bzw. die Lebensmittel- und Futtermittelqualität wichtiger landwirtschaftlicher Kulturarten können daher nicht ausgeschlossen werden.

Inwieweit können Fortschritte in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise (z.B. N-Düngung), in der Produktionstechnologie und in der Pflanzenzüchtung die negativen Folgen des Klimawandels ausgleichen? Diese Frage lässt sich heute noch nicht beantworten. Ergebnisse aus FACE-Versuchen, mit denen sich im Freiland die künftigen CO_2-Konzentrationen in der Atmosphäre simulieren lassen, sind in diesem Zusammenhang sehr hilfreich. Allerdings ist die experimentelle Datenbasis hier noch recht dünn, da es weltweit erst wenige FACE-Studien gibt. Um eine besser belastbare Datenbasis hinsichtlich der CO_2-Effekte auf die Weizenqualität und damit die Qualität und Sicherheit der entsprechenden Lebensmittel zu erhalten, sollten weitere FACE-Experimente über mehrere Anbaujahre, mit verschiedenen Sorten und an verschiedenen klimatischen Standorten durchgeführt werden. ■

MRI Max Rubner-Institut

Dr. (NZ) Georg Langenkämper, Dr. Christian Zörb, Prof. Dr. Meinolf G. Lindhauer, Max Rubner-Institut (MRI), Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Schützenberg 12, 32756 Detmold.
E-Mail: georg.langenkaemper@mri.bund.de

DFA Leibniz Institut Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie

Dr. Herbert Wieser, Prof. Dr. Peter Köhler, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Leibniz Institut und Hans-Dieter-Belitz-Institut für Getreideforschung, Lise-Meitner-Straße 34, 85354 Freising

Dr. Petra Högy, Dr. Jürgen Franzaring, Prof. Dr. Andreas Fangmeier, Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie, August-von-Hartmann Str. 3, 70599 Stuttgart

Sebastian Kaulitzki - Fotolia.com

Globalisierung und Klimawandel:

Gibt es noch „exotische“ Tierseuchen?

Franz J. Conraths, Martin H. Groschup und Thomas C. Mettenleiter (Insel Riems)

Veränderte Umweltbedingungen ergeben sich nicht nur durch den Wandel klimatischer Faktoren. Auch Migration und Urbanisierung sowie der Anstieg von Warentransporten und Reiseverkehr wirken auf die Umwelt ein. Eine der Folgen: Infektionskrankheiten ändern ihr Auftreten und ihre Verbreitung. Besonders gilt das für Infektionen, die hierzulande noch bis vor kurzem als „exotisch“ eingestuft wurden, diesen Charakter aber weitgehend verloren haben.

Noch vor einigen Jahren war die Blauzungenkrankheit, die hauptsächlich Wiederkäuer betrifft, bei hiesigen Landwirten weitgehend unbekannt. Ähnlich verhielt es sich bei West-Nil-Virus-Infektionen von Pferden und Menschen. Und wer kannte die Chikungunya-Infektion des Menschen? Allein vom Namen schon exotisch klingend, kommen diese Krankheiten mittlerweile auch bei uns vor.

Weltweit breiten sich Dengue-Fieber und Japan-Enzephalitis aus – auch eine Veränderung und Ausbreitung der Habitate von entsprechenden Überträgern, meist Insekten bzw. Zecken, wird beobachtet. Daneben kommt es durch den Transport von Tieren und/oder tierischen Produkten zur Verschleppung von Tierseuchen, so des Rift Valley-Fiebers von Afrika auf die arabische Halbinsel oder der Afrikanischen Schweinepest aus Ostafrika in die Kaukasusregion, mit deutlicher Ausbreitungstendenz Richtung Westen.

Ein altes Problem mit neuer Dimension

Mensch und Tier sind seit jeher Infektionskrankheiten ausgesetzt. Umweltfaktoren und anthropogene Aktivitäten beeinflussten deren Verbreitung in der Vergangenheit, was sich in der Gegenwart fortsetzt. So waren zum Beispiel Malaria und Gelbfieber in Südeuropa noch bis in das frühe 20. Jahrhundert heimisch. Heute „exotische“, Tierseuchen wie die gerade global getilgte Rinderpest führten zur Einführung von Maßnahmen im Veterinärwesen, die auch heute noch Gültigkeit haben, wie beispielsweise Verbringungsverbote und das Ausstellen von tierärztlichen Bescheinigungen.

Durch den Einsatz dieser Regularien sowie weiterer bestandshygienischer und immunprophylaktischer Maßnahmen begannen Infektionskrankheiten ihren Schrecken zu verlieren. Doch hat gerade die Diskussion um zukünftige Influenza-Pandemien, gleich ob sie von H5N1 „Vogelgrippe“, von H1N1 „Schweinegrippe“ oder durch ein anderes Influenzavirus hervorgerufen werden, erneut deutlich gemacht, welche Bedrohung Infektionskrankheiten immer noch darstellen.

Von den Seuchenerregern, die in den letzten 20 Jahren neu aufgetreten sind, kommen etwa zwei Drittel aus dem Tierreich, stellen also Zoonosen dar. Auch die pandemische Influenza A/H1N1 („Schweinegrippe“) kam ursprünglich aus einem tierischen Reservoir. Gerade Wildtierreservoire sind aber noch wenig erforscht,

Blauzungenkrankheit

und das Risiko der Übertragung von Erregern aus diesem Bereich auf den Menschen ist schwer abzuschätzen.

Die zunehmende Urbanisierung ohne adäquate Infrastruktur sowie unzulängliche medizinische und veterinärmedizinische Versorgungs- und Überwachungssysteme in Krisenregionen, Flüchtlingsströme, Migration und die fortschreitende Vernichtung ursprünglicher Lebensräume führt zu geänderten Erregerexpositionen für Mensch und Tier. Der weltweite Handel und die intensive Reisetätigkeit als Teil der Globalisierung erlauben die Einschleppung von Erregern aus fernen Ländern über große Distanzen innerhalb kürzester Zeit.

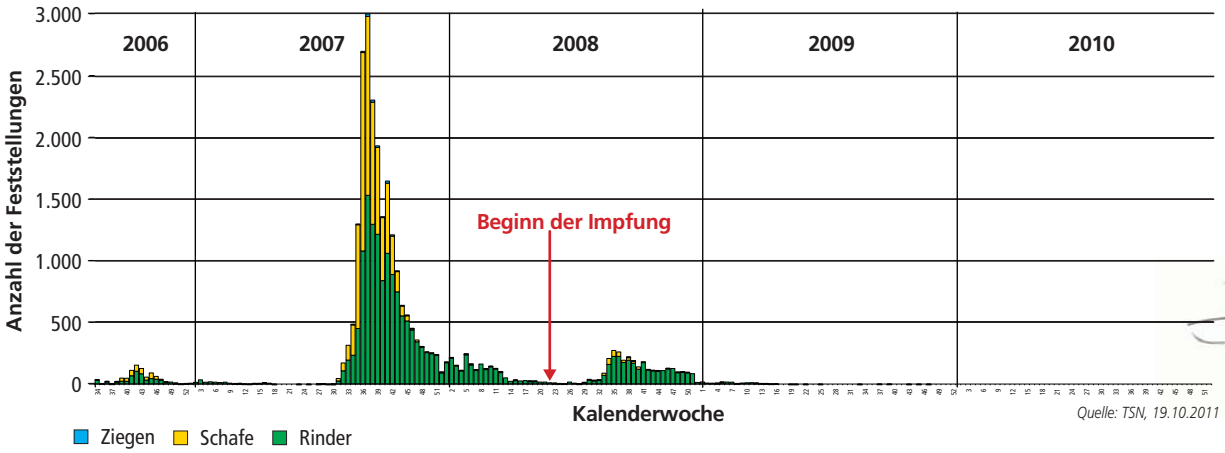
Durch veränderte Umweltfaktoren kommt es auch zu veränderten Expositionen gegenüber Erregern. Die Zunahme der Fälle von Frühsommer-Meningo-Enzephalitis in Deutschland bis ins Jahr 2007 kann gleichermaßen auf eine Habitaterweiterung und klimabedingte Aktivitätssteigerung von krankheitsübertragenden Zecken als auch auf das geänderte Freizeitverhalten der Bevölkerung mit dem Drang zu naturnahen Freizeitbeschäftigungen zurückgeführt werden. Der Ausbruch des hochpathogenen aviären Influenzavirus vom Subtyp H5N1, das 1997 in Hongkong erstmals beschrieben wurde, im Frühjahr 2006 zeigt ebenso wie die ursprünglich aus Afrika stammende, vorher in Zentraleuropa nicht aufgetretene Blauzungenkrankheit, wie schnell sich „exotische" Infektionen ausbreiten und bei günstigen Bedingungen auch Fuß fassen können. Nachfolgend sollen hier einige Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit beispielhaft vorgestellt werden.

Abb. 1: Untersuchungen haben gezeigt, dass in Deutschland heimische Gnitzen als Überträger der Blauzungenkrankheit geeignet sind.

Blauzungenkrankheit

Die Blauzungenkrankheit (Bluetongue; BT) ist eine durch Mücken der Gattung *Culicoides* übertragene Infektion der Wiederkäuer, die durch ein Virus (BTV) aus der Familie der Reoviridae verursacht wird. Es sind mindestens 24 verschiedene Serotypen beschrieben. Die BT hat sich parallel mit ihrem afrikanischen Insektenvektor *Culicoides imicola* seit Mitte der 1990er Jahre in den europäischen Mittelmeerraum hin ausgedehnt. Dabei kann die Ausdehnung des Habitats von *C. imicola* durchaus mit langfristigen klimatischen Veränderungen zusammenhängen. Völlig überraschend war aber das Auftreten von BTV im Sommer 2006 in Holland, Belgien und Deutschland. Dieser Erreger war bisher in Zentraleuropa nie aufgetreten und der nachgewiesene Serotyp 8 gehörte auch nicht zu den in den Mittelmeerraum vorgedrungenen BTV-Typen. Da trotz intensiven Monitorings keine *C. imicola* in der betroffenen Region in Zentraleuropa gefunden wurden, musste davon ausgegangen werden, dass einheimische Gnitzenarten das Virus effizient übertragen können. Umfangreiche entomologische Studien ergaben, dass in der Tat paläarktische Gnitzen (also kleine Mücken der gemäßigten Breiten; Abb. 1) vor allem des *C. obsoletus*-Artenkomplexes geeignete BTV-Vektoren darstellen (vgl. ForschungsReport 2/2008). Inwieweit die teilweise extremen Hitzewetterlagen in den Sommern 2006 und 2007 eine Etablierung und Ausbreitung des Virus in unseren Breiten begünstigt haben, ist unklar. Die vorliegenden Daten legten jedoch den Schluss nahe, dass die Witterungsbedingungen im Sommer 2006 die Epidemie der Blauzungenkrankheit nach der ursprünglichen

Abb. 2: Epidemiologische Kurve der Fälle von Blauzungenkrankheit. Die Fallzahlen stiegen im Jahr 2007 sprunghaft an, der Einfluss der Impfungen ab 2008 ist deutlich zu erkennen.



Quelle: TSN, 19.10.2011

Afrikanische Pferdepest

Einschleppung des Virus befördert und zu einer länger dauernden, möglicherweise irreversiblen Etablierung der Tierseuche in Mitteleuropa geführt haben könnten.
Die Verfügbarkeit von Impfstoffen gegen BTV-8 unmittelbar vor bzw. am Anfang der Gnitzensaison 2008 reduzierte die Fallzahlen und die wirtschaftlichen Verluste erheblich (Abb. 2). Allerdings wurden neben BTV-8 auch vereinzelt Fälle von BTV-6 und -11 nachgewiesen, wobei die EU bei letzteren auf den möglichen illegalen Einsatz von Lebendimpfstoffen, die diese Stämme enthalten haben könnten, verweist. Im Gegensatz dazu führte die Ausbreitung von BTV-1 von Südfrankreich bis an die deutsche Grenze zu Befürchtungen, auch dieser Serotyp könnte sich bei uns etablieren.

Afrikanische Pferdepest

Die Afrikanische Pferdepest (African Horse Sickness; AHS) wird in Afrika von den gleichen Vektoren übertragen wie die Blauzungenkrankheit. Der Erreger ist mit dem BTV eng verwandt und kommt in neun Serotypen vor. Zebras sind die Hauptwirte von AHS, sie erkranken im Regelfall nicht oder nur leicht. Bei Pferden kommt es hingegen zu akuten bis perakuten Krankheitsverläufen mit hohen Todesraten. Das Hauptendemiegebiet der AHS liegt in Zentralafrika, das Virus gelangte aber in der Vergangenheit auch ins nördliche Afrika und nach Europa. Zumindest einige der Einschleppungen lassen sich auf das Verbringen von infizierten Zebras in europäische Zoos zurückführen. Glücklicherweise hat sich das Virus in Europa bisher nicht etabliert. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass die für die Übertragung der BT geeigneten Vektoren auch AHS übertragen können, was eine der BT-Epidemie ähnliche Ausbreitung von AHS in unseren Breiten denkbar macht. Um dem Rechnung zu tragen, hat die EU-Kommission eine Impfstoffbank mit Impfstoffen gegen AHS eingerichtet, die bei einer Einschleppung kurzfristig genutzt werden können, um Primärherde einzudämmen. Ob dies im Seuchenfall gelingt, bleibt abzuwarten.

Chikungunya

Die Chikungunya-Infektion wird von einem Alphavirus aus der Familie der Togaviridae hervorgerufen. Die Erkrankung geht beim Menschen mit Fieber und Gelenkbeschwerden einher. Das Wort Chikungunya heißt „Der gekrümmt Gehende" und weist auf die schmerzhaften Veränderungen an den Gelenken hin, die durch das Virus verursacht werden. In schweren Fällen kann die Krankheit auch in Form eines hämorrhagischen Fiebers mit vielfältigen Blutungen verlaufen. Der Erreger wurde zuerst 1952 in Ostafrika beschrieben und war lange Zeit auf den afrikanischen Kontinent begrenzt. Seit Ende 2005 erfolgte eine epidemische Ausbreitung nach Osten in die an den indischen Ozean angrenzenden Länder bis nach Indonesien. Inzwischen ist fast ganz Südostasien als infiziert zu betrachten. Das Virus wird von Mücken der Gattung *Aedes* übertragen.
In diesem Kontext ist bedeutsam, dass sich die asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* seit einigen Jahren massiv ausgebreitet, und auch den afrikanischen und amerikanischen Kontinent sowie Südeuropa erreicht hat. So kam es im Sommer 2007 erstmals zu einer Chikungunya-Epidemie in Italien in der Region Rimini-Ravenna. Der Erreger wurde von einem infizierten Touristen aus Indien eingeschleppt und traf vor Ort auf die vektorkompetenten *A. albopictus*. Obwohl die Epidemie 2008 nicht wieder aufgetreten ist, kann eine Etablierung in dieser Region nicht ausgeschlossen werden, da der Erreger in den weiblichen Mücken über die Eizellen übertragen werden kann. Sofort eingeleitete Vektorkontrollprogramme könnten aber auch noch rechtzeitig die Vektorpopulation unter ein kritisches Limit gedrückt haben.

Afrikanische Schweinepest

Die Afrikanische Schweinepest wird durch ein großes DNA-Virus aus der Familie der Asfarviridae verursacht. Sie kommt in Afrika vornehmlich südlich der Sahara vor, wo ihr Reservoir in Warzen- und Buschschweinen liegt. Für diese Tiere ist das Virus der afrikanischen Schweinepest harmlos, dagegen sind Hausschweine hoch empfänglich, erkranken schwer oder sterben an der Infektion. Das Virus kann durch Zecken der Gattung *Ornithodoros* übertragen werden, allerdings wird die Infektion auch durch direkten Kontakt übertragen.
Bis vor kurzem kam die Afrikanische Schweinepest in Europa nur auf Sardinien vor. 2007 trat die Krankheit erstmals in Georgien bei Hausschweinen auf und verbreitete sich rasch in der Kaukasusregion bis ins südliche Russland (vgl. ForschungsReport 2/2008). Hier kam es auch zur Infektion von Wildschweinen und damit zum Einbruch in ein mögliches Wildtierreservoir. Das Virus wurde wahrscheinlich über den Hafen der Stadt Poti am Schwarzen Meer per Schiff aus Ostafrika eingeschleppt: Hierfür spricht, dass das in der Kaukasusregion gefundene Virus am nächsten mit Virusisolaten aus Ostafrika verwandt ist. Die Übertragung auf Hausschweine geschah vermutlich über Speiseabfälle, die Schweinefleisch enthielten und ohne ausreichende Hitzeinaktivierung auf Mülldeponien in der Umgebung von Poti gelangten, wo das Material für freilaufende Schweine zugänglich war. In der Kaukasusregion wird die Afrikanische Schweinepest anscheinend direkt von Tier zu Tier

picture-alliance/dpa

Afrikanische Schweinepest in Russland

Chikungungy

West-Nil-Fieber

übertragen. Hinweise darauf, dass Zecken dort eine Rolle bei der Verbreitung spielen, gibt es bisher nicht.

