DIE ZEITSCHRIFT DES SENATS DER BUNDESFORSCHUNGSANSTALTEN

FORSCHUNGS Report

VERBRAUCHERSCHUTZ · ERNÄHRUNG · LANDWIRTSCHAFT

Schwerpunkt: Klimawandel und die Folgen

Sechsbeinige Chemiker helfen im Pflanzenschutz

Charta für Holz

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

1/2005

Guten Tag!

Klimawandel – was verbirgt sich eigentlich hinter diesem Wort? Für manche ist der Begriff wenig mehr als der neue Name für ihre uneingestandene Lebensangst oder eine diffuse Ursache ihrer diffusen Ängste.

Naturwissenschaftler verstehen unter Klimawandel zunächst einen gegenüber „früher" veränderten Energiehaushalt und einen veränderten Stoffhaushalt der Atmosphäre. Die Atmosphäre ist mit der Erdoberfläche – und den zu ihr gehörenden Pflanzen, Tieren und Böden – über Energie- und Stoffflüsse verbunden. Daher bedeuten diese Änderungen, dass sich Lebensbedingungen ändern oder ändern können. Für Wissenschaftler in der Politikberatung ergeben sich daraus eine Reihe von Aufgaben in den Bereichen:

- *Quantifizierung des Ausmaßes der Änderung und Ableitung von Prognosen,*
- *Minderung der Ursachen,*
- *Anpassung an veränderte Bedingungen.*

Klimawandel – anpassen, ausnutzen und gegensteuern

Klimaforschung und Klimawirkungsforschung im eigentlichen Sinne der Wörter werden in den Einrichtungen des BMVEL (noch) nicht betrieben. Gleichwohl beschäftigen sich zahlreiche Institute und Projekte mit Aspekten der Klimawirkungsforschung, zum Beispiel wenn sie die Ergebnisse ihrer Experimente und Modelle unter natürlich herrschenden oder eingestellten Klimabedingungen beschreiben und die Klimaelemente (Temperatur, Konzentrationen von Gasen und Stäuben, Wärmeflüsse, Wasserflüsse, Stoffflüsse zwischen Atmosphäre und betrachtetem System) in ihre Ursache-Wirkung-Beziehungen einbauen.

Die Arbeitsgruppe „Klimaänderungen" des Senats der Bundesforschungsanstalten hat die Aufgabe, dieses Wissen zu bündeln und damit verwertbar zu machen. Darüber hinaus soll sie Anregungen geben, wie Aspekte der Klimaänderungen in neue Experimente und Modelle eingefügt werden können, und schließlich auch Empfehlungen erarbeiten, welche Aspekte der Wechselwirkungen von Klimaänderung und Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft prioritär an Forschungsanstalten des BMVEL oder mit Mitteln des BMVEL zu bearbeiten wären. Offene Fragen sind vor allem:

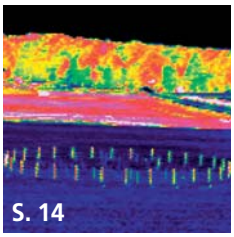
- *Wie verändern die Land- und Forstwirtschaft sowie der Gartenbau die Zusammensetzung der Atmosphäre (einschließlich der Berücksichtigung von Spurengasen)?*
- *Welche (negativen und positiven) Auswirkungen hat ein verändertes Klima auf die Land- und Forstwirtschaft, den Gartenbau und die Fischerei?*
- *Wie können sich Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau und Fischerei an Klimaänderungen anpassen?*
- *Wie kann die Emission klimarelevanter Spurengase aus der Land- und Forstwirtschaft vermindert werden?*
- *Lassen sich die in der Atmosphäre vermehrt vorhandenen Nährstoffe, vor allem CO_2, wirtschaftlich nutzen?*

Bei alledem besteht die Senatsarbeitsgruppe nicht aus Klimaforschern im eigentlichen Sinne. Gerade darin liegt aber auch die Chance, Probleme von Klimawandel und Landwirtschaft sozusagen „von außen" zu sehen und zu bewerten. Mit ihrem Vorgehen will sie zur Versachlichung der Diskussion über Klimawandel in der Öffentlichkeit beitragen.

Dr. Ulrich Dämmgen

Dr. Wolf-Ulrich Kriebitzsch

Sprecher der Senatsarbeitsgruppe „Klimaänderungen"



Berichte aus der Forschung

Landwirtschaft bei Dürre und Flut 4

Weniger Spurengase durch gezielte Ernährung der Nutztiere
Potenziale und Einflussmöglichkeiten bei Wiederkäuern und Nichtwiederkäuern 7

Trockentoleranz bei Kartoffeln und Ackerbohnen
Durch Züchtungsforschung zu angepassten Kulturpflanzen 10

Mehr CO_2 in der Atmosphäre: Prima Klima für die Landwirtschaft?
Effekte auf Pflanzenwachstum und -qualität 14

Fisch und Klima 18

Anpassung von Wäldern an Klimaänderungen 22

Gesucht: Trocken- und hitzeresistente Rebsorten zur Sicherung der Weinqualität 26

Sechsbeinige Chemiker helfen im Pflanzenschutz 29

Ernährung der Hochleistungsmilchkuh
Neue Herausforderungen an die Forschung 32

Charta für Holz: Herausforderung für die Ressortforschung 36

Auf dem Weg zum 7. EU-Forschungsrahmenprogramm
Europäische Kommission legt ihren Vorschlag vor 40

Portrait

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) 42

Nachrichten 44

Tagungen 48

Impressum 50

Der Forschungsbereich 51

Landwirtschaft bei Dürre und Flut

Matthias Plöchl (Potsdam-Bornim)

Die Diskussionen über die Wirkungen des Klimawandels beschränken sich häufig auf die langfristigen Veränderungen der Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlagsmengen. Seltener werden die Veränderungen der Vegetationsphasen oder die Zunahme von extremen Ereignissen wie Dürre oder Flut betrachtet. Im folgenden Beitrag soll gezeigt werden, welche Möglichkeiten im landwirtschaftlichen Betrieb bestehen, sich den Folgen des Klimawandels anzupassen und welche Beiträge hier die Agrartechnik leisten kann.

Für große Gebiete Deutschlands und insbesondere für Brandenburg, Sachsen-Anhalt und das Thüringer Becken wird erwartet, dass der Klimawandel nicht nur zu einer Erwärmung um 1,5 bis 3,5 °C im Jahresmittel führt, sondern dass auch die Niederschläge um bis zu 100 mm in der Jahressumme zurückgehen. Nach den Erfahrungen der letzten 15 Jahre schlägt sich dies vor allem in einer gesteigerten Vorsommertrockenheit nieder, das heißt geringe Niederschläge im Mai, aber auch bereits in den Winter- und Frühjahrsmonaten. Neben dem generellen Trend der Temperaturzunahme und dem regionalen Rückgang der Niederschläge werden häufigere Extremwettersituationen erwartet. Sehr deutlich wurde dies in den Jahren 2002 und 2003.

Flut und Dürre

Im August 2002 fielen in weiten Teilen Ostdeutschlands, der tschechischen Republik, Polens und Österreichs erhebliche Niederschlagsmengen. Stellenweise erreichten diese innerhalb von 72 Stunden die dreifache Menge des üblichen Monatsniederschlags. Dadurch wurden die Elbe und einige ihrer Nebenflüsse mit enormen Wassermassen belastet und die Flüsse traten großflächig über die Ufer. Die Flut hat vor allem in Siedlungsgebieten zu dramatischen Schäden geführt. Auch die Auswirkungen auf die Landwirtschaft waren erheblich.