Zwar sind Haus- und Wildschweine gemeinhin hoch empfänglich für das Virus und sterben unter hämorrhagischen Symptomen, eine Erregerpersistenz in der Population lässt sich aber, wie in Sardinien, nicht ausschließen. In der Zwischenzeit hat sich die Infektion weiter westwärts in Richtung der Halbinsel Krim sowie nordostwärts in Richtung Sibirien ausgebreitet. Im Oktober 2009 wurde die Seuche in der Nähe von St. Petersburg im Norden Russlands festgestellt, also ca. 2000 km von der Region entfernt, in der sie zuvor aufgetreten war. Mehrere kleine Ausbrüche ereigneten sich in den letzten Monaten an Orten in der Russischen Förderation, die weit von dem eigentlichen Endemiegebiet im Nordkaukasus und den nördlich anschließenden Gebieten entfernt liegen. Häufig waren dabei Schweinehaltungen an Standorten der Armee betroffen.

Eine Tilgung in den betroffenen Gebieten ist nicht in Sicht und erscheint auch unwahrscheinlich, da ein Impfstoff gegen die Afrikanische Schweinepest bis heute nicht zur Verfügung steht. Somit bleibt als seuchenhygienische Maßnahme nur die Tötung infizierter Tiere. Eine derartige Bekämpfungsstrategie lässt sich allerdings bei den im Kaukasus vorherrschenden bäuerlichen Strukturen nicht umfassend realisieren, so dass sich hier ein neuer Endemieherd zu etablieren droht.

West-Nil-Fieber

Das West-Nil-Virus (WNV) wurde erstmals 1937 im West-Nil-Distrikt in Uganda/Afrika isoliert. Es gehört wie das Gelbfieber-, Dengue- und Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus (FSME) zur Familie der Flaviviren. WNV zählt ebenfalls zu den sogenannten Arboviren („arthropod-borne'), die von blutsaugenden Arthropoden (Gliederfüßlern wie Insekten und Spinnentiere) übertragen werden. Es kommt seit langem in weiten Teilen Asiens, Osteuropas, Afrikas und Australiens vor. In den Blickpunkt rückte das WNV 1999, als es nach einem plötzlichen Auftreten in New York zum Massensterben von Krähen- und Greifvögeln führte und auch Erkrankungs- und Todesfälle bei Menschen und Pferden auftraten. Mittlerweile hat sich das Virus auf dem gesamten nordamerikanischen Kontinent ausgebreitet. In Europa traten in den letzten zehn Jahren WNV-Erkrankungsfälle bei Vögeln, Pferden und zum Teil Menschen in Frankreich, Rumänien, Ungarn, Südrussland und Italien auf. Im Spätsommer 2010 wurden aus Nord-Griechenland über 150 Infektionen beim Menschen und einem Fall bei einem Pferd berichtet. Dort starben zwischen Mitte August und Anfang September mindestens 11 Personen an der Krankheit. Die im Jahr 2008 beobachteten Erkrankungsfälle bei Wildvögeln (vornehmlich Greifvögel) in Österreich deuten darauf hin, dass sich das Virus weiter nordwärts ausbreitet. Wildvögel stellen das Virusreservoir dar. Überträger des WNV sind hauptsächlich Stechmücken der Gattung *Culex*. In unseren Breiten kommen verschiedene *Culex*-Arten, zum Beispiel *Culex pipiens*, als mögliche Überträger in Frage. Eine Infektion bei Wildvögeln verläuft in der Regel ohne Symptome. Einige Arten, wie Krähen- und verschiedene Greifvögel, können allerdings schwer erkranken und massenhaft sterben.

picture-alliance/dpa

Immer mehr Kunden tauchten 2000 in New Yorker Campinggeschäften auf, um sich mit zusätzlichen Schutz gegen Insekten zu versorgen, die das gefährliche West-Nil-Virus übertragen können.

Pferde und Menschen sind als Fehlwirte anzusehen, sie tragen nicht zur Aufrechterhaltung der Infektkette bei. Die Infektion erfolgt durch Mücken, die sowohl an Vögeln als auch an Säugetieren ihre Blutmahlzeit nehmen. Die Ausbreitung der Infektion über Ungarn bis nach Österreich macht ein Eindringen auch nach Deutschland wahrscheinlich. Während ein Impfstoff für Pferde in Europa zugelassen ist, gibt es bisher keine Immunprophylaxe für den Menschen. Damit könnte sich eine weitere Arbovirus-Infektion in Europa festsetzen. Bisher ist allerdings unklar, welche Faktoren für die Ausbreitung des WNV eine Rolle spielen.

Notwendig sind Strategien vor Ort

Veränderte Umweltbedingungen wie Klimawandel, Globalisierung im Handel, weltweiter Reiseverkehr, Urbanisierung auf der einen und zunehmender Kontakt mit Wildtieren auf der anderen Seite beeinflussen die Ausbreitung von Infektionskrankheiten ganz wesentlich. Heute noch von „exotischen" Infektionserregern zu sprechen, verbietet sich vor diesem Hintergrund, da sie binnen kurzer Zeit auch in unseren Breiten Probleme verursachen können.

Für eine Risikoabschätzung sind bessere Kenntnisse über die Einflüsse der genannten Parameter auf die Verbreitung von Infektionserregern und Vektoren, ein umfassenderes Verständnis der Reservoirfunktion von Wildtieren für verschiedenste Erreger sowie intensive Forschungen zur Biologie und Epidemiologie von Vektoren und Erregern wichtig, die insbesondere auch bisher als „exotisch" angesehene Vertreter umfassen müssen.

Es ist notwendig, wissenschaftlich begründete Bekämpfungs- und Vermeidungsstrategien vor Ort zu etablieren, möglichst bevor die Vektoren und/oder die Erreger bei uns „gelandet" sind. ■

FLI

PD Dr. Franz J. Conraths, Prof. Dr. Martin H. Groschup, Prof. Dr. Dr. h.c. Thomas C. Mettenleiter, Friedrich-Loeffler-Institut, Südufer 10, 17493 Greifswald – Insel Riems.
E-Mail: franz.conraths@fli.bund.de

Biokohle: ein Kohlenstoffspeicher, der die Böden verbessert

Jürgen Kern, Christiane Dicke, Judy Libra, Jan Mumme (Potsdam-Bornim)

Steigende Konzentrationen von Kohlendioxid (CO_2) und anderen Treibhausgasen in unserer Atmosphäre verändern das Klima auf der Erde. Eine Möglichkeit, CO_2 aus der Atmosphäre in organischen Kohlenstoffverbindungen festzulegen, ist die hydrothermale Karbonisierung. Hierbei wird der Millionen Jahre währende Prozess der Kohle-Entstehung im Laborautoklaven in einem kurzen Zeitraum realisiert. Die entstehende Biokohle speichert nicht nur Kohlenstoff, der sonst als CO_2 wieder in die Atmosphäre abgegeben würde, sie kann auch als Langzeitdünger und Bodenverbesserer dienen. Eine Nachwuchsforschergruppe am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) arbeitet an der Optimierung dieses in doppelter Hinsicht interessanten Verfahrens.

Im Erdaltertum, bevor es Pflanzen gab, bestand die Ur-Atmosphäre zu rund 20 % aus CO_2, also 50-mal so viel wie heute. Das ist allerdings 500 Millionen Jahre her. Mit der Verbreitung pflanzlichen Lebens änderte sich dieser Zustand. Durch die Photosynthese waren die Pflanzen in der Lage, Kohlendioxid mit Hilfe von Sonnenlicht in Biomasse umzuwandeln. Abgestorbene Biomasse wurde in Form von Bodenhumus und fossilen Kohlenstoffträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas festgelegt.

Über lange Zeiträume befand sich dieser gebundene Kohlenstoff im Gleichgewicht mit dem CO_2 der Erdatmosphäre – bis vor etwa 200 Jahren der Mensch durch die Industrialisierung maßgeblich in den Kohlenstoffkreislauf der Erde eingriff.

Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, werden heute neue Strategien entwickelt, Kohlendioxid, das durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt worden ist, in Form von Kohlenstoffverbindungen wieder in den Boden einzubringen. Möglicher positiver Nebeneffekt: In bestimmten Fällen lässt sich dadurch auch die Fruchtbarkeit der Böden erhöhen.

Humus – Lebenselixier des Bodens

Besonders auf leichten und sandigen Böden, deren Wasserspeicherkapazität gering ist, wird die Landwirtschaft überdurchschnittlich stark durch die Klimaveränderung betroffen sein (Abb. 1). Bereits heute ist die Wasserversorgung in vielen Regionen der Erde knapp – es wird prognostiziert, dass Jahresniederschläge abnehmen und sich die Verteilung der Niederschläge über das Jahr hinweg ändert. Dies wird sich vielerorts negativ auf die Höhe und Sicherheit der Erträge auswirken. Gleichzeitig beschleunigt sich der Abbau von Humus, einem wichtigen Speicher für Wasser und Nährstoffe. Das belegt eine kürzlich erschienene Studie des europäischen Forschungsverbundes CARBOEUROPE, in der verschiedene europäische Ackerstandorte hinsichtlich ihrer Kohlenstoffbilanz untersucht wurden. Dabei zeigte sich, dass die Böden durchschnittlich eine Tonne Kohlenstoff pro Hektar und Jahr verloren.

Verringert sich der Humusgehalt, wirkt sich das negativ auf die Bodenfruchtbarkeit und damit auf die mögliche Ertragshöhe aus. Möglichkeiten, dem entgegenzuwirken, sind eine schonende Bodenbearbeitung oder eine Erhöhung des Kohlenstoffgehalts im Boden.

Terra Preta, Vorbild aus Amazonien

Ein vielversprechender Lösungsansatz, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und zu verbessern, sind langzeitstabile Bodenverbesserungsmittel, welche die Aufnahme- und Speicherfähigkeit des Bodens für

Volkhard Scholz, ATB

Abb. 1: Humusarmer Sandboden auf der ATB-Energieplantage im Land Brandenburg

Wasser und Nährstoffe dauerhaft erhöhen. Kohlenstoffverbindungen, die aus unvollständiger Verbrennung von Biomasse hervorgegangen sind, eignen sich hierfür besonders gut, da ihre Oberfläche vergrößert und ihr Abbau im Boden verlangsamt ist.
Das bekannteste Beispiel für Böden, die mit solchen Stoffen verbessert sind, ist die im Amazonasgebiet vorkommende „Terra Preta".

Abb. 2: Terra Preta

Hierbei handelt es sich um eine besonders fruchtbare Schwarzerde, die selbst bis in 1 m Bodentiefe mit Kohlenstoffgehalten von über 10 % weiträumig anzutreffen ist (Abb. 2). Sie ist von den Ureinwohnern Amazoniens über Jahrhunderte durch Mischung und Verrottung von Abfällen, Fäkalien und Holzkohle erzeugt worden. Diese Art der Reststoffverwertung verlor allerdings mit der Ausbreitung der Europäer und der Dezimierung der indigenen Bevölkerung an Bedeutung.

Karbonisierung landwirtschaftlicher Reststoffe

Bevor organische Rückstände aus der Agrarproduktion in Böden eingebracht werden, können sie so stabilisiert werden, dass sie vor einem raschen mikrobiellen Abbau geschützt sind. Dieser Prozess erfolgt ähnlich der Holzkohleherstellung bei stark erhöhten Temperaturen und unter Sauerstoffabschluss. Wesentliches Merkmal dieses „Karbonisierung" genannten Verfahrens ist, dass der Kohlenstoffgehalt der produzierten Biokohle deutlich über dem des eingesetzten Materials liegt.

Auf heutige europäische Bedingungen übertragen, kann die Terra Preta als Vorbild für den Einsatz von Biokohlen im Boden und die damit verbundene Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit dienen. Als Ausgangsmaterial kommen verschiedene organische Reststoffe in Betracht, zum Beispiel Gärreste aus Biogasanlagen. Diese sind besonders geeignet, da die bei der Biogaserzeugung anfallende Wärme zur Herstellung der Biokohlen verwendet werden kann. Zusätzlich können die vorhandenen Mineralstoffe die Qualität der Biokohlen für die Pflanzenernährung erhöhen.
Über die Wirkung der so produzierten Bodenverbesserungsmittel ist allerdings noch wenig bekannt. Die seit 2009 am ATB aus Nachwuchswissenschaftlern bestehende APECS-Gruppe (**A**naerobic **P**athways to Renewable **E**nergies and **C**arbon **S**inks) arbeitet daran, einen Beitrag zur Aufklärung zu leisten. Der Fokus dieser vom BMBF geförderten Projektgruppe liegt darauf, auf fermentativem Weg Biogas und auf thermochemischem Weg karbonisierte Gärreste zu gewinnen. Verfahren der Wahl ist die sogenannte hydrothermale Karbonisierung (HTC). Die HTC zeichnet sich dadurch aus, dass wasserreiche Biomassen verarbeitet werden können. Der Prozess findet dazu in einem Druckbehälter bei 20 bis 50 Bar und 180–250 °C statt (Abb. 3).

Abb. 3: HTC-Kohle aus Gärrest

Abb. 4: Kohlenstoffertrag in der HTC-Kohle aus Gärresten in Abhängigkeit der Reaktionstemperatur

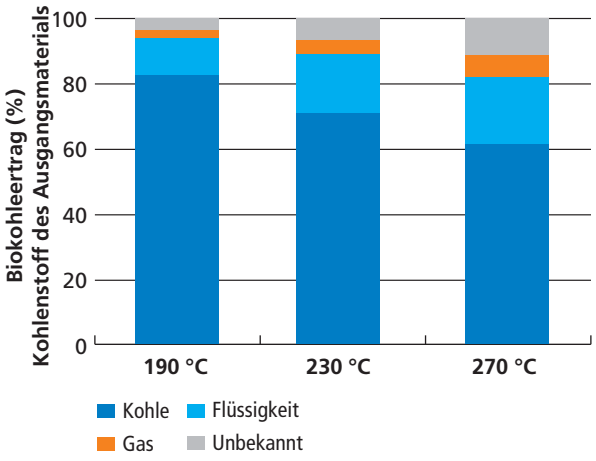
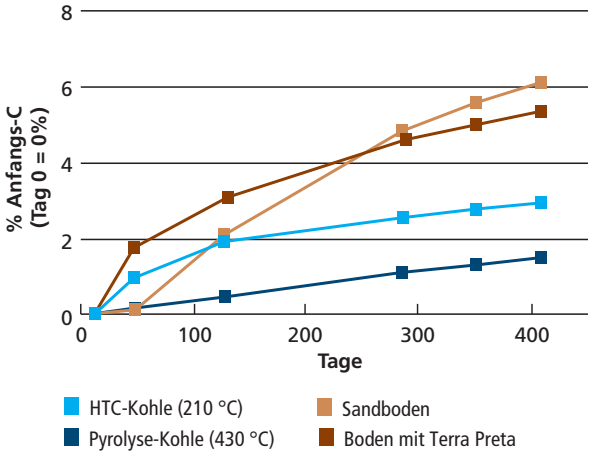


Abb. 5 CO_2-Verlust von Biokohlen und natürlichen Substraten im Langzeitversuch



Es fällt nicht nur die feste Biokohle an, sondern auch eine Flüssig- und Gasphase mit Kohlenstoffverbindungen unterschiedlicher Gehalte. Wie viel Kohlenstoff aus den Reststoffen in Form von Biokohle gespeichert wird, hängt von der Reaktionstemperatur und der Dauer des Herstellungsprozesses ab. Während der Kohlenstoffgehalt und damit der Energiegehalt mit zunehmender Temperatur ansteigt, sinkt die Gesamtausbeute des in der Biokohle festgelegten Kohlenstoffs (Abb. 4). Mit anderen Worten, bei höheren Temperaturen tritt der Kohlenstoff vermehrt in die Flüssig- und Gasphase über, was mit Blick auf die Biokohle eine geringere Effizienz widerspiegelt.

Eine weitere wichtige Frage ist, wie lange der Kohlenstoff im Boden gespeichert wird. Hierzu geben Langzeitversuche im Labor Hinweise. Die Stabilität von Biokohlen gegenüber mikrobiellem Abbau lässt sich in belüfteten Bodengemischen als CO_2-Akkumulationsraten messen. Der Vergleich zwischen reinem Sandboden und Sandbodengemischen mit Terra Preta und zwei Biokohlen zeigt, dass die Biokohlen deutlich langsamer abgebaut werden (Abb. 5). Aus der HTC-Kohle wird unter den beiden Biokohlen nach einem Jahr zwar am meisten CO_2 freigesetzt, allerdings nur etwa halb so viel wie aus natürlichen Substraten.

Biokohlen auf Ackerböden und in Kultursubstraten

Der Einsatz von karbonisierten Gärrückständen auf ackerbaulichen und landschaftsbaulichen Flächen sowie in Kultursubstraten eröffnet die Chance, Kohlenstoff mittel- bis langfristig festlegen zu können. Dies wird durch die inerte Struktur des Kohlenstoffgerüsts in der Biokohle begünstigt, die der Veratmung durch Mikroorganismen sehr viel engere Grenzen setzt, als dies bei unbehandelten Gärrückständen der Fall ist. Gleichzeitig wird erwartet, dass sich karbonisierte Gärrückstände positiv auf den Wasserrückhalt in der Landschaft, auf die Humusbildungsprozesse im Boden, auf die Nährstoffversorgung und nicht zuletzt auf die Ertragssicherung landwirtschaftlicher Kulturen auswirken. Darüber hinaus besteht die Aussicht, mit neuen biokohlebasierten Kultursubstraten den derzeitigen Abbau gebundener Kohlenstoffreserven in Torflagerstätten zu substituieren – ein aus Sicht des Klimaschutzes doppelt interessanter Aspekt, da in diesem Torfersatz nicht nur Kohlenstoff längerfristig gespeichert ist, sondern durch die verringerte Zerstörung intakter Moorkörper (wie sie z. B. im Baltikum noch großflächig anzutreffen sind) auch die Freisetzung von CO_2 erheblich reduziert werden kann.

Bei allen erwarteten Vorteilen darf allerdings nicht übersehen werden, dass ein tiefgreifender, kaum rückholbarer Eingriff in Böden erfolgt, wenn große Mengen Biokohle eingearbeitet werden. Deshalb wird am ATB über die kurz-, mittel- und langfristig auftretenden Wirkungen geforscht. So können zum Beispiel auch organische und anorganische Schadstoffe in die Böden gelangen und Bodenorganismen negativ beeinflussen. Diskutiert wird auch, dass es durch das Einbringen von Biokohle zu einem verstärkten Abbau bodeneigener organischer Substanz kommen könnte, verbunden mit einer Freisetzung der Treibhausgase CO_2 und N_2O. Am ATB wird deshalb an der Formulierung von Qualitätskriterien gearbeitet, analog zu denen bei der Herstellung von Komposten und Kultursubstraten.

Bodenschutz steht an erster Stelle

Der Einsatz von Biokohle wirft eine entscheidende Frage auf, und zwar wie weit der bestehende Humusgehalt im Boden erhalten oder sogar gesteigert werden kann.

Darüber hinaus wird die Einhaltung festgelegter Grenzwerte des Bodenschutzes künftig eine besondere Rolle spielen. Gegebenenfalls sind die Herstellungsverfahren entsprechend anzupassen, damit die festzulegenden Qualitätskriterien erfüllt werden und die positiven Wirkungen der Erzeugnisse aus der hydrothermalen Karbonisierung auch voll zum Tragen kommen. ■

Dr. Jürgen Kern, Christiane Dicke, Dr. Judy Libra, Dr. Jan Mumme, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam. E-Mail: jkern@atb-potsdam.de

Igor Ermakov - Fotolia.com

Julia Wilsberg

Kulturpflanzen für zukünftige Herausforderungen FIT MACHEN

Frank Ordon, Anne Bartelmann, Sylvia Seddig, Antje Habekuß (Quedlinburg)

Im Jahr 2050 müssen die Agrarflächen der Welt rund 9 Milliarden Menschen ernähren. Verschärft wird diese Situation durch die zunehmende Nutzung von Flächen für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe und für die Bioenergiegewinnung, durch sich ändernde Verzehrgewohnheiten vor allem in den Schwellenländern, und insbesondere durch den Klimawandel. In Deutschland wird der Klimawandel – regional unterschiedlich – im Wesentlichen durch mildere und feuchtere Winter bzw. trockenere und wärmere Frühsommer- und Sommermonate gekennzeichnet sein.

Dies wirkt sich einerseits auf die Erntemenge und die Qualität der Ernteprodukte aus und andererseits auf das Auftreten von Schaderregern. Um auch unter diesen Voraussetzungen eine leistungsfähige Pflanzenproduktion zu gewährleisten, müssen unsere Kulturpflanzen genetisch an die sich ändernden Bedingungen angepasst werden – eine große Aufgabe für die Pflanzenzüchtung und die Pflanzenzüchtungsforschung.

Pflanzenzüchterisches Instrumentarium

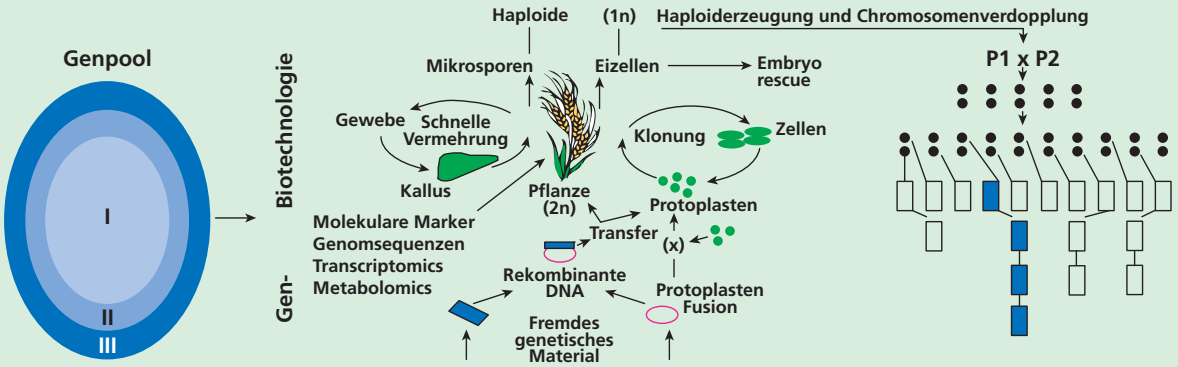
Ausgangspunkt jeder pflanzenzüchterischen Tätigkeit ist die Erfassung der genetischen Variation im primären, sekundären oder tertiären Genpool einer Kulturart, das heißt in der Kulturart selbst (primärer Genpool) und deren verwandten Arten. Die Nutzung des Genpools benachbarter Arten, welche durch eine eingeschränkte bzw. nicht vorhandene Kreuzbarkeit mit den Kulturarten begrenzt ist, wird heute durch Zell- und Gewebekulturtechniken wie Embryo Rescue oder Protoplastenfusion möglich. Hierbei werden aus Zellverbänden oder einzelnen Zellen ganze Pflanzen regeneriert oder zellwandlose Zellen werden miteinander verschmolzen und dadurch ihr genetisches Material kombiniert. Schließlich erlauben es gentechnische Verfahren, genetische Variation zu schaffen, die weit über das mit anderen Verfahren zu erzielende Maß hinausgeht. Sind entsprechende erwünschte Eigenschaften identifiziert, stehen heute Antheren- und Mikrosporenkulturtechniken zur Verfügung, die es ermöglichen, aus haploiden Zellen reinerbige diploide Pflanzen zu regenerieren.

Durch diese sowie durch molekulare Markertechniken, die die Variation direkt auf DNA-Ebene erfassen, können diese Eigenschaften im Selektionsprozess schneller genutzt werden. Bedingt durch eine ständige Weiterentwicklung der Markertechnologien (Hochdurchsatz-Markertechnologien) und der Sequenzierungstechniken werden auch bei unseren Kulturarten in absehbarer Zeit hochdichte Markerkarten bzw. komplette Genom-Informationen zur Verfügung stehen, welche es erlauben, beschleunigt Gene bzw. genetische Netzwerke zu identifizieren, die einer entsprechenden Merkmalsausprägung zugrunde liegen (Abb. 1). Diese Fortschritte ermöglichen es, schneller und gerichteter auf die künftigen Herausforderungen zu reagieren. Die BMELV-Fachtagung „Landwirtschaft 2025 – Anforderungen an den effizienten Pflanzenbau" im Februar 2011 gab hier einen detaillierten Überblick.

Anpassung an den Klimawandel – Ausgewählte Beispiele

Unter Nutzung dieses Instrumentariums werden am Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz des Julius Kühn-Instituts verschie-

Abb. 1: Überblick über Einsatzmöglichkeiten biotechnologischer Verfahren zur Nutzung genetischer Variation in der Pflanzenzüchtung (mod. Friedt und Ordon 2006)



dene Projekte bearbeitet, um die wissenschaftlichen Grundlagen zu legen, unsere Kulturpflanzen an die sich ändernden Klimabedingungen genetisch anzupassen. Beispielsweise werden umfangreiche Untersuchungen bei Kartoffel, Gerste, Weizen, Ackerbohne und Raps durchgeführt, um Genom-Regionen zu identifizieren, die an der Trockentoleranz beteiligt sind. Zu diesem Zweck werden verschiedene Genotypen dieser Kulturarten mehrjährig in Rain-Out-Shelter-Versuchen (Abb. 2) unter Trockenstress gesetzt und Parameter wie der Chlorophyllgehalt, die Chlorophyllfluoreszenz, der Gehalt löslicher Zucker, der Prolingehalt, die Ertragsleisung sowie weitere Merkmale erfasst. Diese Versuche finden in einer gestressten und einer bewässerten Kontrollvariante statt. Parallel zu dieser Phänotypisierung (= Charakterisierung der äußeren Merkmale und Eigenschaften) werden die entsprechenden Genotypen mit molekularen Markern analysiert, die das gesamte Genom abdecken. Im nächsten Schritt wird mit statistischen Verfahren (Assoziationsgenetik) die Variation in der Trockentoleranz mit Unterschieden auf der DNA-Ebene assoziiert. Auf diese Weise lassen sich molekulare Marker identifizieren, die an der Ausprägung der Trockentoleranz beteiligt sind und die in einem folgenden Schritt für eine effektive Selektion auf Trockentoleranz auf DNA-Ebene genutzt werden können.

Die Kartoffel, eine für die Welternährung bedeutsame Kulturpflanze, reagiert besonders sensibel auf Trocken- und Hitzestress. In umfangreichen Analysen zur Trockenstresstoleranz der Kartoffel wurden an unserem Institut deutliche genotypische Unterschiede im Hinblick auf die physiologischen Parameter, aber auch hinsichtlich der Ertragsleistung festgestellt. So wurden einige Genotypen nach Trockenstress irreversibel welk (seneszent), während andere nach erneuter Wassergabe vollständig regenerierten (Abb. 3A). Diese genotypischen Unterschiede spiegeln sich auch in den Ertragsleistungen wider, die in einem weiten Rahmen um 10–70 % zurückgingen. Während für einige Gene, die mit der Trockenstresstoleranz in Verbindung stehen, in Real Time PCR-Analysen keine bzw. nur geringe genotypische Unterschiede in der Expression nachgewiesen werden konnten, wurden auch Gene identifiziert, die differentiell in toleranten bzw. sensitiven Genotypen exprimiert werden (Abb. 3B). Diese werden nun auf einem breiten Genotypenspektrum, dessen Reaktion auf Trockenstress bekannt ist, analysiert. Im Rahmen dieses Projektes konnte somit gezeigt werden, dass im primären Genpool der Kartoffel genetische Variation hinsichtlich Trockenstresstoleranz auf phänotypischer und molekularer Ebene vorhanden und für eine Verbesserung der Trockentoleranz nutzbar ist.

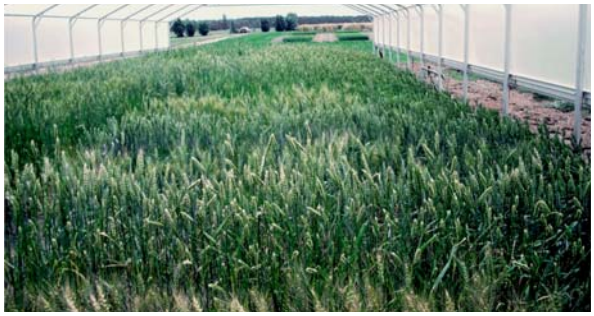
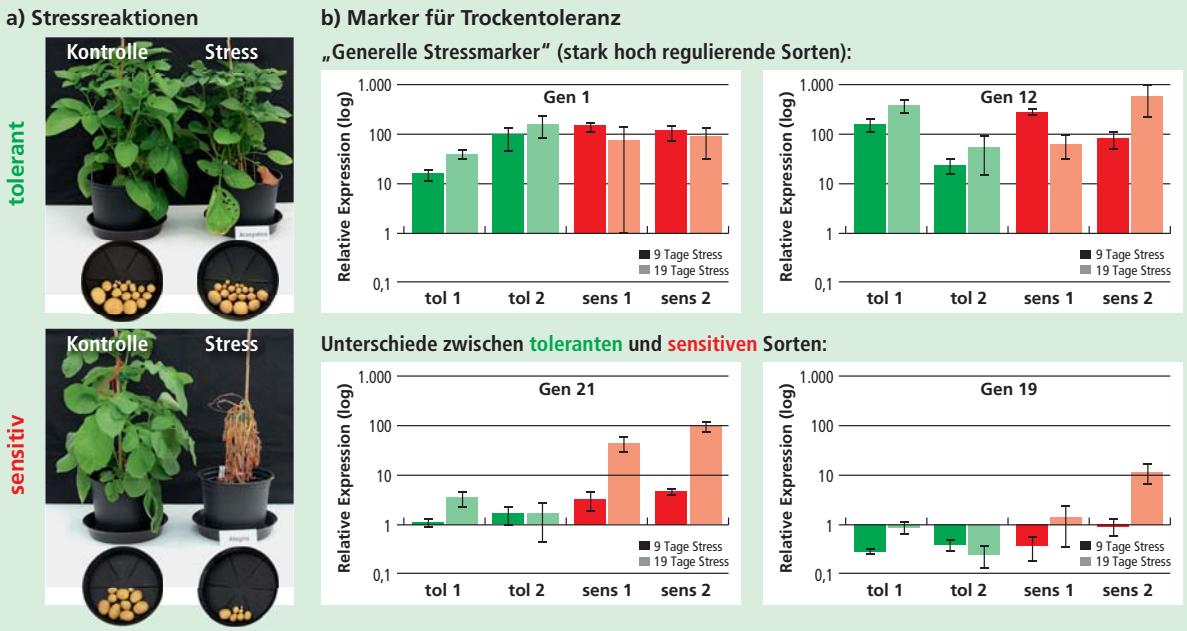


Abb. 2: Erfassung der Trockentoleranz verschiedener Weizengenotypen in Rain-Out-Shelter-Versuchen

Der Klimawandel erfordert jedoch nicht nur, bei uns bereits etablierte Kulturarten züchterisch anzupassen – auch Pflanzenarten, die künftig unter veränderten Klimabedingungen eine Rolle spielen könnten, müssen bearbeitet werden. Vor diesem Hintergrund werden Arbeiten zur Verbesserung der Kühletoleranz der Sojabohne bzw. der Winterhärte der Ackerbohne durchgeführt. Diese Arbeiten sind nicht nur im Hinblick auf die Anpassung an veränderte Produktionsbedingungen und einer Auflockerung der Fruchtfolge von Interesse, sondern können unter Umständen auch einen Beitrag leisten, die ‚Eiweißlücke' in Deutschland zu schließen.

Trockenheit während der Frühsommer- und Sommermonate wirkt nicht nur durch den reinen Wassermangel ertragslimitierend, sie lässt auch die Nährstoffe schlechter verfügbar werden. In diesem Zusammenhang ist die Fähigkeit der Pflanzenwurzel, eine Symbiose mit Pilzen einzugehen (Mykorrhiza), interessant. Mit den Pflanzenwurzeln vergesellschaftete Pilze ermöglichen der Pflanze, Nährstoffe besser zu mobilisieren und das im Boden vorhandene Wasser besser zu nutzen. Im Institut werden genotypische Unterschiede hinsichtlich der Fähigkeit des Weizens, sich mit solchen Pilzen „zu vernetzen" („Mykorrhizierbarkeit"), erfasst. Dabei soll die Frage geklärt werden, inwieweit Mykorrhiza in Abhängigkeit vom Genotyp die

Abb. 3: Phänotypisierung von Kartoffelgenotypen unter dem Einfluss von Trockenstress (A) und Identifikation von Genen, die an der Trockentoleranz beteiligt sind (B)



Trockenstresstoleranz erhöhen und die Nährstoffaufnahme unter diesen Bedingungen verbessern kann. Diese Unterschiede könnten dann gezielt züchterisch genutzt werden.

Der ursächlich für den Klimawandel verantwortliche steigende CO_2-Gehalt hat prinzipiell zunächst einen positiven Effekt auf das Pflanzenwachstum (sog. CO_2-Düngeeffekt). Gemeinsam mit dem Institut für Biodiversität des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) wird der Frage nachgegangen, ob es genetische Unterschiede in der Ausnutzung des CO_2-Düngeffektes in der Gerste gibt und welche Regionen im Gersten-Genom in diesem Fall dafür verantwortlich sind.

Der Klimawandel wird nicht nur direkte Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum haben, auch das Auftreten von Schaderregern hängt mit ihm zusammen: Einerseits ist mit dem Vordringen wärmeliebender Pathogene nach Norden zu rechnen, andererseits wird sich die Bedeutung bereits etablierter Schaderreger verschieben. Vor diesem Hintergrund gilt es, Resistenzen gegen Pilze, Bakterien, Viren sowie Insekten zu identifizieren, die Genetik der Resistenz aufzuklären und molekulare Marker zu entwickeln, die es erlauben, diese Resistenzen beschleunigt in adaptiertes Material einzubringen bzw. Strategien zu entwickeln, die zu dauerhafteren und wirksameren Resistenzen führen. Der Klimawandel wird – bedingt durch mildere Herbst- und Wintermonate – zu einer steigenden Bedeutung insektenübertragener Viren führen. Konkretes Beispiel: das von Blattläusen übertragene *Barley yellow dwarf virus* (BYDV), welches erhebliche Ertragsverluste in Gerste und Weizen verursachen kann, sodass in diesem Bereich eine Verbesserung der Resistenz als Reaktion auf den Klimawandel erforderlich ist. Nachdem zunächst doppelhaploide (DH)-Gersten-Linien erstellt wurden und diese auf das Vorhandensein der positiven bzw. negativen Allele von drei an der BYDV-Toleranz beteiligten Loci analysiert wurden, konnte gezeigt werden, dass DH-Linien mit drei positiven Allelen (Genvarianten) an den entsprechenden Loci deutlich weniger auf eine BYDV-Infektion reagieren (Abb. 4). Zudem führt die Kombination der Loci *Ryd2* und *Ryd3* zu einem niedrigeren Virusgehalt, das heißt zu einer quantitativen Resistenz.