Im Gegensatz dazu waren die voran gegangenen Jahre durch geringe Niederschlagsmengen, verbunden mit hohen Temperaturen, geprägt. Einen vorläufigen Höhepunkt bildete das Jahr nach der „großen Flut", 2003. Während des ersten Halbjahres fielen in zahlreichen Gebieten Ostdeutschlands weniger als 250 mm Niederschläge, in einigen Regionen sogar unter 150 mm. Somit lagen die Niederschläge um etwa 100 mm unter dem langjährigen Durchschnitt. Auch in vielen anderen europäischen Regionen, mit Ausnahme von Skandinavien, Irland und Großbritannien, bestand dieses Wasserdefizit. In Verbindung mit deutlich überdurchschnittlichen Temperaturen lag die klimatische Wasserbilanz (= Wasserangebot durch Regen minus Wasserbedarf durch Verdunstung) mit -150 mm im Defizit, im Vergleich zu -75 bis +25 mm der regionalen Durchschnitte der Jahre 1961 bis 1990.

Zuviel Wasser schadet der Landwirtschaft …

Fluten und schwere Regenfälle beeinträchtigen die Qualität des Ernteguts (Abb. 1). Ist das Wasser, zum Beispiel durch Überflutung von Kläranlagen, mit Fäkalkeimen kontaminiert, kann sich dies negativ auf die Produktion von Feldgemüse auswirken. Durch die Feuchtigkeit werden Pflanzenkrankheiten – vor allem Pilzkrankheiten – begünstigt, Erntegut muss zum Teil mit hohem Energieaufwand getrocknet werden. Auch die Weidehaltung sowie die Qualität des Tierfutters kann negativ beeinflusst werden.

Vermehrte Niederschläge, vor allem im Spätsommer, erhöhen die Anfälligkeit für Bodenverdichtung, wenn die Felder mit schweren Maschinen für die Ernte und Neuaussaat befahren werden.

Die Folgen von Fluten lassen sich nur abwenden, indem vermieden wird, dass sich die Wassermassen großflächig in Produktionsflächen ausbreiten können. Hierzu müssen vermehrt Flächen für den Flutschutz zur Verfügung gestellt werden. Als landwirtschaftliche Nutzung dieser Überflutungsflächen kommt lediglich extensive Weidehaltung in Frage. Wenn dies nicht möglich ist, sollten diese Flächen trotzdem gepflegt werden. So sollten Wiesen regelmäßig, unter Beachtung von Schutzbestimmungen zum Beispiel für Wiesenbrüter, gemäht werden.

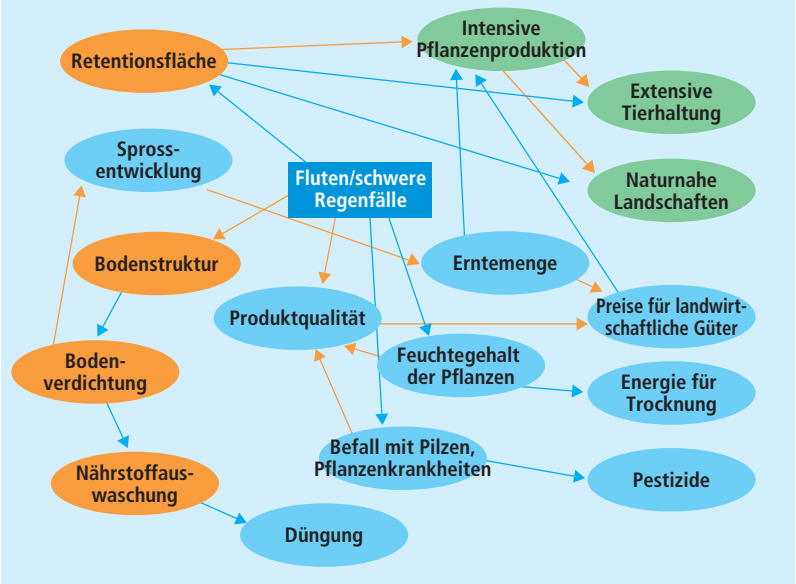


Abb. 1: Unmittelbare (blau), kurz- bis mittelfristige (orange) und langfristige (grün) Wirkungen und Veränderungen auf Grund von Fluten und schweren Regenfällen. Blaue Pfeile symbolisieren eine positive Wechselwirkung, orange Pfeile stehen für eine negative Wechselwirkung.

… zuwenig Wasser aber auch

Eine starke Sommertrockenheit wirkt sich vielfältig auf den Ackerbau (Abb. 2) und die Tierhaltung aus.

Im Bereich des Pflanzenbaus gibt es durch den Wassermangel direkte Effekte wie Ernteausfälle, aber auch gesteigerte Produktqualitäten durch erhöhte Proteingehalte und geringere Feuchtegehalte. Trockene Witterung vermindert das Risiko für Pilzbefall, verbessert die Lagerfähigkeit und senkt den Energieaufwand für die Trocknung. Andererseits bilden sich bei allen Pflanzen, also auch bei Unkräutern, dickere Wachsschichten auf den Blättern, was die Wirksamkeit von Herbiziden reduzieren kann.

Den Ernteausfällen durch Trockenheit (Tab. 1) kann in gewissem Umfang durch den Anbau trockentoleranter Arten und Sorten begegnet werden. Für diese Fruchtarten muss zum Teil die Anbau-, Pflege- und Erntetechnik angepasst werden. Weiterhin kann die weitere Verarbeitung dieser Fruchtarten neue Anforderungen an Technik und Prozesse stellen. Dies alles ist mit Kosten verbunden, die sich nur bei einer entsprechend hohen Vergütung der Produkte rentieren – und die sich oft nicht erzielen lässt.

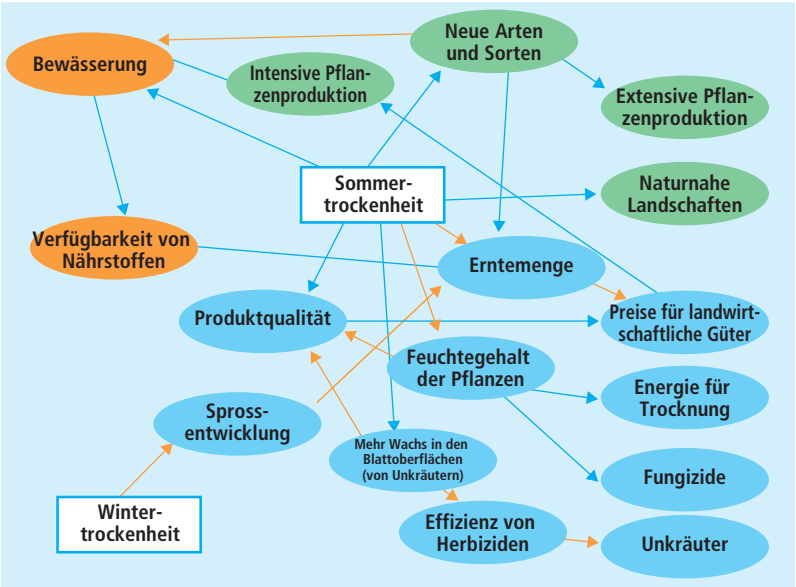


Abb. 2: Unmittelbare (blau), kurz- bis mittelfristige (orange) und langfristige (grün) Wirkungen und Veränderungen auf Grund häufigerer Trockenheiten. Blaue Pfeile symbolisieren eine positive Wechselwirkung, rote Pfeile stehen für eine negative Wechselwirkung.