Diese wenigen hier aufgeführten Beispiele mögen belegen, dass die Züchtungsforschung an Kulturpflanzen einen wesentlichen Beitrag liefern kann, den Herausforderungen der Zukunft zu begegnen. Sie liefert die wissenschaftlichen Grundlagen, die Variation in den genetischen Ressourcen zu erfassen und effektiv im Hinblick auf die Anpassung unserer Kulturarten an veränderte Klimabedingungen nutzbar zu machen. ■

Abb. 4: BYDV-Toleranz/Resistenz in Wintergerste. Reaktion einer Linie mit den positiven Allelen (Ryd2, Ryd3, QTL+, rechts) im Vergleich zu einer Linie mit den negativen Allelen (ryd2, ryd3, OTL-, links) nach experimenteller Virus-Inokulation im Feld.

PD Dr. Frank Ordon, Anne Bartelmann, Dr. Sylvia Seddig, Dr. Antje Habekuß, Julius Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg. E-Mail: frank.ordon@jki.bund.de

Wale unter Beschuss

Das Ringen in der Internationalen Walfangkommission

Karl-Hermann Kock (Hamburg)

Die Nutzung und den Schutz von Großwalen (Bartenwale, Pottwal, Schwertwal und Entenwale) reguliert weltweit die Internationale Walfangkommission (IWC), die 1948 ihre Arbeit aufnahm. Ihr Wirken konnte den Niedergang der Wale, insbesondere im Südpolarmeer, dem wichtigsten Walfanggebiet des 20. Jahrhunderts, zwar verlangsamen, aber nicht aufhalten. Nach wie vor machen einige Länder Jagd auf die Großsäuger der Meere.

War die IWC bis Mitte der 1970er Jahre fast ausschließlich ein ‚Club von Walfängern', so strebten seitdem immer mehr Länder, die sich primär dem Walschutz verpflichtet fühlten, in die Kommission. Auch Deutschland wurde 1982 Mitglied. Die wissenschaftliche Betreuung der IWC obliegt dem Institut für Seefischerei des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) in Hamburg. Es nimmt diese Aufgabe in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für terrestrische und aquatische Wildtierforschung (ITAL) in Büsum und dem Meeresmuseum Stralsund wahr.

Anfang der 80er Jahre waren die Wale im Südpolarmeer bereits so dezimiert, dass nur noch der Fang von Zwergwalen erlaubt war. 1982 beschloss die IWC deshalb auf ihrer 34. Sitzung mit der Stimme Deutschlands, den kommerziellen Walfang mit dem Ende des Jahres 1986 (bzw. der 1986/87 Fangsaison im Südpolarmeer) auf unbestimmte Zeit auszusetzen und ein Moratorium des kommerziellen Walfangs in Kraft zu setzen.

Nur zwei von sieben Nationen, die ursprünglich gegen das Moratorium gestimmt hatten – Norwegen und Russland – hielten ihren Einspruch aufrecht und sind nicht an den Moratoriumsbeschluss gebunden. Sie können kommerziellen Walfang betreiben, was Norwegen ja auch tut.

Moratorium soll die Wende bringen

Das Moratorium sollte alle zehn Jahre einer Revision unterzogen werden. Um es aufzuheben wären zwei Voraussetzungen zu erfüllen: zunächst die Entwicklung eines sicheren Managementverfahrens für den Fang von Großwalen, ohne deren Bestände zu gefährden. Zum anderen der Abschluss der 1990 begonnenen ‚Umfassenden Bestandseinschätzung' (Comprehensive Assessment) aller ehemals genutzten Walbestände durch den Wissenschaftsausschuss.

Die Maßgabe, den Walfang auszusetzen, war längst überfällig. Der Walfang im Südpolarmeer – als letztem Gebiet, in dem zu Beginn des 20. Jahrhunderts Wale noch in großer Zahl vorkamen – hatte von 1904 bis zum Ende der 1960er Jahre fast zwei Millionen Wale das Leben gekostet. Die Ökonomie Norwegens war bis zum Beginn der 60er Jahre entscheidend vom Wohl und Wehe des antarktischen Walfangs abhängig. Zu Beginn der 60er Jahre setzte das große Sterben der Walfangflotten in den Ländern ein, die wie Norwegen und Großbritannien über viele Jahrzehnte tonangebend im Walfang gewesen waren. Ende der 60er Jahre war die Zahl der Länder, die noch Hochseewalfang betrieben, auf Japan und die Sowjetunion gesunken. Dazu kamen noch eine Reihe von Ländern wie Brasilien, Chile, Korea, Spanien und Portugal, die Küstenwalfang im begrenzten Umfange betrieben.

Wurden vor dem Zweiten Weltkrieg vor allem Buckel- *(Megaptera novaeangliae)* und Blauwale *(B. musculus intermedia)* bejagt, folgten in den 50er und 60er Jahren Finnwale *(Balaenoptera physalus)* und Seiwale *(B. borealis)*. Anfang der 70er Jahre waren nur noch Zwergwale *(B. bonaerensis)* als letzte Bastion des kommerziellen Walfangs übrig geblieben. Zwergwale waren gerade noch halb so groß wie Finn- und Seiwale.

Eigentlich hätte damit Ruhe an der Walfront einkehren können, die seit dem Beginn der 70er Jahre immer mehr in den Blickpunkt von Öffentlichkeit und Umweltgruppen gerückt war. Doch Japan, das sich im Gegensatz zu den westlichen Ländern traditionell in erster

Linie aus dem Meer ernährte, war unzufrieden mit dem Moratorium. Japan hatte einem Fangstopp nur unter dem Druck der USA zugestimmt, die ihnen sonst die Nutzung der Fisch- und Schalentierbestände in der US-amerikanischen 200-Seemeilen-Wirtschaftszone untersagt hätten. Die Fronten in der IWC begannen sich zu verhärten. Japan scharte die Walfangbefürworter um sich. Deutschland bildete mit vielen Walfang ablehnenden Ländern die Gruppe der "like-minded countries".

Unterschiedliche Kulturen

Für viele Japaner war es schwer zu verstehen, aus welchem Grund es seit Beginn der 1970er Jahre in den westlichen Ländern verwerflich sein sollte, Wale zu töten, um sie zu essen, wo sie es bis in die 60er Jahre getan hatten, ohne es moralisch zu hinterfragen. Schließlich akzeptierte man in der westlichen Welt doch auch das Töten von Rindern, Schweinen und Schafen zum Zwecke der Ernährung. Viele Japaner gingen in ihren Ansichten noch einen Schritt weiter: Sie fanden es verwerflicher, ein Nutztier zu töten als ein Wildtier. Es ist klar, dass dieser fundamental unterschiedliche Denkansatz kaum Kompromisse zulässt. Um die Debatte um das ‚Für und Wider' des Walfanges zu verstehen, ist es wichtig, sich das immer wieder vor Auge zu halten.

Da Walzählungen unter der Ägide der IWC das Vorkommen einer großen Anzahl Zwergwale im Südpolarmeer dokumentiert hatten, war es für die Japaner eine logische Konsequenz, diese Wale weiter zu bejagen. Fraglich war nur das „Wie".

1987 nutzte Japan ein in der ‚Internationalen Walfangkonvention' festgelegtes (legales) Schlupfloch: Ein Artikel dieser Konvention überlässt es jedem Land, national Fangquoten für den wissenschaftlichen Walfang festzulegen. Vorschläge eines Mitgliedslandes, eine bestimmte Menge Wale zu wissenschaftlichen Zwecken zu töten, müssen der IWC so rechtzeitig mitgeteilt werden, dass sie vom Wissenschaftsausschuss geprüft werden können. Das Mitgliedsland ist gut beraten, seine Vorschläge anhand der Kommentare des Wissenschaftsausschusses zu modifizieren, muss es aber nicht.

Ein Schlupfloch mit großer Maschenweite

Wissenschaftlicher Walfang war bis zum Moratorium 1986 kein Problem, da nur wenige Wale pro Jahr für die Wissenschaft ihr Leben ließen. Das änderte sich 1987, als die japanische Regierung erklärte, nun 300 (± 10 %) Zwergwale pro Jahr zu wissenschaftlichen Zwecken im Südpolarmeer erbeuten zu wollen. Damit nicht genug, erhöhte Japan seinen wissenschaftlichen Walfang Mitte der 90er Jahre auf 400 (± 10 %) Wale in einem Gebiet, das gerade als Walschutzgebiet ausgerufen worden war. Zehn Jahre später steigerte es den wissenschaftlichen Fang auf 850 Zwergwale (± 10 %).

Es gelang den Japanern aber nicht in jedem Jahr, die anvisierte Menge von 850 Zwergwalen zu schießen. Neben den Zwergwalen sollten von 2005/06 an jährlich bis zu 50 Buckel- und 50 Finnwale geschossen werden dürfen. Der Abschuss von 50 Finnwalen, für die eine Umfassende Bestandseinschätzung im Südpolarmeer noch nicht einmal begonnen hatte, wurde besonders kritisch gesehen. Während Japan den Fang von Buckelwalen aufgrund der breiten Proteste aussetzte, wurden bisher zehn Finnwale über den Zeitraum von sechs Jahren geschossen.

Das Land verschärfte seine Gangart weiter und beteiligte sich nicht an Arbeitsgruppen des Wissenschaftsausschusses, wie den ‚small cetaceans' und ‚whale watching', die ihrer Meinung nach in der IWC nichts zu suchen hatten. Japan und andere Walfangbefürworter boy-

Pottwal

Dietmar Pietschock

Abtauchender Pottwal

Dietmar Pietschock

Springender Buckelwal

Meike Scheidat

Finnwal mit halb erwachsenem Kalb

Meike Scheidat

» Info:

Mit der Sonderausstellung **„Wunderbare Wale“** entführt das Naturhistorische Museum in Braunschweig die Besucherinnen und Besucher in die geheimnisvolle Wasserwelt dieser Meeressäuger. Die Ausstellung widmet sich drei großen Hauptthemen: der Evolution der Wale, den Anpassungen an ihren Lebensraum und der Jagd und Bedrohung. Die ursprünglich in Paris konzipierte Ausstellung ist in Braunschweig bis zum 10. Februar 2011 auf dem Gelände des Rebenparks gegenüber des Museums zu sehen (**www.wunderbarewale.de**).

kottieren auch Arbeitsgruppen der Kommission, wie das ‚Conservation Committee', das unter maßgeblicher Beteiligung Deutschlands 2003 auf der Jahrestagung in Berlin gegründet worden war. Dies heizte die Polarisierung von Walfanggegnern und Walfangbefürwortern nur noch weiter an.

Wissenschaftler entwickeln Managementpläne

Die Wissenschaft konnte sich aus den Rankünen der Kommission weitgehend heraushalten.

Wie erwähnt sollte das 1982 beschlossene Walfang-Moratorium so lange gelten, bis es ein sicheres Managementverfahren gibt und eine umfassende Einschätzung der weltweiten Walbestände vorliegt. 1987 begann der Wissenschaftsausschuss der IWC, die Revised Management Procedure (RMP) zu entwickeln als Alternative zu den alten, den Schutz der Wale nur unzureichend gewährleistenden Managementplänen. Die RMP sollte sicherstellen, dass nach Aufheben des Moratoriums Walbestände unter der Jagd mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht unter 54 % ihrer Ursprungsgröße sinken. Ihr Kernstück ist der ‚catch limit algorithm', der aus Bestandsabschätzungen mit Hilfe von Sichtungssurveys und Zeitserien historischer Fänge die Berechnung von Höchstfangmengen ableitet. Die Walfangkommission nahm das neue Managementverfahren 1994 an. Im gleichen Jahr 1994 wies die Walfangkommission gegen die Stimmen Japans, Norwegens und anderer Walfangbefürworter das ganze Südpolarmeer als Walschutzgebiet aus. Da Japan und andere, den Walfang befürwortende Länder gegen das Walschutzgebiet gestimmt hatten, waren sie an den Beschluss der IWC nicht gebunden und konnten weiterhin ‚wissenschaftlichen' Walfang betreiben.

1990 begann der Wissenschaftsausschuss mit seinem zweiten großen Vorhaben, der ‚Umfassenden Bestandseinschätzung' der Walbestände weltweit. Die Aufgabe, ursprünglich nur auf eine Reihe von Jahren ausgelegt, erwies sich als zu ambitioniert und wesentlich zeitaufwändiger als ursprünglich angenommen. Mehr als 20 Jahre gingen ins Land, bis die Umfassende Bestandseinschätzung wenigstens für die Buckelwale der Südhemisphäre fast zum Abschluss gebracht werden konnte. Für andere Arten, wie den Finn- und Seiwal der Südhemisphäre, war eine Umfassende Bestandseinschätzung noch nicht einmal begonnen worden.

Mit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre entwickelte sich eine Zweigleisigkeit in dem, was Wissenschaftsausschuss und Kommission taten. Der Wissenschaftsausschuss beriet weiter die Kommission und nutze die Erfahrungen, die er während der Entwicklung der RMP gesammelt hatte, zur Erarbeitung von Managementverfahren für den Walfang indigener Völker und zur Entwicklung technischer Details und Spezifikationen für die Anwendung der RMP. Die Kommission begann immer weniger auf die Ratschläge des Wissenschaftsausschusses zu hören und entschied immer mehr auf der Grundlage politischer Erwägungen.

Die IWC in der Sackgasse?

Die vordringliche Aufgabe der Kommission, die Entwicklung eines umfassenden Managementsystems (des Revised Management Schemes, RMS, von dem der Wissenschaftsausschuss einen Teil, die Revised Management Procedure, schon entwickelt hatte) voran zu treiben, machte in den 90er Jahren wenig Fortschritte. Stattdessen verlegte man sich darauf, neue Mitglieder der IWC für die eigene Sache zu gewinnen. Umfasste die IWC 1972 noch 15 Mitgliedsländer, waren es 1982, dem Jahr der Mitgliedschaft Deutschlands, schon 39. 2011 waren es 84. Zwei Vorschläge aus den Jahren 1997 und 2004, die Fronten zwischen Walfangbefürwortern und -gegnern aufzubrechen und zu einer Kompromisslösung zu finden, führten nicht zum Erfolg. Die IWC hatte sich in eine Sackgasse manövriert. Ihr Fortbestand stand auf dem Spiel.

Um einen Ausweg zu finden und den Fortbestand der IWC zu sichern, wurden zunächst alle Punkte, die einer Einigung im Wege standen, aufgelistet. Auf einer Reihe von Sitzungen, die zwischen den Jahrestagungen 2008 und 2010 stattfanden, suchte man nach Kompromissen. Doch auch wenn eine gewisse Annäherung beider Lager erreicht werden konnte, blieben entscheidende Punkte des Kataloges nach wie vor ungelöst.

2010 war klar, dass man keine Einigung würde erzielen können. Man beschloss, eine Atempause für mehrere Jahre zu machen und dann neu zu verhandeln. ■

vTI Johann Heinrich von Thünen-Institut

Dr. Karl-Hermann Kock, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Seefischerei, Palmaille 9, 22767 Hamburg. E-Mail: karl-hermann.kock@vti.bund.de

Florian Hiltmair/Waetsa Zikas/Composer - Fotolia.com

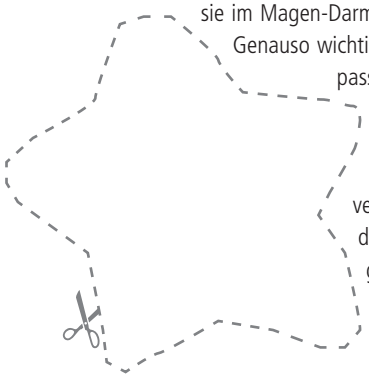
Ein Weihnachten ohne Zimtsterne?

Über die Bioverfügbarkeit von Cumarin in Cassia-Zimt

Klaus Abraham, Michael Pfister, Friederike Wöhrlin und Alfonso Lampen (Berlin)

Cumarin in Zimtgebäck hatte in der Weihnachtszeit 2006 für viel Wirbel gesorgt. Der natürliche Inhaltsstoff von Cassia-Zimt wurde in hohen Konzentrationen oberhalb des damaligen Höchstwertes nachgewiesen. Besonders mit Blick auf Kinder stellte sich die Frage, wie viele Zimtsterne pro Tag ohne gesundheitliche Risiken gegessen werden können. Cumarin ist schon lange als lebertoxischer Stoff bekannt – sowohl im Tierversuch als auch beim Einsatz als Medikament für den Menschen. Dabei wurde jedoch die isolierte chemische Substanz betrachtet. Doch erreicht Cumarin, wenn es in die Strukturen der Pflanzenrinde des Zimts eingebunden ist, überhaupt den Körper des Menschen in gleicher Weise wie bei Einnahme einer Cumarin-Tablette? Möglicherweise könnte die Substanz im Zimt weniger „bioverfügbar" und daher weniger bedenklich sein. Mit dieser Frage haben sich Wissenschaftler des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) befasst.

Die Bioverfügbarkeit beschreibt, wie viel von einer Substanz nach dem Verzehr in unveränderter Form im Blutkreislauf zur Verfügung steht. Dabei geht es zum einen um die Frage, in welchem Umfang sie im Magen-Darm-Trakt aufgenommen (resorbiert) wird. Genauso wichtig ist jedoch die Frage, wie schnell dies passiert; denn eine schnellere Resorption führt zu einem höheren Spitzenspiegel im Blut, und der ist bei vielen Substanzen für das Ausmaß einer Wirkung verantwortlich. Im konkreten Fall ging es darum, wie sich Cumarin in Zimt im Vergleich zu isoliertem Cumarin in einem Medikament verhält.



Das Studienkonzept

Für solche Untersuchungen der „relativen" Bioverfügbarkeit hat sich seit langer Zeit ein in der Arzneimittelforschung entwickeltes Konzept bewährt.

Es heißt „Cross-Over-Studie". Dabei erhalten nicht zwei Gruppen von Probanden jeweils die eine oder die andere Zubereitung, sondern jeder Teilnehmer erhält beide Substanzen – nur zu verschiedenen Zeitpunkten (z.B. im Wochenabstand). Dies ermöglicht den Vergleich des Verhaltens innerhalb einer Person; dadurch entfällt ein wesentlicher Teil der Variation, die beim Vergleich der Ergebnisse von unterschiedlichen Personen zu berücksichtigen wäre. Im konkreten Fall dieser Studie erhielten die Teilnehmer (12 Männer und

Abb. 1: Zubereitungen der Studie

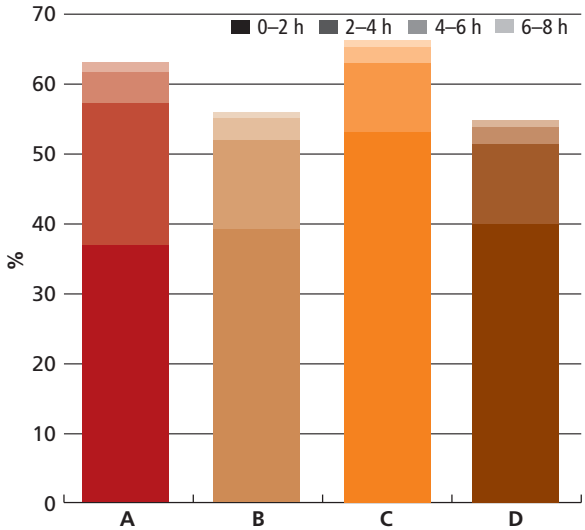
A: *isoliertes Cumarin in einer Kapsel (als Referenz)*
B: *Cassia-Zimtpulver (1,92 g) in Kapseln*
C: *Tee (125 ml), hergestellt aus dem gleichen Cassia-Zimt*
D: *Cassia-Zimtpulver (1,92 g) in 200 g Milchreis*

12 Frauen) sogar vier verschiedene Zubereitungen, jeweils mit 12 mg Cumarin (Abb. 1).

Die Urin-Untersuchungen

Nachdem die jeweilige Zubereitung morgens in nüchternem Zustand aufgenommen wurde, wurde der Urin über acht Stunden vollständig in 2-Stunden-Fraktionen gesammelt. Darin wurde das wichtigste Stoffwechselprodukt von Cumarin – 7-Hydroxycumarin – gemessen, denn Cumarin wird im Körper schon direkt nach der Resorption bei der ersten Passage in der Leber zum größten Teil in dieses Stoffwechselprodukt umgesetzt, das dann schnell und innerhalb von acht Stunden weitgehend vollständig über die Nieren ausgeschieden wird. Die Messung im Urin erfolgte mit einer aufwendigen, neu entwickelten Analyse-Methode, die Quantifizierung wurde über einen Deuterium-markierten internen Standard vorgenommen.

Abb. 2: Ausscheidung von 7-Hydroxycumarin, dem wichtigsten Stoffwechselprodukt von Cumarin, im Urin als Prozentsatz der aufgenommenen Dosis innerhalb der ersten 8 Stunden *(Mittelwerte)*



A = isoliertes Cumarin, **B** = Cassia-Zimtpulver
C = Tee aus Cassia-Zimt, **D** = Milchreis

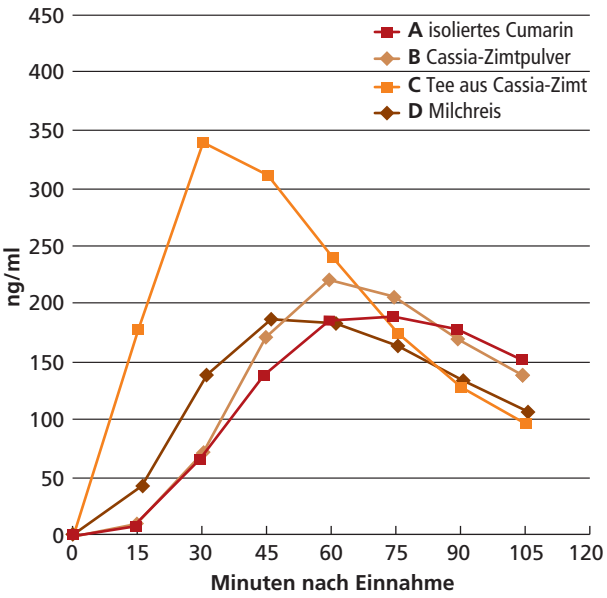
Bei der Auswertung wurde ermittelt, wie viel Prozent der ursprünglichen Cumarin-Dosis in den Urin-Fraktionen als 7-Hydroxycumarin wiederzufinden war. Die innerhalb von acht Stunden ausgeschiedene Menge ist ein gutes Maß für die vom Körper resorbierte Dosis. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 als Mittelwerte dargestellt. Wie erwartet wurde bei allen vier Zubereitungen jeweils ein großer Teil der Dosis bereits in den ersten zwei Stunden als 7-Hydroxycumarin wieder ausgeschieden. Die ausgeschiedene Gesamtmenge war bei den Zubereitungen mit Zimtpulver (B: in Kapseln, D: mit Milchreis) mit ca. 55 % der Dosis etwas geringer als die der Referenz-Zubereitung mit Cumarin in der Kapsel (A, ca. 63 % der Dosis). Beim Zimt-Tee (C) wurden rund 66 % der Dosis ausgeschieden. Aus diesen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass Cumarin im Cassia-Zimt (als Pulver in Kapseln oder im Milchreis) etwas weniger vollständig aufgenommen wird als das isolierte Cumarin in der Kapsel, die Unterschiede sind jedoch nicht sehr groß. Im Gegensatz dazu wird Cumarin aus Zimt-Tee zu einem höheren Anteil vom Körper aufgenommen.

Die Blut-Untersuchungen

Den Studienteilnehmern wurde zudem in den ersten zwei Stunden nach Einnahme bzw. Verzehr der jeweiligen Zubereitung im Abstand von 15 Minuten Blut entnommen. Darin wurde ebenfalls 7-Hydroxycumarin gemessen mit dem Ziel, den Verlauf der Konzentrationen und damit den Spitzenspiegel zu erfassen. Wie erwähnt wird Cumarin bei Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt bereits bei der ersten Leber-Passage fast vollständig zu 7-Hydroxycumarin umgewandelt. Cumarin selbst ist daher im Blut kaum messbar, jedoch spiegeln die Werte für sein Haupt-Stoffwechselprodukt den Verlauf der Cumarin-Konzentrationen in der Leber wieder und damit in dem Organ, das für eine mögliche toxische Wirkung am wichtigsten ist.

Die Ergebnisse für 7-Hydroxycumarin im Blut sind in Abbildung 3 als Mittelwerte der Konzentration in ng/ml dargestellt. Es zeigte sich eine schnelle Resorption aus dem Zimt-Tee (C), was erwartungsgemäß die höchsten Spitzenspiegel zur Folge hatte. Deutlich geringere Spitzenwerte wurden für die anderen drei Zubereitungen ermittelt. Das niedrigste Ergebnis wies das isolierte Cumarin aus der Kapsel (A) auf. Dies ist dadurch bedingt, dass Kapseln nach der Einnahme erst durch die Magensäure aufgelöst werden müssen, bevor der Weitertransport zur Resorption im Dünndarm erfolgen kann. Durch diese Zeitverzögerung verläuft die Konzentrationskurve im Blut deutlich flacher als beim Zimt-Tee (C), in dem das Cumarin schon gelöst ist und in einer relativ großen Flüssigkeitsmenge bei leerem Magen direkt weitertransportiert werden kann. Diese Mechanismen sind

Abb. 3: Verlauf der Konzentrationen von 7-Hydroxycumarin im Blut-Plasma innerhalb der ersten 2 Stunden nach Verzehr bzw. Einnahme der verschiedenen Zubereitungen *(Mittelwerte)*



lange bekannt aus der Galenik, der Lehre von der Herstellung von Arzneimitteln: Durch Veränderung der Darreichungsform lässt sich die Konzentration medizinischer Wirkstoffe im Blut beeinflussen. Bei der toxikologischen Bewertung von Lebensmittelinhaltsstoffen sind prinzipiell auch Fragen der Galenik zu berücksichtigen, es liegen jedoch für die meisten Stoffe keine entsprechenden Daten vor.

Einfluss der Pflanzenmatrix

Die Frage, ob ein Pflanzeninhaltsstoff, der in die Zellstrukturen der Pflanze (so genannte Pflanzenmatrix) eingebunden ist, beim Verzehr der Pflanze für den Körper genauso bioverfügbar ist wie die isolierte Substanz, ist nicht allgemein vorhersagbar. Für jede Kombination von Substanz und Pflanzenmatrix kann die Bioverfügbarkeit unterschiedlich sein, und nur spezielle Untersuchungen wie die hier vorgestellten können Antworten geben.

Im Fall von Cumarin in der Zimtrinde zeigte sich kein wesentlicher Einfluss der Pflanzenmatrix auf die Bioverfügbarkeit von Cumarin. Bei der Risikobewertung, die sich auf toxikologische Daten mit der isolierten Substanz stützt, ändert sich daher nichts. Eine Auswirkung könnte jedoch der Verzehr von Cumarin in Zimt-Tee haben, wenn regelmäßig große Mengen aufgenommen werden, bei der die maximal tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (der Wert für den sogenannten „Tolerable Daily Intake", TDI) überschritten wird. In diesem Fall könnte der Verzehr als Tee bedenklicher sein als der Verzehr der gleichen Cumarin-Menge zum Beispiel mit Zimtkeksen, wenn der Spitzenspiegel der entscheidende Parameter für die lebertoxische Wirkung ist. Ob dies so ist, ist jedoch nicht abschließend geklärt.

Abb. 4: Zimtstangen im Vergleich: links Cassia-Zimt mit dicker Rinde, rechts der Cumarin-arme Celyon-Zimt.

Cumarin: neue gesetzliche Höchstgehalte

Der Höchstgehalt der alten Aromenverordnung von 2 mg/kg (für Lebensmittel allgemein) orientierte sich an der Nachweisgrenze der 1980er Jahre. Im Jahr 2006 nahm die Europäische Lebensmittelbehörde EFSA eine Neubewertung von Cumarin vor, in der die Substanz entgegen der vorherigen Einschätzung nicht mehr als Kanzerogen mit gentoxischem Wirkmechanismus bewertet wurde. Als wesentlich für die Risikobewertung wurden die lebertoxischen Eigenschaften angesehen, bei denen von einem Schwellenwert der Wirkung auszugehen ist. Nachdem zunächst die Höchstwerte für Cumarin auf europäischer Ebene ganz gestrichen werden sollten, wurden auf Drängen von BfR bzw. BMELV schließlich im neuen Aromenrecht (EG-Verordnung 1334/2008) Cumarin-Höchstgehalte für spezielle Lebensmittel festgelegt, die Zimt enthalten. So beträgt der neue Höchstgehalt 50 mg/kg für traditionelle und/oder saisonale Backwaren, bei denen Zimt in der Kennzeichnung angegeben ist (z.B. Zimtsterne). Bei diesem Wert sind Überschreitungen kaum noch zu erwarten.

Für Verbraucher gilt: Nur wer häufig und sehr viel Zimt und zimthaltige Lebensmittel zu sich nimmt, überschreitet möglicherweise die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge. Diesen Menschen ist für den Gebrauch zu Hause weiterhin der Cumarin-arme Ceylon-Zimt (Abb. 4) zu empfehlen. ■

Bundesinstitut für Risikobewertung

PD Dr. Klaus Abraham, Michael Pfister, Friederike Wöhrlin und Prof. Dr. Dr. Alfonso Lampen, Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Lebensmittelsicherheit, Thielallee 88–92, 14195 Berlin.
E-Mail: klaus.abraham@bfr.bund.de

» Info:

Weiterführende Literatur: Abraham K, Pfister M, Wöhrlin F, Lampen A (2011): Relative bioavailability of coumarin from cinnamon and cinnamon-containing foods compared to isolated coumarin: a four-way crossover study in human volunteers. Mol Nutr Food Res 55:644-653

Die gesunde Vielfalt: Fisch in der Ernährung

Guiseppe Porzani - Fotolia.com

Hartmut Rehbein (Hamburg)

Fisch ist gesund und sollte regelmäßiger Bestandteil einer modernen Ernährung sein. Er liefert wertvolles, leicht verdauliches Eiweiß, ernährungsphysiologisch wichtige Omega-3-Fettsäuren und Spurenelemente wie Jod und Selen. Doch Fisch ist nicht gleich Fisch: Es gibt deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Arten, aber auch zwischen Wildfängen und Fischen aus Aquakultur.

Erzeugnisse aus Fischen, Meeresfrüchten wie Krebs- und Weichtieren oder Algen liefern einen bedeutenden Beitrag zur menschlichen Ernährung. In Deutschland ist der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch an Fisch und Meeresfrüchten in den letzten Jahren auf knapp 16 kg Fanggewicht pro Jahr angestiegen, er liegt damit aber immer noch unter dem weltweiten Pro-Kopf-Verbrauch.

Weltweit werden mehrere Tausend Fisch-, Krebs- und Weichtierarten mit sehr unterschiedlichen ernährungsphysiologischen Eigenschaften für die menschliche Ernährung genutzt. In Deutschland sind mehr als 600 Arten im Verzeichnis der Handelsbezeichnungen der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (www.ble.de) aufgeführt.

Abb. 1: Der Tigerwels (Pintado) aus brasilianischer Aquakultur, eine zukünftige Bereicherung unseres Fisch-Sortimentes?

Das Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch des Max Rubner-Instituts (MRI) ist für die Untersuchung aquatischer Lebensmittel zuständig. Hier werden gesundheitliche Aspekte der Nahrung erforscht, wobei der Schwerpunkt auf Fischarten und Erzeugnissen liegt, die auf dem deutschen Markt neu sind (Abb. 1).

Vielfalt der Fischerzeugnisse

Zur menschlichen Ernährung werden Meeres- und Süßwasserfische aus natürlichen Vorkommen sowie aus Fischfarmen (Aquakulturen) genutzt. Im Gegensatz zu allen anderen Lebensmittel-liefernden Tieren wird Fisch hauptsächlich noch durch die Jagd auf Wildbestände beschafft. Allerdings stellt die Fischproduktion in Aquakultur einen dynamisch wachsenden Wirtschaftszweig dar, der mittlerweile rund die Hälfte der weltweiten Fischnachfrage deckt.

Der Marktanteil der verschiedenen Fischarten ändert sich kontinuierlich. Während vor einigen Jahrzehnten in Deutschland Hering, Seelachs, Kabeljau und Rotbarsch den Markt dominierten, hatten im Jahr 2009 Alaska-Seelachs, Hering, Atlantischer Lachs, Thunfische und Pangasius die größten Marktanteile (Tab. 1). Der Kabeljau ist weitgehend vom deutschen Markt verschwunden, während Farmfische wie der Atlantische Lachs und Pangasius immer beliebter werden.

Tab. 1: Marktanteile (%) der wichtigsten Fischarten in Deutschland

Fischart	1984*	1992*	2002	2009
Hering *(Clupea harengus)*	37	29	16	19
Seelachs bzw. Köhler *(Pollachius spp.)*	23	9,8	4,9	4,5
Rotbarsch *(Sebastes spp.)*	8,6	7,3	5,1	3,0
Kabeljau bzw. Dorsch *(Gadus morhua)*	8,3	2,5	4,0	0,8
Makrele *(Scomber scombrus)*	4,9	6,9	2,0	1,9
Alaska-Seelachs *(Theragra chalcogramma)*	kA	14,3	32	20
Thunfische *(Thunnus spp. u.a.)*	3,9	8,9	12	9,6
Atlantischer Lachs *(Salmo salar)*	kA	kA	7,9	13
Pangasius *(Pangasius spp.)*	kA	kA	kA	6,5

kA: keine Angaben, *: Angaben nur für Westdeutschland

Die Angaben für die Jahre 1984–2002 stammen von der FIMA – Fischwirtschaftliches Marketing Institut, Bremerhaven, für 2009 vom FIZ – Fischinformationszentrum, Hamburg.