Somit rückt eine weitere Option in den Vordergrund: Die Bewässerung (Abb. 3). Zwar sind auch hierfür erhebliche Investitionen zu leisten, jedoch haben diese Investitionen Chancen, sich langfristig zu bewähren. Bewässerung kann auch in normalen Jahren zu einer Ertragssteigerung und somit zu einer Erhöhung der Einnahmen führen. In Dürrejahren wird durch die Bewässerung die Ernte überhaupt gesichert. Im Jahr 2003 fielen in Brandenburg im Durchschnitt rund 30 %, in bestimmten Gebieten sogar bis zu 90 % der Ernte aus. Solche Ausfälle können nur

Abb. 3: Moderne Kreisberegnungsanlage

Tabelle 1: Durchschnittliche Erntemengen in Brandenburg der Jahre 1996 bis 2002 und Erntemengen des Jahres 2003 für einige Fruchtarten

Fruchtart	Durchschn. Ernte 1966–2002 [dt/ha]	Ernte 2003 [dt/ha]	Ernteverlust im Vergleich zum Durchschnitt [%] Mittel	Spanne
Wintergerste	51,7	31,0	40	20 – 80
Winterroggen	42,9	28,0	35	30 – 80
Winterweizen	59,4	37,0	38	30 – 85
Triticale	51,1	31,0	40	38 – 80
Sommergerste	39,6	24,0	40	30 – 80
Winterraps	27,9	19,0	32	25 – 90

Quelle: Brandenburgisches Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumplanung (2004)

durch Bewässerungsmaßnahmen verhindert werden. Für die Agrartechnik ergibt sich die Herausforderung, die Effizienz von Bewässerungssystemen weiter zu steigern, den Energieaufwand für die Bewässerung zu senken und die Installation, Anwendung und Betreuung der Anlagen zu vereinfachen und den Arbeitsaufwand zu minimieren.

Eine weitere Option, die auch häufig als ultima ratio angeboten wird, ist die komplette Aufgabe der Landwirtschaft in trockenheitsgefährdeten Regionen und die anschließende Aufforstung dieser Flächen.

Hitzestress auch in der Tierhaltung

In der Tierhaltung wirken sich Temperaturextreme vor allem auf die Stallhaltung aus. Hierbei sind besonders Rinder und Geflügel betroffen, da diese nur wenig Möglichkeiten haben, überschüssige Körperwärme abzugeben. Die erhöhte physische Belastung führt zu erheblichen Minderleistungen bei Milchkühen und zu einem höheren Risiko des Kollapses bei Geflügel. Bei Außentemperaturen von 35 °C nehmen Milchkühe statt normalerweise 80 Liter mehr als 100 Liter Wasser pro Tag auf. Die Futteraufnahme sinkt um 25 % (bezogen auf die Trockenmasse). Als Folge sinkt auch die Milchproduktion um 20 – 30 %.

Um die Tiere vor Hitzestress zu schützen, muss dafür gesorgt werden, dass die Wärme aus den Ställen besser abtransportiert wird. Hierzu sind geeignete Lüftungssysteme zu entwickeln. In der Milchviehhaltung haben sich zunehmend so genannte Offenställe durchgesetzt. Dies sorgt zwar in normalen Jahren für ein gutes Stallklima, für eine effektive Lüftung bei extremer Hitze kann dies jedoch nachteilig sein. Aufgabe in der nächsten Zukunft wird deshalb die Konstruktion effektiverer Belüftungssysteme und die Entwicklung von Systemen zur Kühlung der Ställe mit geringem Aufwand und insbesondere geringen Betriebskosten (Abb. 4).

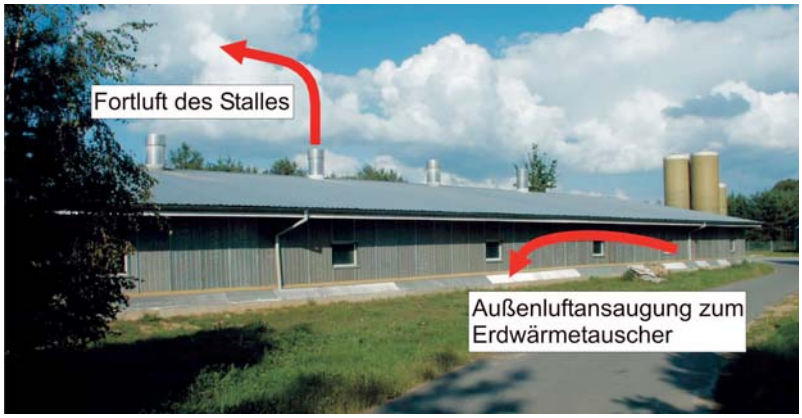


Abb. 4: Beispiel für eine Stallklimatisierung: Aus dem Außenluftbereich wird Frischluft angesaugt, über einen Erdwärmetauscher abgekühlt, durch die Stallabteile geleitet und führt als Fortluft überschüssige Wärme aus dem Stall ab.

Biogas gegen den Klimawandel

Auf dem landwirtschaftlichen Betrieb gibt es neben der Anpassung an den Klimawandel auch die Möglichkeit, der Freisetzung von Treibhausgasen entgegenzuwirken. Ein großer Teil der Emissionen aus der Landwirtschaft kommt aus dem Bereich der Tierhaltung und hier auch aus der Lagerung der tierischen Exkremente, Gülle und Festmist. Durch eine anaerobe Vergärung dieser Stoffe zu Biogas kann nicht nur die Emission von Methan in die Umwelt vermieden werden. Die Nutzung von Biogas trägt auch dazu bei, Kohlendioxid, das bei Umsetzung fossiler Energieträger frei würde, einzusparen.

Aufgabe für die Agrartechnik ist es, die Effektivität der Biogasproduktion zu verbessern, indem zum einen die biotechnischen Grundlagen weiter erforscht und zum anderen die Technologie der Vergärung optimiert werden.

Potenziale nutzen

Für den individuellen landwirtschaftlichen Betrieb wird es mit Blick auf die zukünftige Klimaentwicklung vor allem notwendig sein, sich den häufiger auftretenden Extrem-Ereignissen anzupassen. Die Agrartechnik eröffnet dabei sowohl im Pflanzenbau als auch in der Tierhaltung eine Reihe von Möglichkeiten, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft abzuschwächen. Daneben sollten auch die Potenziale genutzt werden, den Ausstoß von klimarelevanten Gasen durch Innovationen im landwirtschaftlichen Bereich zu verringern.