K.-U. Häßler/Malena und Philipp Klelectriceye - Fotolia.com

Neben Frischfisch und Filetware wird eine Vielzahl von Fischerzeugnissen wie Räucherfisch, Fisch in Marinaden, Matjes, Konserven, aber auch Sushi (rohes Filet) und Produkte auf Surimi-Basis (Krebsfleisch-Imitate) angeboten.

Zusammensetzung und Inhaltsstoffe

In unserem Institut bestimmen wir die Qualität von Fischfilet und untersuchen

- die Grundzusammensetzung von Fischfilets, wie den Protein- und Fettgehalt,
- das Fettsäureprofil, u. a. die Gehalte an langkettigen, mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren (n-3 oder ω-3),
- freie Aminosäuren wie Taurin,
- den Gehalt der Mineralien Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und der Spurenelemente Zink, Jod und Selen,
- Vitamine wie Vitamin K und D,
- Carotinoide im Filet von Fettfischen wie Lachs.

Fischfilet besteht im Durchschnitt zu 70–80 % aus Wasser, es enthält etwa 18 % Protein, 1,2 % Mineralstoffe und weniger als 1 % Kohlenhydrate. Die Fettgehalte variieren stark zwischen 1 bis 20 %.

Lipide

Zu den Lipiden gehören zum Beispiel Fette und Fettsäuren, Carotinoide oder Steroide wie das Cholesterin. Häufig werden Fische aufgrund ihres durchschnittlichen Fettgehaltes in drei Kategorien eingeteilt:

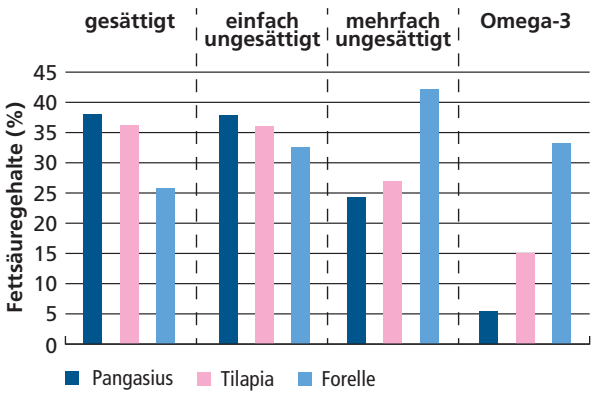
- Magerfische mit weniger als 2 % Fett im Filet wie Alaska-Seelachs,
- mittelfette Fische mit 2 bis 10 % Fett im Filet wie Rotbarsch und Forelle,
- Fettfische mit weit über 10 % Fett im Filet wie Makrele, Lachs, Aal, Heilbutt und Hering

Das Fett von Seefischen zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren aus. Fettreiche Makrelen- und Heringsfilets enthalten beispielsweise 1 bis 2 g der Omega-3-Fettsäuren Docosahexaensäure (DHA) und Eicosapentaensäure (EPA) in 100 g Filet. Zwar können diese beiden Fettsäuren im menschlichen Stoffwechsel aus α-Linolensäure synthetisiert werden und sind daher nicht essentiell („essentielle" Substanzen kann der Körper nicht selbst herstellen, sie müssen deshalb über die Nahrung aufgenommen werden). In bestimmten Lebensphasen jedoch wie in der Schwangerschaft und im hohen Alter oder zur Vorbeugung von bestimmten Erkrankungen ist eine Zufuhr über Seefisch ernährungsphysiologisch äußerst wertvoll.

DHA und EPA kommen fast ausschließlich in Seefischen vor und sind kein natürlicher Bestandteil anderer Lebensmittel. Mit Fischöl gefütterte Farmfische, wie der Atlantische Lachs oder die Regenbogenforelle, sind ebenfalls gute Quellen für diese Omega-3-Fettsäuren.

In Untersuchungen unseres Instituts hatten dagegen Filets von Pangasius und Tilapia deutlich geringere Gehalte an Omega-3-Fettsäuren als das Fleisch der Regenbogenforelle, da zur Aufzucht von Pangasius und Tilapien überwiegend pflanzliche Öle eingesetzt werden (Abb. 2). Bei den Bestrebungen, den Einsatz von Fischöl in der Aquakultur zu verringern, sollte man im Auge behalten, dass pflanzliche Ersatzfette kaum DHA und EPA enthalten.

Abb. 2: Vergleich des Fettsäureprofils von Zuchtfischen



Protein

Das Protein (Eiweiß) der Filets von Fischen ist durch den geringen Bindegewebsanteil von weniger als 2 % sehr leicht verdaulich. Außerdem zeichnet es sich durch eine hohe biologische Wertigkeit aus, da es sehr gut in körpereigenes Protein umgebaut werden kann. Fischprotein ist auch deshalb so wertvoll, weil es einen hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren wie Valin, Leucin, Threonin, Lysin und Tryptophan enthält.

Beim Abbau des Fischproteins im menschlichen Verdauungstrakt oder während der Verarbeitung von Fischen werden unter anderem blutdrucksenkende Peptide gebildet. Ihre Wirkung beruht auf der Hemmung des Angiotensin Convertierenden Enzyms (ACE). Dieses Enzym katalysiert die Bildung des gefäßverengenden Peptidhormons Angiotensin II aus der inaktiven Vorstufe Angiotensin I. Dadurch erhöht ACE indirekt den Blutdruck.

Weiterhin werden folgende positive Eigenschaften der Fischpeptide diskutiert:

- antioxidative Wirkung,
- Abschwächung des metabolischen Syndroms,
- Stärkung des Immunsystems,
- antikarzinogene Effekte.

Taurin

Fische, Tintenfische und Muscheln enthalten relativ große Mengen Taurin im essbaren Anteil. Die Gehalte variieren dabei zwischen 20 und 200 mg Taurin pro 100 g Filet, bei einigen Arten kann er sogar noch höher liegen.

Taurin ist eine Aminosulfonsäure – eine Aminosäure-ähnliche Substanz, die „frei" vorliegt, also nicht in Proteinen eingebaut ist. Taurin spielt eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung von Zellmembranen, der Entgiftung von Schadstoffen und der Ausscheidung von Cholesterin. Darüber hinaus ist es unverzichtbar für die Entwicklung von Gehirn und Netzhaut. Taurin kann vom Erwachsenen aus den beiden schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein synthetisiert werden, Säuglinge und Kleinkinder können dies allerdings nicht in ausreichendem Maße.

Tab. 2: Fisch- und Meeresfrüchteprodukte mit besonders hohen Taurin-Gehalten

Produkt	Taurin [mg/100 g Fischfilet bzw. Muschelfleisch]
Karpfen	80–220
Tilapien	210–350
Barramundi (Auquakultur)	150–230
Barramundi (wild)	70–400
Kammmuschel	270–720

Nach Analysen unseres Instituts sind vor allem Karpfen, Tilapien, Barramundi sowie Kammmuscheln besonders gute Taurin-Lieferanten (Tab. 2).

Vitamine

Die fettlöslichen Vitamine A (Retinol), D (Calciferol) und E (α-Tocopherol) sind in der Leber und dem daraus gewonnenen Lebertran vieler Fischarten sowie im Filet von Fettfischen in beträchtlicher Menge enthalten. Das wasserlösliche Niacin, Vitamin B6 (Pyridoxin) und Vitamin B12 (Cobalamin) sind im Fischfilet in solchen Konzentrationen vorhanden, dass eine Portion von 150 g Fisch schon fast den Tagesbedarf deckt.

Generell enthält die rote Muskulatur der Fische höhere Konzentrationen an Vitaminen als die weiße Muskulatur. Rotfleischige Schwarmfische wie Hering, Sardine, Makrele und Thunfisch sind daher besonders gute Quellen für Vitamine, ebenso für Spurenelemente.

Mineralstoffe und Spurenelemente

Als Muskelgewebe ist naturbelassenes Fischfilet ein natriumarmes Lebensmittel (30–100 mg Natrium/100g) und eine gute Kaliumquelle (200–400 mg/100g).

Jod und Selen sind Spurenelemente, die im Filet von Meeresfischen verglichen mit anderen Nahrungsmitteln in hohen Konzentrationen enthalten sind. Eine ausreichende Jod-Aufnahme ist wichtig für eine optimale Funktion der Schilddrüse, die es in die jodhaltigen Schilddrüsenhormone einbaut. Der Mensch hat einen Tagesbedarf an Jod von 180–200 µg. Dieser kann durch eine Fischportion von etwa 150 g gedeckt werden. Gute Jodlieferanten sind Seelachs, Kabeljau, Makrele und Steinbutt, die Jodsalz aus dem Meerwasser aufnehmen. Süßwasserfische enthalten dementsprechend nur geringe Jodmengen, da die Flüsse und Seen häufig an Jod verarmt sind. Im Laufe der Erdgeschichte wurde das Jod weitgehend vom Land in die Ozeane transportiert.

Das Spurenelement Selen ist als Bestandteil von Enzymen und anderen Proteinen an antioxidativen Prozessen und an der Entgiftung von Schwermetallen beteiligt. Es gibt Hinweise, dass Selen auch bei der Krebsprävention eine Rolle spielt. Dies ist aktuell Gegenstand der Forschung. Im Filet von Meeresfischen ist Selen in einer Menge (25 bis 40 µg/100g) enthalten, die es gestattet, den Tagesbedarf mit einer Fischmahlzeit von 150–200 g weitgehend abzudecken.

» Info:

Weiterführende Informationen über Fisch und Ernährung liefert die Website des Max Rubner-Instituts (www.mri.bund.de).

Der Tigerwels: neu für den deutschen Markt

In den deutschen Fischtheken vollzieht sich seit einiger Zeit ein Wandel. Das Angebot an traditionell genutzten Fischarten aus dem Nordatlantik und der heimischen Aquakultur wird erweitert durch neue Arten aus dem Mittelmeerraum, aus Afrika, Asien und dem Nordpazifik. Im Institut führen wir ein umfangreiches Untersuchungsprogramm durch, um Informationen zur Zusammensetzung und Qualität dieser bei uns neu angebotenen Waren zu erhalten.

Beispielhaft sei hier der Tigerwels (Gattung *Pseudoplatystoma*) herausgegriffen. Er wird in Südamerika in Aquakultur produziert und fällt durch seine charakteristisch gemusterte Haut auf (vgl. Abb. 1). Erste Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sein Filet einen relativ hohen Eiweißgehalt (20 %) besitzt. Der Fettgehalt handelsüblicher Tiefkühl-Filets schwankt zwischen 2,5 und 11 %, der Gehalt an langkettigen Omega-3-Fettsäuren liegt unter 0,3 %, bezogen auf das Filetgewicht. Entscheidend für einen Erfolg des Tigerwelses auf dem deutschen Markt werden die sensorischen Eigenschaften, der Preis und die Verfügbarkeit sein.

Fisch – kein standardisiertes Lebensmittel

Die hier gemachten Angaben zum Gehalt von Nährstoffen in Fischfilet stellen Mittelwerte dar, die sich überwiegend auf unbehandeltes, nicht verzehrsfähig zubereitetes Fischfilet beziehen.

Schwankungen in den Konzentrationen der Inhaltsstoffe können bei Wildfischen verschiedene Ursachen haben. Natürlich spielt die Fischart eine Rolle, daneben aber auch das Alter oder Geschlecht, der Reifezyklus, das Nahrungsangebot und andere Umweltbedingungen. Bei Farmfischen hängt die Konzentration der Inhaltsstoffe im Wesentlichen von der Futterzusammensetzung und den Hälterungsbedingungen ab. So weist der natürliche Fettgehalt von Makrelenfilets aus Wildfang eine Schwankungsbreite von 7 % im Juni bis zu 24 % im Januar auf. Aber auch der Fettgehalt von kalt geräuchertem, vakuumverpacktem Zuchtlachs (*Salmo salar*; Filetscheiben in 200 g – Einzelhandelspackungen) mit einem deklarierten Fettgehalt von 8 % variierte zwischen 5 und 20 %, wie Analysen unseres Institutes ergaben. Während des Transports, der Lagerung und der Verarbeitung von Fischen können die Gehalte an Inhaltsstoffen, aber auch die Stoffe selbst, durch physikalische Prozesse und chemische Reaktionen verändert werden. Während sich zum Beispiel die Fettsäurekonzentration bei der Verarbeitung kaum ändert, sind bei wasserlöslichen Vitaminen und bei Taurin deutliche Verluste bei der Herstellung von Konserven oder der Räucherung festgestellt worden. ■

MRI Max Rubner-Institut

Dr. Hartmut Rehbein, Max Rubner-Institut, Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Palmaille 9, 22767 Hamburg. E-Mail: hartmut.rehbein@mri.bund.de

Jeremias Münch - Fotolia.com

Julius Kühn-Institut

Kupfer als Pflanzenschutzmittel

Abb. 1 Screenshot des Themenportals Kupfer des Julius Kühn-Instituts

Kupfer ist ein Schwermetall und wird in der Landwirtschaft als Pflanzenschutzmittel und Spurennährstoffdünger verwendet. Als mögliche Folgen der langjährigen Anwendung werden der Verbleib im Boden und die Auswirkungen auf Bodenorganismen seit einigen Jahren national, aber auch zunehmend im internationalen Rahmen diskutiert. Erstmalig wird die Kupferthematik in der Landwirtschaft ausführlich im Rahmen eines Themenportals durch das Julius Kühn-Institut im Internet der Öffentlichkeit vorgestellt (http://kupfer.jki.bund.de/).

Das neue Themenportal dokumentiert die Bemühungen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und des Julius Kühn-Instituts (JKI), gemeinsam mit den Verbänden des ökologischen und konventionellen Anbaus in Deutschland, Kupfereinträge durch Pflanzenschutzmittel zu reduzieren und Alternativen dafür zu finden.

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel werden seit etwa 150 Jahren in Deutschland gegen Pflanzenkrankheiten wie den Falschen Mehltau an Weinrebe angewendet und gehören damit zu den ältesten Pflanzenschutzmitteln, die noch heute eine Bedeutung haben.

Im Jahre 2009 hat die EU-Kommission die Anwendung von Kupfer als Wirkstoff für Pflanzenschutzmittel bis zum Jahr 2016 unter Auflagen erlaubt. Dazu gehört, dass die Mitgliedsländer Maßnahmen zur Reduzierung der ausgebrachten Kupfermengen ergreifen und ein Monitoring zu Bodenkupfergehalten und deren Auswirkungen stattfindet. In Deutschland wurde daraufhin beschlossen, dass über eine gezielte Kupferminimierungsstrategie die jährliche Gesamtmenge ausgebrachten elementaren Kupfers bei der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel von 3 kg/ha (bei Hopfen 4 kg/ha) weiter minimiert werden soll. Zu diesem Zweck haben die Verbände des ökologischen und konventionellen Anbaus ein Strategiepapier zur Minimierung des Kupfereinsatzes erarbeitet. Das Dokument mit dem Titel: „Strategiepapier zu Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen Landbaus" steht auf dem Themenportal zum Download zur Verfügung.

Ökotoxikologische Auswirkungen

Unter Leitung des Julius Kühn-Institutes wurde im Rahmen einer landesweiten Erhebung der Belastungszustand wein-, obst- und hopfenanbaulich genutzter Flächen ermittelt und damit begonnen, die ökotoxikologischen Auswirkungen dieser Belastungen in aufwändigen Labor- und Freilandstudien zu untersuchen. Erste Ergebnisse werden im Themenportal anschaulich vorgestellt. Dazu gehört der Nachweis, dass zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung keine Unterschiede in den Kupfer-Bodengesamtgehalten bestehen. Hohe Bodengehalte sind stets eine Folge jahrzehntelangen Anbaus mit früher bis zu zehnfach höheren Aufwandmengen eingesetzter kupferhaltiger Mittel zur Bekämpfung der Pilzkrankheiten. Durch die reduzierten Kupfermengen in der darauffolgenden ökologischen Bewirtschaftung einerseits und dem heute zur Verfügung stehenden Angebot synthetischer Fungizide im konventionellen Landbau, haben sich die Kupfergesamtgehalte im Boden nur geringfügig erhöht.

Insgesamt möchte das Themenportal zu einer sachlichen und differenzierten Darstellung der Kupferproblematik beitragen und fortlaufend die neusten Erkenntnisse auf diesem Gebiet dokumentieren. ■

PD Dr. Stefan Kühne, Julius Kühn-Institut, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow.
E-Mail: stefan.kuehne@jki.bund.de

Expedition in die Sargasso-See

Zweimal in seinem Leben schwimmt er quer durch den Atlantik. Als Larve nutzt er vorwiegend den Golfstrom, um die europäischen und nordafrikanischen Küsten zu erreichen, verbleibt dort in den flachen Gewässern oder steigt in unsere Flüsse und Seen auf. Als erwachsener Fisch kehrt er zur Fortpflanzung wieder dorthin zurück, wo alles begann: in die Sargasso-See, einem Gebiet des subtropischen Westatlantiks. Ein wahrhaft außergewöhnliches Verhalten, mit dem der Europäische Aal der Wissenschaft noch immer Rätsel aufgibt. Welche Wege nehmen die Tiere und wo genau laichen sie ab? Im Frühjahr 2011 machte sich das Fischereiforschungschiff „Walther Herwig III“ mit einer internationalen Wissenschaftler-Crew auf den Weg, um mehr Licht in die geheimnisvolle ozeanische Lebensphase der Aale zu bringen.

++ 26. Februar 2011 ++

Bremerhaven

Leinen los – vom Fischereihafen geht es die Weser hinab, langsam entschwinden die Umrisse Bremerhavens am Horizont. Die Walther Herwig nimmt Kurs auf den Ärmelkanal, von dort soll es quer über den Atlantik Richtung Sargasso-See gehen. Keine Spazierfahrt zu dieser Jahreszeit. „Das wird jauchig“, hatte der Kapitän noch kurz vor dem Ablegen befürchtet.

Erst auf den Bermudas wird der Großteil der Wissenschaftler zusteigen. Und so sind neben der Besatzung bislang nur drei Angehörige des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) an Bord. Sie haben unter anderem die Aufgabe, Versuche mit 28 künstlich vorgereiften Aalen vorzubereiten, die nach und nach in den Weiten des Ozeans

ausgesetzt werden. Mit Satellitensendern bestückt (so genannte Pop-Up-Tags) sollen sie den Forschern verraten, welchen Weg sie in welcher Tiefe und welcher Zeit nehmen, um zu ihrem Laichgebiet zu gelangen. Die Sender lösen sich nach einer bestimmten Zeit vom Fisch, steigen zur Wasseroberfläche auf und übermitteln ihre Aufzeichnungen via Satellit direkt ans vTI in Hamburg.
Dr. Klaus Wysujak betreut die Aussetzversuche an Bord und ist gespannt: „Die genaue Wanderroute der Aale kennt man bis heute nicht. Noch nie wurde ein laichreifer Aal westlich der Azoren gefangen.“

++ 02. März 2011 ++

Aale aussetzen

Etwa auf halber Strecke, auf einer Position zwischen Irland und den Azoren, werden die ersten elf mit Satellitensendern versehenen Aale ausgesetzt (Abb. 1). Hier sind sie weit genug von den europäischen Küstenbereichen, in denen sich viele Fressfeinde tummeln, entfernt. Dieses küstenferne Aussetzen soll ihre Überlebenswahrscheinlichkeit erhöhen. Weitere Aale werden in den nächsten Tagen weiter südwestlich zu Wasser gelassen.

Daniel Stepputtis, vTI

Abb. 1: Klaus Wysujak an Bord der Walther Herwig mit einem Aal-Sender.

++ 15. März 2011 ++

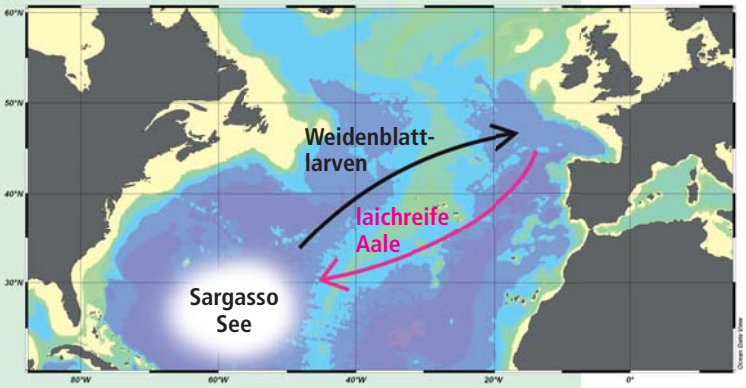
Hafen von St. George’s, Bermuda

Nach gut 14-tägiger Überfahrt liegt die Walther Herwig im Hafen von St. George’s auf den Bermuda-Inseln. Das 12-köpfige Wissenschafler-Team aus Deutschland, Frankreich, Kanada, Neuseeland und Japan versammelt sich an Deck. Leiter der Expedition ist Dr. Reinhold Hanel, Direktor des vTI-Instituts für Fischereiökologie in Hamburg. Der Hauptteil der Reise kann beginnen.
Der Biologe Matthias Schaber, seit einem Jahr am vTI beschäftigt und zum ersten Mal auf der Walther Herwig unterwegs, bloggt im Internet in einem Seetagebuch über die Fortschritte und Hintergründe der Expedition. „Uns alle verbindet die Suche nach einem der letzten großen Rätsel der Ichthyologie – der Fortpflanzung des Europäischen Aals“, schreibt er in seinem ersten Eintrag.
Um 11 Uhr Ortszeit legt die Herwig bei herrlichstem „Bermuda-Wetter“ ab (Abb. 2). Durch die enge Hafeneinfahrt von St. George

» Info:

Zur Lebensgeschichte des Aals

Die Lebensgeschichte eines jeden Aals in Europa beginnt und endet in den Weiten der Sargasso-See, einer Meeresregion des subtropischen Westatlantiks. Die frisch geschlüpften, durchsichtigen Aal-Larven – Weidenblattlarven oder Leptocephali genannt – nutzen die großen Meeresströmungen für ihre Wanderungen an die Küsten Europas und



Nordafrikas. Während ihrer vermutlich mehrjährigen Reise wachsen sie heran, bevor sie sich kurz vor Erreichen der Küstengewässer zu Glasaalen wandeln. Diese bleiben entweder im Salz- und Brackwasser oder steigen zum Teil bis in die Quellgebiete von Flüssen und Seen auf. Dort verbringen sie als Gelbaale viele Jahre ihres Lebens, bevor sie irgendwann die Nahrungsaufnahme einstellen und sich zu Blank- oder Silberaalen umwandeln. Diese begeben sich auf ihre letzte große Reise, zurück zu ihren Laichgründen. Erst während des Wegs in die Sargasso-See reifen die Aale zur vollen Geschlechtsreife heran – und hier endet auch weitgehend der heutige Kenntnisstand!

und durch zahlreiche Untiefen der vorgelagerten Riffe geht es nach Südwesten. „In 35 Stunden werden wir unsere erste Station erreichen und mit der Probennahme beginnen. Die Spannung steigt …“, bloggt Matthias Schaber.

Daniel Stepputtis, vTI

Abb. 2: Die Wissenschaftler beobachten das Ablegemanöver im Hafen von St. George’s (v.l.n.r.: Michael J. Miller, Fahrtleiter Reinhold Hanel, Matthias Schaber, Manfred Trenk, Michael Vobach).

++ 16. März 2011 ++

Bermuda

Auch die lokalen Medien nehmen regen Anteil an der Reise. Am 16. März erscheint in der Bermuda Royal Gazette ein Interview mit Reinhold Hanel; auch das Bernews Magazine und der lokale Fernsehsender VSB-TV berichten.

++ 18. März 2011 ++

Westliche Sargasso-See

Die westliche Sargasso-See ist erreicht. „Wir wollen möglichst frühe Entwicklungsstadien der beiden hier laichenden Aal-Arten, des Europäischen und des Amerikanischen Aals, finden. Anhand der Verteilung der jüngsten Larvenstadien soll das Laichgebiet der Aale weiter eingegrenzt werden“, erläutert Reinhold Hanel. Schließlich ist die Sargasso-See so groß wie ganz Mitteleuropa.

Die wissenschaftliche Arbeit erfolgt auf Nord-Süd-Strecken, die die Walther Herwig südlich der Bermudas abfährt. Hier werden mithilfe von Satellitenbildern und dem bordeigenen Thermo-Salinographen Ausläufer einer Front identifiziert, die das Atlantikwasser vom wärmeren Wasser des Golfstroms trennt. Dort, wo die Wassertemperatur von 20 °C auf 25 °C ansteigt, sind die Forscher an einem der Golfstromausläufer, in denen sie die Aal-Fortpflanzung vermuten.

Die Mannschaft lässt Netze zu Wasser, unter anderem ein Planktonnetz mit einer Maschenweite von nur 0,5 mm und ein speziell konstruiertes Schleppnetz mit 15 mm Maschenweite (Abb. 3). Sobald die Proben an Bord und im Labor sind, nimmt sich jeder Wissenschaftler eine Unterprobe in eine Petrischale und sucht sie sorgfältig nach Aal-Larven und -Eiern ab (Abb. 4). Die Arbeiten werden im 12-Stunden-Schichtbetrieb Tag und Nacht durchgeführt. „Auf den bisher beprobten Stationen haben wir bereits zahlreiche der faszinierenden Leptocephalus-Larven gefunden“, heißt es im Seetagebuch. „Eine genaue Art-Zuordnung ist allerdings oft schwierig. Denn im Wasser der Sargasso-See wachsen auch die Larven zahlreicher Aal-Verwandter auf, etwa Schnepfenaale, Schlangenaale und Conger.“

Daniel Stepputtis, vTI

Abb. 4: Im Labor unter Deck: Die Proben werden auf Aal-Larven untersucht.

Während des Aussortierens der Planktonproben geht immer wieder mal ein Blick über den Meereshorizont. Buckelwale sollen zu der Zeit durch das Gebiet wandern…

++ 22. März 2011 ++

The Big Blue

Das Forschungsschiff ist unterwegs in der „blauen Wüste“. Das Seegebiet ist außerordentlich nährstoffarm. Folglich wachsen hier nur wenig einzellige Algen (Phytoplankton). Diese Planktonarmut verleiht der Sargasso-See die typische „Wüstenfarbe des Meeres“: Das azurblaue Wasser ist von einer faszinierenden Klarheit und mystischen Tiefe.

Da das Phytoplankton die Grundlage der gesamten Nahrungskette ist, gibt es hier auch nur wenige Schwarmfische und demzufolge

Matthias Schaber, vTI

Abb. 3: Aussetzen des Netzes

Daniel Stepputtis, vTI

Abb. 5: Treibende Sargassum-Algen auf tiefblauer See

auch wenige große Raubfische oder Delphine. „Diese geringe Dichte an Fressfeinden kann einer der Gründe sein, weshalb die Aale gerade hierher zum Ablaichen kommen: Die jungen Larven haben so bessere Überlebenschancen“, vermutet Reinhold Hanel.
Vereinzelt passiert die Herwig größere Ansammlungen der Sargassum-Alge (Abb. 5). Diese große Braunalge driftet an der Oberfläche wärmerer Meere und wird hier durch Strömungen zu größeren Ansammlungen zusammengetrieben – was letztlich zur Namensgebung dieses Seegebietes führte. Alles, was hier an der Oberfläche treibt, sei es nun Sargassum oder Treibgut, wird von den hier lebenden Fischarten als Bezugspunkt und „Unterschlupf“ genutzt. So sind die Sargassum-Felder ein biologisches Highlight, quasi eine Oase in der Wasserwüste, in der man von Bord aus Drückerfische, Kugelfische und bei guter Sehkraft sogar Insekten erkennen kann – Salzläufer, die im Aussehen den Wasserläufern aus den heimischen Gartenteichen ähneln, hunderte Kilometer vom Land entfernt.

++ 27. März 2011 ++

Die Weidenblatt-Larven

„Bisher konnten wir während unserer Reise mehr als 1.200 Weidenblatt-Larven (sogenannte Leptocephali) verschiedenster Arten fangen“, bloggt Matthias Schaber. „Kleine, kürzlich geschlüpfte ebenso wie voll gereifte, große Larven.“
Weidenblattlarven werden um ein Vielfaches größer als typische Fischlarven anderer Arten. Sie unterscheiden sich so grundlegend von der Körperform ausgewachsener Aale, dass sie nach ihrer Entdeckung im Jahr 1777 nahezu ein Jahrhundert lang als eigenständige Fischarten galten.
Die Leptocephalus-Larven haben einen abgeflachten, fast vollständig durchsichtigen Körper (Abb. 6). Sie können sowohl vorwärts als auch rückwärts schwimmen. Die Maximalgröße von Leptocephalus-Larven variiert zwischen einzelnen Familien und Arten und reicht von 50 bis 200 mm und mehr bei einigen Arten der Gattung *Ariosoma* (einem Meeraal) und *Nemichthys* (einem Schnepfenaal).

Michael J. Miller

Abb. 6: Sammlung verschiedener Weidenblattlarven in einer Petrischale.

Daniel Stepputtis, vTI

Abb. 7: Michael J. Miller präsentiert eine außergewöhnlich große Weidenblatt-Larve.

Mit an Bord ist Michael J. Miller von der University of Tokyo, ein ausgewiesener Experte für Leptocephalus-Larven (Abb. 7). Die Larven werden vermessen, fotografiert und nach morphologischen Kriterien zumindest bis auf Familien- oder Gattungsebene bestimmt. Für eine weitere Bestimmung auf Artniveau sind genetische Analysen notwendig, die nach Beendigung der Reise im vTI-Labor in Hamburg erfolgen werden.
Das Alter der Larven lässt sich anhand der Gehörsteinchen, der Otolithen, bestimmen. Otolithen sind winzige, runde Kalkstrukturen im Kopfbereich (Abb. 8). Aufgrund des Tag- und Nacht-Zyklusses, der die Nahrungsaufnahme und das Wachstum der Fischlarven beeinflusst, weisen die Gehörsteinchen tägliche Zuwachsringe auf. Diese Ringe erlauben, wie die Jahresringe eines Baumes, die genaue Altersbestimmung der Larven – und zwar in Tagen! „Auf diese Weise können wir auch erkennen, wann genau sie geschlüpft sind“, schreibt Matthias Schaber. Untersuchungen an Japanischen Aalen

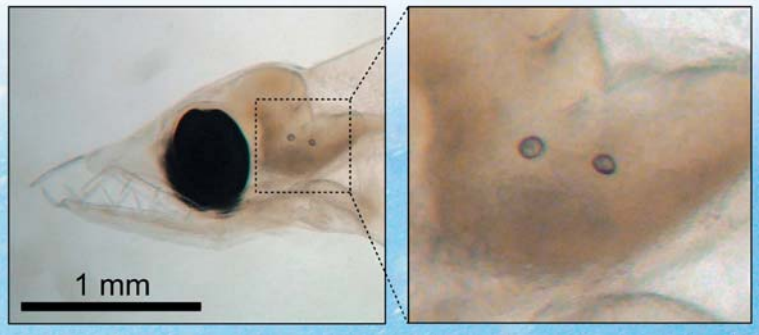


Abb. 8: Otolithen (Gehörsteine) im Kopfbereich einer Weidenblatt-Larve

Daniel Stepputtis, vTI

Abb. 9: Die Walther Herwig im Hafen von St. George's

Ein letztes Gruppenfoto der wissenschaftlichen Crew an Deck

weisen darauf hin, dass diese vor allem während Neumondphasen laichen. Mit den jetzt gefangenen Larven hoffen die Forscher, auch Rückschlüsse auf den Laichzeitpunkt des Europäischen und des Amerikanischen Aals ziehen zu können.
Am Abend dieses Tages wird die Besatzung von der rauen Lebenswirklichkeit an Bord eingeholt. Ein ernsthafter Krankheitsfall macht es erforderlich, die wissenschaftlichen Arbeiten zu unterbrechen und Bermuda anzulaufen, um ein Crew-Mitglied ins Hospital zu bringen. Erst am 31. März läuft die Walther Herwig wieder aus.

++ 07. April 2011 ++

St. George's

Heute sind die wissenschaftlichen Arbeiten beendet worden, gegen 13 Uhr läuft das Schiff in St. George's ein (Abb. 9). Die letzten Tage sind genutzt worden, um noch weitere Leptocephalus-Larven zu fangen und die großen Mengen an neu gewonnenen Daten zu organisieren, vorläufig aufzuarbeiten und zu sichern. Zehn Wissenschaftler gehen von Bord, um per Flugzeug die Heimreise anzutreten.
Zwei Wissenschaftler des vTI-Instituts für Fischereiökologie sowie zwei neu an Bord gekommene Kollegen vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) nutzen die Rückfahrt nach Bremerhaven, um noch weitergehende Untersuchungen zur möglichen Verdriftung der Aal-Larven mit dem Golfstrom und dem Nordatlantikstrom an europäische Küsten durchzuführen.

++12. April 2011++

Hamburg

Die in Bermuda von Bord gegangenen vTI-Mitarbeiter treffen in Hamburg ein, sicherlich mit einem lachenden (die Seereise war relativ lang), aber auch einem weinenden Auge (die Seereise war spannend und interessant).