ATB Agrartechnik Bornim

Dr. Matthias Plöchl, Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim. E-Mail: mploechl@atb-potsdam.de

Weniger Spurengase durch gezielte Ernährung der Nutztiere

Potenziale und Einflussmöglichkeiten bei Wiederkäuern und Nichtwiederkäuern

Gerhard Flachowsky und Peter Lebzien (Braunschweig)

Bis zu 90 % der Ammoniakemission (NH_3) und etwa 15 % des Methananfalls (CH_4) werden weltweit der Nutztierhaltung zugeordnet. Beide Spurengase sind von erheblicher umwelt- und/oder klimarelevanter Bedeutung. Die Tierernährung verfügt über beachtliche Möglichkeiten, Beiträge zur Reduzierung der Ammoniak- und Methanbelastung durch Nutztiere zu leisten.

Nutztiere werden in erster Linie gehalten, um uns mit Eiweiß tierischer Herkunft in Form von Milch, Eiern, Fleisch und Fisch zu versorgen. Für Wachstum sowie die Erzeugung von Milch und Eiern benötigen die Tiere Energie, Protein und weitere Nährstoffe. Entsprechende Versorgungsempfehlungen werden in Deutschland vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie in Abhängigkeit von Tierart, -kategorie und Leistungshöhe erarbeitet.

Dabei wird unterschieden zwischen dem Erhaltungsbedarf – also der Energie- und Nährstoffmenge zur Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen der Tiere – und dem Leistungsbedarf. Mit zunehmenden Leistungen steigt der Energie- und Nährstoffbedarf der Tiere zwar an, der Anteil des „unproduktiven" Erhaltungsbedarfes wird jedoch bei höheren Leistungen relativ geringer (Abb. 1).

Von der aufgenommenen Energie bzw. den Nährstoffen wird nur ein bestimmter Teil im Körper angesetzt bzw. mit Milch und Eiern abgegeben. Bei höheren Leistungen scheidet somit jedes Tier mehr Nährstoffe bzw. Stoffwechselprodukte aus. Bezogen auf die Menge an erzeugten Tierprodukten (Fleisch, Milch, Eier u. a.) nehmen die Ausscheidungen jedoch ab. Am Beispiel der Milchleistung sind diese Zusammenhänge in Tabelle 1 für Stickstoff und Methan dargestellt. Dabei zeigt sich, dass bei höheren Milchleistungen die Stickstoff- und Methanausscheidungen pro Kuh und Jahr deutlich ansteigen; pro kg Milch jedoch erheblich zurückgehen (s. auch Abb. 1). Bei sehr hohen Leistungen (z. B. bei einem Anstieg von 10.000 auf 12.000 kg Milch pro Kuh und Jahr) werden diese Effekte jedoch geringer.

Wenn davon ausgegangen wird, dass eine bestimmte Menge an Lebensmitteln tierischer Herkunft zu erzeugen ist, dann stellen höhere Leistungen mit weniger Tieren die wesentlichste Maßnahme zur Senkung der Spurengasemissionen dar. Allerdings stoßen sehr hohe Leistungen an

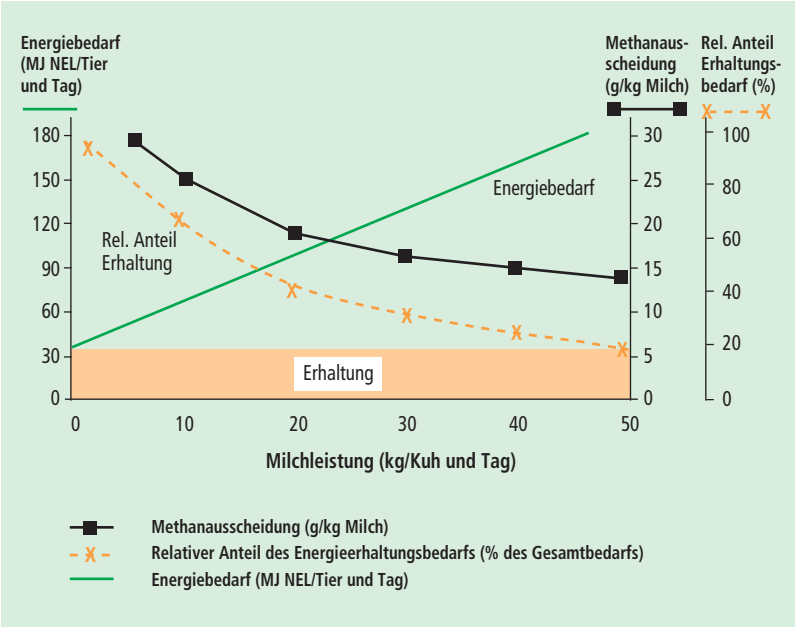


Abb. 1: Einfluss der Höhe der Milchleistung auf den Energiebedarf, den relativen Energieerhaltungsbedarf am Gesamtbedarf sowie die Methanausscheidung bei Milchkühen (mittlere Körpermasse: 650 kg)

physiologische und ethische Grenzen, so dass eine ausschließliche Orientierung auf Höchstleistungen nicht anzustreben ist.

Reduzierung der Stickstoffausscheidungen

Stickstoffhaltige Spurengase werden lediglich in zu vernachlässigenden Mengen direkt vom Nutztier ausgeschieden (z. B. geringe Mengen an NH_3).

Es besteht jedoch ein enger Zusammenhang zwischen der Höhe der N- bzw. Proteinaufnahme, der N-Ausscheidung und der zu erwartenden Spurengasbildung bei der Lagerung und -ausbringung der Exkremente. Eine Schätzung der aus der N-Ausscheidung resultierenden Spurengasbildung (z. B. Ammoniak, Lachgas) bereitet aber Schwierigkeiten, da der Stickstoff in verschiedenen Verbindungen ausgeschieden wird (z. B. Proteine, Aminosäuren, Harnstoff, Harnsäure), deren Abbau bis zum Ammoniak mit unterschiedlicher Gewindigkeit erfolgt und stark von den Lagerungs- und Ausbringungsbedingungen abhängt. Bei einem hohen N-Anteil im Harn (Harnstoff bei Wiederkäuern und Schwein) ist die höchste Ammoniakbildung zu erwarten; der Stickstoff im Kot ist überwiegend proteingebunden und die Ammoniakbildung erfolgt langsamer. Die bedarfsgerechte Stickstoff- bzw. Aminosäurenversorgung über das Futter stellt die wesentlichste Maßnahme dar, die N-Ausscheidungen im Harn gering zu halten. Dabei muss zwischen Wiederkäuern (z. B. Rinder, Schafe) und Nicht-Wiederkäuern (z. B. Schweine, Geflügel) differenziert werden.

Wiederkäuer

Im Vormagensystem (vor allem im Pansen), im Dünndarm und in der Leber der Wiederkäuer werden wesentliche Weichen für die effiziente N-Nutzung gestellt. Dabei kommt vor allem folgenden Faktoren erhebliche Bedeutung zu (s. Abb. 2):

1) Protein- bzw. N-Gehalt der Futterration (Überschüsse vermeiden!) (① Abb 2).
2) Mikrobieller Proteinabbau im Pansen (verschiedene futtermittelspezifische und physiologische Einflussfaktoren) (② Abb 2).
3) Mikrobielle Proteinbildung (③ Abb. 2); abhängig vor allem von der Energiebereitstellung, aber auch den physiologischen Bedingungen im Pansen (z. B. pH-Wert, Bereitstellung von NH_3, Schwefel und weiteren Mikrobennährstoffen) (④ Abb. 2).
4) Umfang der Proteinanflutung (nutzbares Protein aus nicht abgebautem Protein und Mikrobenprotein) und Absorption von Aminosäuren im Darm (⑤ Abb. 2).
5) Effektive Nutzung der Aminosäuren in der Leber und anderen Geweben für die Milch- und Körperproteinsynthese (⑥ Abb. 2).

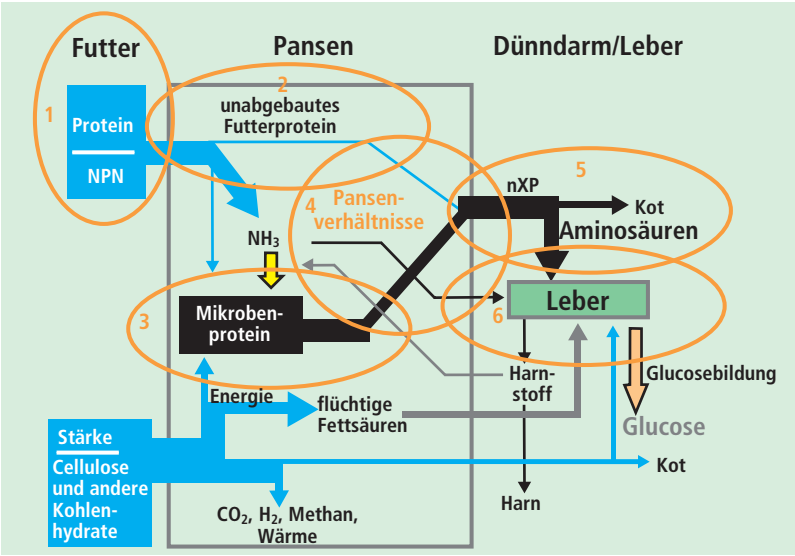


Abb. 2: Wesentliche „Stellschrauben" für einen effizienteren Stickstoffumsatz beim Wiederkäuer

In den zurückliegenden Jahren wurden hier erhebliche Erkenntnisfortschritte erzielt. Ziel ist eine effiziente N-Nutzung im Pansen und Stoffwechsel der Wiederkäuer, was zu einer minimalen N-Ausscheidung im Kot und vor allem im Harn der Tiere führt. Auch das Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) hat beachtliche Beiträge zur Quantifizierung verschiedener Umsetzungen geleistet.

Nichtwiederkäuer

Um bei Nichtwiederkäuern die N-Ausscheidungen zu senken, ist vor allem eine „punktgenaue" Aminosäurenversorgung von Bedeutung. Dabei sind Parameter wie Tierart, Nutzungsrichtung, Leistungshöhe und Alter (z. B. bedarfsangepasste Phasenfütterung) zu beachten.

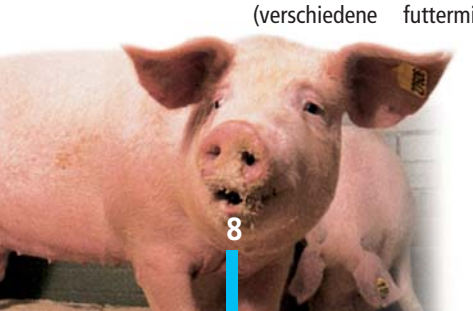
Als Basis wird meist der Bedarf an der Aminosäure Lysin genommen. Weitere wichtige Aminosäuren wie Methionin, Threonin und Tryptophan werden in Relation zum Lysin betrachtet. Ein Mangel an einer dieser Aminosäuren führt auch beim Überschuss an anderen Aminosäuren zu Minderleistungen und erhöhter N-Ausscheidung.

Durch Aminosäurenzusatz kann der Anteil pflanzlicher und tierischer Proteinträger in der Futterration von Schweinen und Geflügel vermindert und die N-Ausscheidung um 30 % und mehr reduziert werden.

In Tabelle 2 sind einige Potenziale zur Senkung der N-Ausscheidungen bei Wiederkäuern und Nichtwiederkäuern zusammengestellt.

Methan

Das Spurengas Methan (CH_4) entsteht als unvermeidbares Nebenprodukt des mikrobiellen Kohlenhydratabbaus im Pansen der Wiederkäuer aus Kohlendioxid und Wasserstoff durch methanogene Bakterien. Bei faserreicher Ernährung wird Methan auch im Dickdarm der Nichtwie-



Tab. 1: Stickstoff- und Methanausscheidung in Abhängigkeit von der Leistung von Milchkühen

Milchleistung kg/Kuh und Jahr	N-Ausscheidung			Methan-Ausscheidung	
	kg N/Kuh und Jahr	% der N-Aufnahme	g/kg Milch	kg CH_4/Kuh und Jahr	g/kg Milch
4.000	70	75	18	110	28
6.000	80	70	14	121	20
8.000	93	68,5	12	129	16
10.000	108	67	11	136	13,5
12.000	125	66	10,5	142	12

derkäuer, vor allem bei Sauen (5–10 g pro Sau und Tag) gebildet.

Je nachdem, wie die Futterration gestaltet wird, kann die Methanausscheidung bei Wiederkäuern zwischen 2 (kraftfutterreiche Fütterung) und 15 % (grundfutter- bzw. faserreiche Fütterung) der aufgenommenen Bruttoenergie variieren. Im Mittel werden zwischen 5 und 8 % der aufgenommenen Bruttoenergie als Methan abgegeben. Bei Kleinwiederkäuern (Ziegen/Schafe) liegen die Werte bei 20–40 g, bei Mastrindern (400 kg Lebendmasse) bei 120–200 g und bei Milchkühen (30 kg Milch/Tag) bei 300–500 g Methan je Tier und Tag (s. Abb. 1 sowie Tab. 1). Die Methanbildung im Pansen kann durch verschiedene Fütterungsmaßnahmen reduziert werden, wie zum Beispiel

- Zellwandärmere Rationsgestaltung, da bei der Essigsäurebildung (Essigsäure wird vor allem aus Zellulose gebildet) im Pansen mehr Methan anfällt als bei der Propionsäurebildung (fällt vor allem beim Abbau von Nichtstrukturkohlenhydraten wie Stärke an).
- Fetteinsatz in Wiederkäuerrationen; dadurch werden methanogene Mikroorganismen unterdrückt.
- Grundfutterpelletierung.
- Verwendung von Futterzusatzstoffen (Verschiebung des Verhältnisses von Essig- zu Propionsäure, Hemmung methanogener Mikroorganismen), der Einsatz verschiedener Zusatzstoffe ist in der EU nicht erlaubt (z. B. Ionophore).

Andererseits dürfen die durch die Fütterung erzielbaren Effekte nicht überbewertet werden, da bei zu massiven Eingriffen in die über Jahrmillionen optimierten mikrobiellen Gemeinschaften unerwünschte Nebenwirkungen nicht auszuschließen sind. So können der Ersatz von Grundfutter durch Kraftfutter (zellwandärmere Fütterung) bzw. die Grundfutterpelletierung nachteilige Auswirkungen auf die Prozesse in Pansen und die Tiergesundheit haben. Außerdem ist mit einem höheren CO_2-Anfall zu rechnen. Ebenso ist der Einsatz größerer Fettmengen oder bestimmter Zusatzstoffe nicht unproblematisch. Neben der Methanbildung im Pansen kann bei der anaeroben Güllelagerung auch außerhalb vom Tier Methan anfallen, was durch entsprechende Lagerungsbedingungen zu minimieren ist.

Selbst eine um 25 % verminderte Methan-Ausscheidung durch Wiederkäuer würde die weltweite Methan-Emission etwa um 4 % und den Anteil des Methans am ansteigenden Treibhauseffekt um nur rund 0,5 % reduzieren.

Schlussfolgerungen

Eine Reduzierung umwelt- und klimarelevanter Spurengase je Einheit erzeugtes Tierprodukt ist vor allem durch eine effektive Umwandlung der Futterinhaltsstoffe in Lebensmittel tierischer Herkunft möglich. Niedrige Ausscheidungen je Einheit erzeugtes Tierprodukt können durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Hohe Leistungen je Nutztier,
- Reduzierung der Tierbestände als Konsequenz höherer Leistungen,
- Optimale Rationsgestaltung (Vermeidung von Überschüssen und Mangelsituationen),
- Rationsergänzung mit essentiellen (z. B. Aminosäuren) und nicht-essentiellen Zusatzstoffen (z. B. Enzyme, Probiotika).

Bei Wiederkäuern sind die Potenziale zur Reduzierung der Methanausscheidung – abgesehen von der Erhöhung der Tierleistung – relativ gering, wenn sie ihrer Art entsprechend ernährt werden sollen.

Neben den direkt die Tierernährung betreffenden Aspekten gilt es auch, den Ressourceneinsatz (z. B. fossile Energieträger) bei den Prozessen, die der Fütterung vorgelagert sind (z. B. Futterbau, Futteraufbereitung), zu minimieren, da auch dabei indirekte Umwelt- und/oder Klimaeffekte (z. B. CO_2-Emission) auftreten können. Die Lagerung und Ausbringung der Exkremente birgt ebenfalls noch Potenziale, die umwelt- und klimarelevanten Spurengasemissionen zu reduzieren.

Prof. Dr. Gerhard Flachowsky, Dr. Peter Lebzien, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig. E-Mail: gerhard.flachowsky@fal.de

Tab. 2: Potenziale verschiedener Maßnahmen zur Senkung der N-Ausscheidungen

Maßnahme	Wiederkäuer	Nichtwiederkäuer
Bedarfsgerechte N-, Protein- bzw. Aminosäurenversorgung	⇧	⇧
Phasenfütterung	–	⇧
Zusatz von Aminosäuren	~ (⬀) (pansenstabile AS)	⇧
Optimierung der Umsetzungen im Pansen	⬀	–

⇧ = hohes Potenzial; ⬀ = gewisse Senkung möglich; ~ = kein Einfluss zu erwarten

Trockentoleranz bei Kartoffeln und Ackerbohnen

Durch Züchtungsforschung zu angepassten Kulturpflanzen

Christiane Balko (Groß Lüsewitz)

Auch wenn noch nicht im Einzelnen vorhersagbar ist, wie sich die prognostizierten Klimaänderungen auf regionaler Ebene konkret auswirken, so deutet doch viel darauf hin, dass die Sommer in Mittel- und Südeuropa im Mittel niederschlagsärmer werden. Die Landwirtschaft bekommt die Folgen des veränderten Klimas auf Grund ihrer hohen Abhängigkeit von den natürlichen Umweltbedingungen ganz besonders zu spüren. Pflanzenzüchtung ist eine wichtige Präventionsmaßnahme, um klimatischen Einflüssen zu begegnen – dazu gehört auch die Züchtung auf Trockentoleranz bei den Kulturpflanzen, die besonders empfindlich auf Trockenheit reagieren, zum Beispiel Kartoffeln und Ackerbohnen. Dabei haben die Züchtungsforscher nicht nur stabile Erträge im Blick, sondern auch die Sicherung der Qualität für den Food- und Nonfood-Bereich.

Trockenstress und Trockentoleranz

Trockenstress ist für die Kulturpflanze ein komplexes Problem. Mehrere Faktoren wirken hier zusammen: der Zeitpunkt der Trockenheit, die Dauer der Stressphase und die Intensität der Trockenheit. Diese wiederum hängt ab von Bodenwasserhaushalt, Luftfeuchte, Temperatur, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit und anderen Faktoren. Doch auch wie die Pflanze auf den Trockenstress reagiert, wird von vielen verschiedenen Merkmalen beeinflusst. Das macht die Arbeit der Züchter und Züchtungsforscher nicht gerade einfach.

Abb. 1: Demonstrationsversuch zum Wachstum von Kartoffeln unter Trockenstress. Tolerante Sorten können auch unter Stressbedingungen noch relativ hohe und stabile Erträge bringen.

Um auf Trockentoleranz selektieren zu können, muss das Erbgut der Pflanzen für dieses Merkmal eine genetische Variabilität aufweisen. Für die praktische Arbeit sind indirekte Selektionskriterien von Vorteil, die einfach zu messen und deutlich mit der Trockentoleranz korreliert sind. Zunächst aber muss klar sein, was unter Trockentoleranz überhaupt zu verstehen ist.

Trockentoleranz wird – ebenso wie die Toleranz gegenüber anderen abiotischen Stressfaktoren – definiert als das Ertragen der Stresssituation unter weitgehender Beibehaltung der physiologischen Aktivität. Aus Sicht der Landwirtschaft heißt das: Eine tolerante Kulturpflanze kann auch unter Einwirkung von Trockenstress (Abb. 1) noch relativ hohe Erträge bringen. Ist der Ertragsverlust in einem trockenen Jahr im Vergleich zu einem feuchten Jahr gering, spricht man von Ertragsstabilität. Ertragsstabilität ist vor allem bei Kulturarten, die große Ertragsschwankungen bei Trockenheit aufweisen, von Interesse. Neben der Höhe des Ertrags spielt aber auch – sowohl im Food- als auch im Nonfood-Bereich – die Qualität des Ernteguts eine wichtige Rolle.

Beispiele Kartoffel und Ackerbohne

Im Mittelpunkt unserer Untersuchungen am Institut für abiotische Stresstoleranz der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) stand die Ertragsstabilität bei den trockenheitsempfindlichen Kulturpflanzen Kartoffel und Ackerbohne. Dazu wurden verschiedene Genotypen in mehrjährigen Feldversuchen an verschiedenen Standorten sowie unter Stress- und Kontrollbedingungen mit Hilfe von Rain out-Sheltern – das sind stationäre oder mobile, lichtdurchlässige Überdachungen, die den Niederschlag von den Versuchsparzellen abhalten – und Tröpfchenbewässerung angebaut (Abb. 2). In begleitenden Gefäßversuchen wurde Trockenstress durch eine Reduktion der Wasserkapazität des Bodens in verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanze simuliert.

Feld- und Gefäßversuche ergaben, dass die Ertragsstabilität zwischen den verschiedenen Ackerbohnen- und Kartoffelgenotypen unter Trockenstressbedingungen eine beträchtliche Variabilität aufweist. Bei der Kartoffel konnte gezeigt werden, dass diese Variabilität durch die Einbeziehung von Wildarten noch erhöht wird (Abb. 3).

Bei der Ackerbohne nahm die Ertragsstabilität mit zunehmendem Ertragsniveau ab. Das hat zur Folge, dass eine Selektion auf hohes Ertragsniveau in der Regel zu wenig ertragsstabilen Typen führt und umgekehrt eine Selektion auf Ertragsstabilität zu ertragsschwachen Genotypen. Bei Kartoffeln hingegen ist die Kombination von Ertragsstabilität mit hohen Stresserträgen eher möglich. Dies hängt sehr wahrscheinlich mit der untersuchten Fähigkeit einiger Kartoffelgenotypen zusammen, Wasser unter Trockenstress effizienter zu nutzen.

Wasser und Wassernutzungseffizienz

Die Ertragsbildung unter Trockenstressbedingungen hängt wesentlich vom Umgang der Pflanze mit der Ressource Wasser ab. Zwei Komponenten spielen eine

Abb. 2: Trockenstressversuche mit Kartoffeln in Rain out-Sheltern

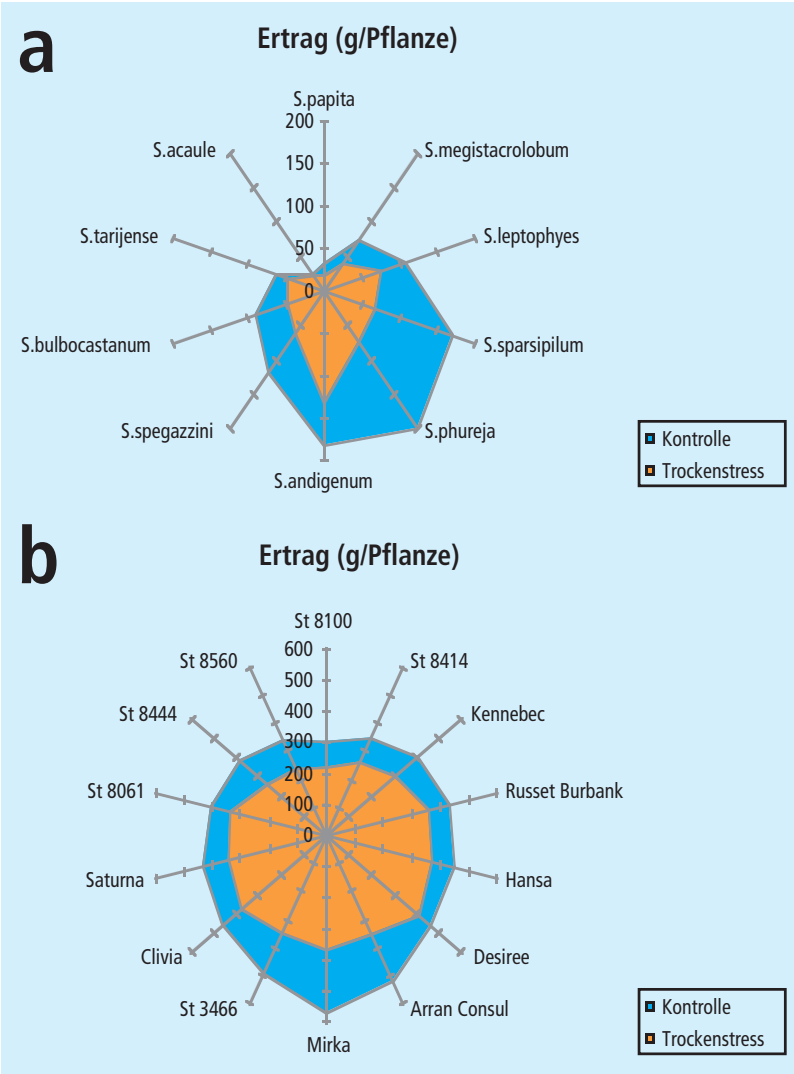


Abb. 3: Ertrag von (a) wilden Kartoffelformen und (b) Kulturkartoffeln unter Kontroll- und Trockenstressbedingungen (Gefäßversuch)

Rolle: das Wasseraneignungsvermögen und die Wassernutzungseffizienz.

Um zu sehen, in welchem Maße die Pflanzen in der Lage sind, sich das wenige vorhandene Wasser anzueignen, wurden Keramiksaugsonden unter den Parzellen in die Erde gebracht. Mit Hilfe eines Tensiometers konnte dort die Bodensaugspannung gemessen und daraus indirekt auf die Saugkraft der Wurzeln geschlossen werden (Abb. 4).

Im Verlauf der Entwicklung der Pflanzenbestände zeigten sich bei den einzelnen Genotypen Unterschiede in der Saugspannung (Messtiefe 60 cm) – sowohl bei Kartoffeln als auch bei Ackerbohnen. Die im Mittel der Stressperiode erreichte Saugspannung korrelierte mit der oberirdischen Biomassebildung und auch mit dem unter Stress gebildeten Ertrag, war jedoch kein Maß für die Ertragsstabilität.

Die Fähigkeit, sich Wasser aus dem Boden anzueignen, ist aber nur eine Seite der Medaille. Wichtig ist auch, wie die Pflanze das angeeignete Wasser nutzt. Die Wassernutzungseffizienz ist ein Maß dafür, wie effektiv die Pflanze Wasser in Biomasse bzw. in Ertrag umsetzt.

Untersuchungen dazu erfolgten in Gefäßversuchen, wobei die durch die Pflanzen entzogene Wassermenge täglich bis zu einem bestimmten Anteil der maximalen Wasserkapazität des Bodens ersetzt wurde. Die so konsumierte Wassermenge wurde in Relation zum Ertrag gesetzt.

Bei den untersuchten Ackerbohnen änderte sich die Wassernutzungseffizienz in Reaktion auf den Trockenstress kaum. Im Gegensatz dazu waren bei Kartoffeln eine Reihe von Genotypen in der Lage, die Wassernutzungseffizienz bei Trockenstress noch zu steigern. Dieselben Genotypen hoben sich auch durch höhere Stresserträge und eine bessere Ertragsstabilität hervor. Damit spielt die Wassernutzungseffizienz zumindest bei der Trockentoleranz der Kartoffel als Selektionskriterium eine wichtige Rolle.

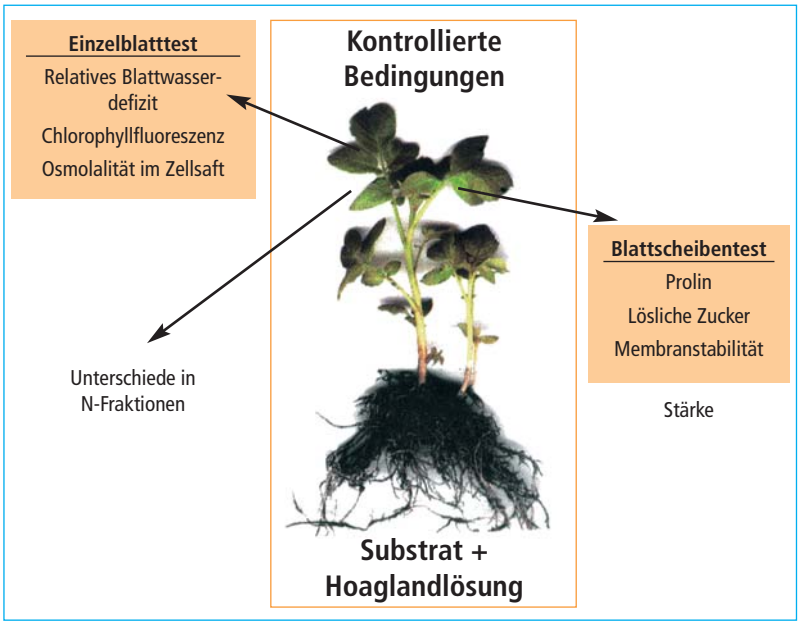


Abb. 5: Bestimmung von Veränderungen an Kartoffelblättern bzw. Ackerbohnenblättern im Labortest unter kontrollierten Trockenstressbedingungen – die unterlegten Merkmale werden als indirekte Selektionskriterien serienmäßig bestimmt

Abb. 4: Mit Hilfe von Keramiksaugsonden im Boden und Tensiometermessungen kann die Bodensaugspannung ermittelt werden – ein indirektes Maß für die Saugkraft der Wurzeln.

Indirekte Selektionskriterien

Untersuchungen zur direkten Beurteilung der Trockentoleranz, die die gleichzeitige Kultivierung von Genotypen in gut bewässerten und trockengestressten Umwelten einschließen, sind im Allgemeinen teuer und die Anzahl der Testkandidaten ist meist begrenzt. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, indirekte Selektionskriterien zu identifizieren, die in möglichst frühen Entwicklungsstadien der Pflanze genutzt werden können und die für ein Screening größerer Genotypenzahlen geeignet sind.

Eine Reihe von Merkmalen (Abb. 5), die zur Ertragsstabilität unter Trockenstress beitragen, können bereits an 3 – 4 Wochen alten Pflanzen bestimmt werden, die unter kontrollierten und damit reproduzierbaren Bedingungen in einer Klimakammer angezogen wurden.

Das Einrollen der Blätter wird in der Praxis immer wieder als Merkmal für die Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit herangezogen. Ein damit in Zusammenhang stehendes, aber nicht immer übereinstimmendes Merkmal ist das relative Wasserdefizit des Blattes unter kontrollierten Stressbedingungen. Dieses erwies sich als gut reproduzierbarer Indikator

(Abb. 6), welcher bei den untersuchten Kartoffellinien signifikant negativ mit der Ertragsstabilität wie auch mit dem Ertrag unter Trockenstress korrelierte. Das heißt, je geringer das relative Wasserdefizit, umso stabiler war der Ertrag. Bei Ackerbohnen jedoch war der Indikator weder mit Ertrag noch mit Ertragsstabilität korreliert.

Die Chlorophyllfluoreszenz ist ein sehr komplexes Merkmal, das die Effizienz des Elektronentransports in der Photosynthese widerspiegelt und somit Schäden am Photosyntheseapparat sichtbar machen kann. Unsere Ergebnisse ergaben bei Trockenstress genotypische Unterschiede im Quantenertrag Φ_{PSII} (einem Näherungswert für die Effizienz des Photosystems II), die bei beiden untersuchten Kulturarten tendenziell negativ mit der Ertragsstabilität korreliert waren.

Auch die Stabilität der Zellmembran wird als ein guter physiologischer Indikator der Trockentoleranz angesehen. Unter simulierten Stressbedingungen wurde sie im Test mit Hilfe der Leitfähigkeitsmethode bestimmt. Bei Ackerbohnen ergaben sich Unterschiede in der Membranstabilität der einzelnen Genotypen, die sowohl mit der Änderung von $\Phi_{PS\,II}$ als auch mit dem relativen Wasserdefizit korreliert waren, selbst aber nicht signifikant zur Variabilität der Ertragsstabilität oder der des Stressertrages beitrugen. Bei Kartoffeln konnte keiner dieser Zusammenhänge bestätigt werden.

Es ist bekannt, dass zahlreiche Pflanzenarten bei Trockenstress in ihren Zellen freies Prolin – eine bestimmte Aminosäure – anreichern. Im Allgemeinen wird eine hohe Prolin-Akkumulation mit einer größeren Toleranz gegenüber Trockenstress in Zusammenhang gebracht, auch wenn die Rolle von Prolin bei der Verbesserung der Toleranz noch nicht völlig geklärt ist. Es wurde ein Blattscheibentest entwickelt, der es erlaubt, die Prolin-Akkumulation unter osmotischem Stress reproduzierbar zu bestimmen. Auf Grund einer signifikanten Korrelation der Prolin-Akkumulation zur Ertragsstabilität der untersuchten Genotypen beider Kulturarten lässt sich dieses Merkmal gut als indirektes Selektionskriterium nutzen (Abb. 7).

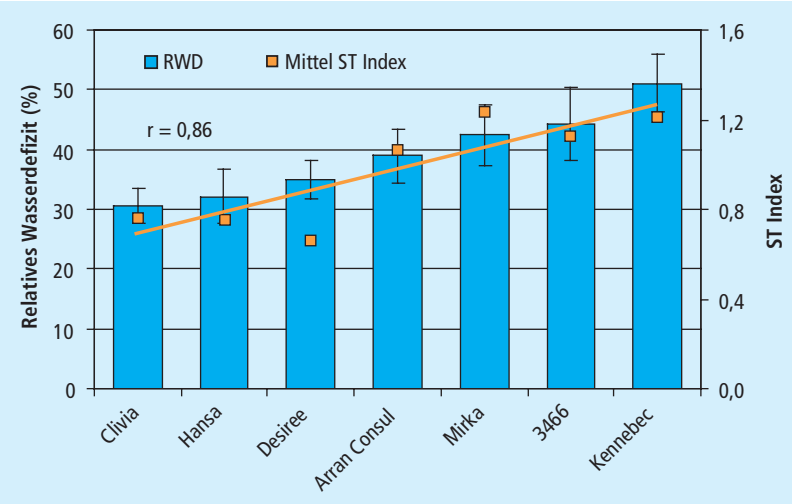


Abb. 6: Relatives Wasserdefizit des Blattes unter simulierten Welkebedingungen und Korrelation zur Ertragsstabilität bei Kartoffeln

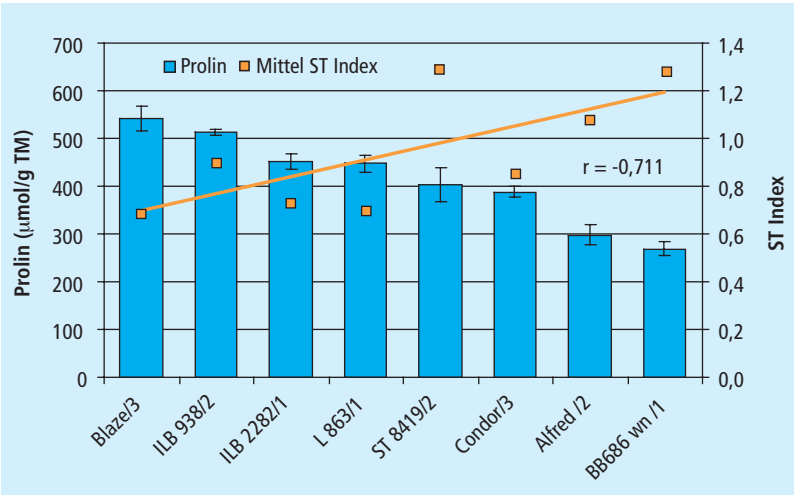