++ 21. April 2011 ++

Zurück in Bremerhaven

Begünstigt durch gute Witterung erreicht die Walther Herwig drei Tage früher als geplant ihren Heimathafen Bremerhaven und macht dort um 15 Uhr an der Pier fest. Damit endet die 342. Reise des Forschungsschiffes. Die eigentliche Arbeit jedoch – die wissenschaftliche Aufarbeitung der gewonnenen Daten – erfolgt stets nach der Seereise und wird die beteiligten Wissenschaftler, je nach Fragestellung und Auswertungsmethode, noch längere Zeit in Anspruch nehmen. ■

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), PD Dr. Reinhold Hanel, Institut für Fischereiökologie, Dipl.-Biol. Matthias Schaber, Institut für Seefischerei, Palmaille 9, 22767 Hamburg, Dr. Michael Welling, Pressestelle, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig. E-Mail: reinhold.hanel@vti.bund.de

» Info:

Informationen über die Forschungsreise und das Seetagebuch finden Sie unter www.vti.bund.de/reise342

Julius Kühn-Institut

Wie der Boden sich bei Krankheiten selbst hilft

Wenn Schaderreger im Feld gemeinsame Sache machen und der Landwirt nichts unternimmt, schlägt sich dies in hohen Ernteverlusten nieder. So wird in den USA seit Jahren beobachtet, wie ein Fadenwurm (Nematode) und ein Pilz gemeinschaftlich Sojabohnen dahinraffen und auch ein Fruchtwechsel mit Mais dem Duo keinen Einhalt gebietet. Soja kontinuierlich auf einer Fläche mit diesem Krankheitskomplex anzubauen und abzuwarten, bis der Boden sich selbst hilft, scheint auf den ersten Blick inakzeptabel. Genau dies haben jedoch ein Wissenschaftler des Julius Kühn-Instituts und seine amerikanische Kollegin getan und damit Erfolg gehabt. Sie haben untersucht, welchen Einfluss „suppressive" Böden auf das Vorkommen des Sojabohnen-Zysten-Fadenwurms *Heterodera glycines* und das Auftreten des „Sudden-death-Syndroms" haben. Dieses „akute Absterben" der Sojapflanzen wird durch den Pilz *Fusarium virguliforme* ausgelöst und durch den Wurm verstärkt.

Die Forscher beschreiben, dass bei einem kontinuierlichen Anbau anfälliger Sojabohnen wenige Jahre nach der künstlichen Infektion der Ackerböden mit dem Pilz und bei natürlich vorkommenden Fadenwürmern der Boden „lernt", den Krankheitskomplex zu unterdrücken. Im Feldversuch wurden Bereiche, in denen vorab chemisch alles Bodenleben unterdrückt worden war, mit Bereichen verglichen, auf denen zuvor Mais und Soja im Wechsel angebaut worden waren. In den Parzellen mit intakter Mikroorganismengesellschaft sank die Anzahl der Fadenwürmer und die Krankheit war weniger stark ausgeprägt. In den Böden, in denen das Bodenleben zerstört worden war, stiegen hingegen die Nematodenzahlen und die Schwere der Krankheit nahm zu. „Wir gehen davon aus, dass die Zusammensetzung der verschiedenen Bodenmikroorganismen in den intakten Parzellen so ist, dass sowohl der Nematode als auch die Krankheit unterdrückt werden", sagt Dr. Andreas Westphal. Der Nematologe vom Julius Kühn-Institut macht keinen Hehl daraus, dass diese Grundlagenforschung derzeit noch keine praktikable Lösung für Landwirte darstellt. Die Tatsache, dass die Wissenschaftler Böden gefunden haben, die einen ganzen Krankheitskomplex unterdrücken können, ist jedoch ein Novum. Es gilt als Fingerzeig, dass es in Zukunft Bekämpfungsmethoden geben könnte, bei denen man sich die Tatsache zunutze macht, dass sich der Boden selbst hilft. ■

Symptome des Sudden-death-Syndroms an Sojabohnen.

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa

Kasachstan: Agrarboom beseitigt ländliche Armut

In Kasachstan wurden die Getreideanbauflächen in den vergangenen zehn Jahren um fünf Millionen Hektar ausgeweitet, die Wertschöpfung im Getreidesektor verdoppelt und die ländliche Armut aufgrund zunehmender Knappheit an Arbeitskräften weitgehend beseitigt. Das zeigt eine kürzlich bei der Weltbank in Washington vorgestellte Studie des Leibniz-Instituts für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO). Künftige Produktivitätssteigerungen erfordern jedoch weitere politische Reformen der Regulierung von Boden- und Kapitalmärkten sowie eine verstärkte Förderung von Ausbildung und Forschung.

Angesichts der weltweit steigenden Nachfrage nach Grundnahrungsmitteln kommt flächenreichen Exportnationen eine Schlüsselfunktion für die Ernährungssicherung zu. Vor diesem Hintergrund dokumentiert die von den IAMO-Wissenschaftlern Martin Petrick, Jürgen Wandel und Katharina Karsten vorgelegte Studie die Entwicklung in Kasachstans nördlicher Getreideanbauregion, einem dünn besiedelten Gebiet mit enormem wirtschaftlichem Aufschwung.

Während die Getreideanbaufläche um rund 50 % auf 15 Millionen Hektar ausgeweitet wurde, konnte mit Hilfe moderner Agrartechnik und dem zunehmendem Einsatz von Mineraldünger die Wertschöpfung im Agrarsektor zwischen 2001 und 2009 nahezu verdoppelt werden. Eine wichtige Ursache für den beobachteten Agrarboom sind die deutlich gestiegenen Getreidepreise. „Zu unserem Erstaunen kletterten die Löhne für Landarbeiter in den vergangenen zehn Jahren jedoch etwa doppelt so schnell wie die Getreidepreise", erläutert der Leiter der Studie, Dr. Martin Petrick. Ausschlaggebend für die Steigerung der ländlichen Einkommen auf breiter Basis sei die zunehmende Knappheit an Arbeitskräften. Das habe durchweg positive Auswirkungen auf die ländliche Bevölkerung. Der Studie zufolge verdoppelten sich die Konsumausgaben der ländlichen Haushalte innerhalb von sechs Jahren, während der Anteil der Haushalte mit Einkommen unterhalb der Armutsgrenze von 40 % vor zehn Jahren auf 5 % im Jahr 2010 fiel.

Die relative politische Stabilität Kasachstans hat den Agraraufschwung der vergangenen Jahre begünstigt. Aktuelle agrarpolitische Rahmenbedingungen dürften die weitere Entwicklung jedoch eher hemmen, so Dr. Petrick. Die Märkte für Kapital und Boden in der ehemaligen Sowjetrepublik unterliegen nach wie vor starker staatlicher Einflussnahme. Die meisten Flächen befinden sich

Moderne Direktsaatgeräte steigern die Produktivität des kasachischen Getreideanbaus.

noch immer in Staatsbesitz, werden langfristig verpachtet und wandern aufgrund untransparenter Vergabeverfahren und staatlich kontrollierter Pachtpreise nicht immer zum besten Landwirt. Statt aktiv auf den Märkten einzugreifen, sollte die kasachische Regierung vor allem in Ausbildung, Forschung und den weiteren Ausbau der Infrastruktur investieren, so die Empfehlung des IAMO. ■

Bundesinstitut für Risikobewertung

Kinder vor Vergiftungen schützen

BfR-Broschüre jetzt auch in türkischer Sprache erschienen

Was tun, wenn ein Kind versehentlich Spülmittel oder Rohrreiniger getrunken hat? Was, damit es gar nicht erst soweit kommt? Gut gemeinte Ratschläge wie „Milch trinken" können unter Umständen schwere gesundheitliche Folgen haben. Vergiftungsunfälle müssen fachgerecht eingeschätzt und individuell behandelt werden. Dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) wurde im vergangenen Jahr eine besonders schwere Verätzung bei einem fast drei Jahre alten türkischen Mädchen gemeldet, das versehentlich ein aus der der Türkei importiertes salpetersäurehaltiges Reinigungsmittel getrunken hatte. Das Institut nahm dies zum Anlass, seine Broschüre „Risiko Vergiftungsunfälle bei Kindern" in die türkische Sprache zu übersetzen. Die Broschüre gibt Eltern Hinweise, was als erstes zu tun ist, wenn ein Kind sich vergiftet hat. Sie enthält Tipps zur sicheren Aufbewahrung von flüssigen Grillanzündern, Abflussreinigern oder Arzneimitteln. Notfallrufnummern sind ebenso enthalten wie Merkblätter für den Umgang mit Vergiftungen bei Kindern.

Die in Deutsch und in Türkisch vorliegende Broschüre ist in Zusammenarbeit mit dem Giftnotruf Berlin und der Bundesarbeitsgemeinschaft „Mehr Sicherheit für Kinder" entstanden. Sie kann kostenlos bei der Pressestelle des BfR in Berlin angefordert werden. ■

Friedrich-Loeffler-Institut

Abstoßungsreaktionen unter Kontrolle bringen

Neue Möglichkeiten für Organtransplantation und Krankheitstherapie

Schweine und Menschen ähneln sich stark in ihrer Anatomie und Physiologie. Daher werden Schweine bevorzugt als Modelle zur Erforschung von Krankheiten und zur Entwicklung von neuen Therapieansätzen verwendet. So könnten Schweine Organtransplantate für den Menschen liefern. Voraussetzung ist allerdings, dass die starke Abstoßungsreaktion des Empfängers gegen das vom Schwein stammende Transplantat dauerhaft unterdrückt werden kann. Wissenschaftlern des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI) am Institut für Nutztiergenetik in Mariensee gelang es jetzt in Zusammenarbeit mit der US-amerikanischen Biotechnologie-Firma Sangamo weltweit erstmals, durch den Einsatz von sogenannten Zinkfinger-Enzymen das Gen für den wichtigsten Abstoßungsfaktor im Erbmaterial des Schweins dauerhaft auszuschalten und Schweine ohne diesen Faktor zu züchten. Daraus ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für die Biomedizin und Landwirtschaft, wie die Autoren im Fachmagazin "Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America" (PNAS) berichten.

Stephan Morrosch - Fotolia.com

Mit künstlich hergestellten Zinkfinger-Nukleasen entfernten die Wissenschaftler gezielt einen Bereich des Erbmaterials in Bindegewebszellen vom Schwein, ohne das übrige Erbgut zu schädigen. Durch Verwendung dieser Zellen konnten Schweine gezüchtet werden, denen das Gen für das Enzym α-1,3-Galactosyl Transferase (GGTA-1) fehlt. Die Aktivität dieses Enzyms führt zur Bildung von besonderen Zuckermolekülen auf der Zelloberfläche aller Gewebearten beim Schwein, die bei einer Transplantation von Gewebe und Organen vom Schwein auf Primaten zu schweren Abstoßungsreaktionen führen.

„Im Gegensatz zu den bisher eingesetzten gentechnischen Methoden sind Zinkfinger-Nukleasen wesentlich genauer und effizienter", so Prof. Heiner Niemann, Leiter des Instituts für Nutztiergenetik. Aus den so gezüchteten Schweinen könnten langfristig Gewebe- und Organtransplantate gewonnen werden, die vom Empfänger besser angenommen werden und dadurch ein längeres Überleben des Transplantats im Empfänger erlauben. Da ein großer Mangel an geeigneten menschlichen Spenderorganen besteht, ergeben sich aus der Methode neue Perspektiven für die Xenotransplantation, bei der Gewebe oder Organe von einer Spezies auf eine andere übertragen werden. ■

IMPRESSUM

FORSCHUNGSREPORT
Ernährung – Landwirtschaft – Verbraucherschutz
2/2011 (Heft 44)

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

Schriftleitung & Redaktion:
Dr. Michael Welling
c/o Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI),
Bundesalle 50, 38116 Braunschweig
Tel.: 0531 / 596-1016
E-Mail: michael.welling@vti.bund.de

Redaktionsbeirat:
Dr. Stefan Kühne, JKI
Dr. Antje Töpfer, Senat
Kathrin Söhler, vTI

Konzeption, Satz und Druck:
AgroConcept GmbH
Clemens-August-Str. 12–14, 53115 Bonn

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

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

Erscheinungsweise:
Zweimal jährlich

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

Möchten Sie den ForschungsReport kostenlos abonnieren? Dann wenden Sie sich einfach an die Redaktion.

ISSN 1863-771X

FSC
www.fsc.org
MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C084390

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) unterhält einen Forschungsbereich, der wissenschaftliche Grundlagen als Entscheidungshilfen für die Ernährungs-, Landwirtschafts- und Verbraucherschutzpolitik der Bundesregierung erarbeitet und damit zugleich die Erkenntnisse auf diesen Gebieten zum Nutzen des Gemeinwohls erweitert (www.bmelv.de, Rochusstr. 1, 53123 Bonn, Tel.: 0228/99529-0). Dieser Forschungsbereich wird von vier Bundesforschungsinstituten sowie dem Bundesinstitut für Risikobewertung gebildet und hat folgende Aufgaben:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen:
Selbständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsinstitut mit im Pflanzenschutzgesetz, Gentechnikgesetz, Chemikaliengesetz und hierzu erlassenen Rechtsverordnungen festgelegten Aufgaben. Beratung der Bundesregierung und Forschung in den Bereichen Pflanzengenetik, Pflanzenbau, Pflanzenernährung und Bodenkunde sowie Pflanzenschutz und Pflanzengesundheit. Die Forschung umfasst die Kulturpflanze in ihrer Gesamtheit und schließt die Entwicklung ganzheitlicher Konzepte für den Pflanzenbau, die Pflanzenproduktion bis hin zur Pflanzenpflege ein. Zu den gesetzlichen Aufgaben zählen u. a.: Mitwirkung bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten, Prüfung von Pflanzenschutzgeräten, Beteiligung bei pflanzengesundheitlichen Regelungen für Deutschland und die EU, Mitwirkung bei der Genehmigung zur Freisetzung und zum Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen (Erwin-Baur-Straße 27, 06484 Quedlinburg, Tel.: 03946/47-0, www.jki.bund.de).

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei:
Selbstständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsinstitut. Die Forschungsarbeiten haben das Ziel, für die Land-, Forst- und Holzwirtschaft sowie die Fischerei Konzepte einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Land- bzw. Ressourcennutzung zu entwickeln. Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen als politische Entscheidungshilfen, insbesondere auf den Gebieten Ländliche Räume, Wald und Fischerei. Wahrnehmung deutscher Verpflichtungen und Interessen in internationalen Meeresnutzungs- und -schutzabkommen, Koordination und Beteiligung bei Monitoringaufgaben zum Zustand der Wälder, Aufgaben im Rahmen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes und des Bundeswasserstraßengesetzes (Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Tel.: 0531/596-0, www.vti.bund.de).

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit:
Selbstständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsinstitut mit im Tierseuchengesetz und Gentechnikgesetz festgelegten Aufgaben. Forschung und Beratung des BMELV insbesondere auf den Gebieten der Tiergesundheit, der Tierernährung, der Tierhaltung, des Tierschutzes und der tiergenetischen Ressourcen (Südufer 10, 17493 Greifswald-Insel Riems, Tel.: 038351/7-0, www.fli.bund.de).

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel:
Selbstständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsinstitut. Im Rahmen des vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutzes Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen einer gesunden und gesunderhaltenden Ernährung mit hygienisch einwandfreien und qualitativ hochwertigen Lebensmitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs sowie Untersuchung der Bestimmungsgründe des Ernährungsverhaltens und Durchführung des Nationalen Ernährungsmonitoring (NEMONIT). Aufgaben im Rahmen des Agrarstatistikgesetzes und des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, Tel.: 0721/6625-0, www.mri.bund.de).

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR):
Eine bundesunmittelbare rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts, deren Hauptaufgaben in der Bewertung bestehender und dem Aufspüren neuer gesundheitlicher Risiken, der Erarbeitung von Empfehlungen für die Risikobegrenzung und der Kommunikation über alle Schritte der Risikoanalyse liegen. Forschung wird auf diesen Feldern auch im Bereich der Risikokommunikation durchgeführt. Schwerpunkte sind dabei biologische und chemische Risiken in Lebens- und Futtermitteln sowie Risiken, die durch Stoffe und Produkte hervorgerufen werden können. Daneben werden Ersatzmethoden für Tierversuche für den Einsatz in der Toxikologie entwickelt (Thielallee 88–92, 14195 Berlin, Tel.: 030/18412-0., www.bfr.bund.de).

Einrichtungsübergreifende wissenschaftliche Aktivitäten des BMELV-Forschungsbereiches werden durch den **Senat der Bundesforschungsinstitute** koordiniert, dem Vertreter aller Forschungseinrichtungen angehören. Der Senat wird von einem Präsidium geleitet, das die Geschäfte des Senats führt und den Forschungsbereich gegenüber anderen wissenschaftlichen Institutionen und dem BMELV vertritt (Geschäftsstelle des Senats, c/o JKI, Königin-Luise-Straße 19, 14195 Berlin, Tel.: 030/8304-2031, -2605, www.bmelv-forschung.de).

Forschungseinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft (WGL)
Darüber hinaus sind sechs Forschungseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft G. W. Leibniz (WGL) dem Geschäftsbereich des BMELV zugeordnet:
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA) (Lise-Meitner-Straße 34, 85354 Freising, Tel.: 08161/712932, www.dfal.de);
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), (Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim, Tel.: 0331/5699-0, www.atb-potsdam.de);
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e. V. (IGZ) (Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, Tel.: 033701/78-0, www.igzev.de);
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. (Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, Tel.: 033432/82-0, www.zalf.de);
Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN) (Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, Tel.: 038208/68-5, www.fbn-dummerstorf.de);
Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) (Theodor-Lieser-Str. 2, 06120 Halle/S., Tel.: 0345/2928-0, www.iamo.de).

Zuwendungsempfänger:
Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ) (Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig, Tel.: 0341/2434-112, www.dbfz.de)

Senat
Bundesforschung
Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz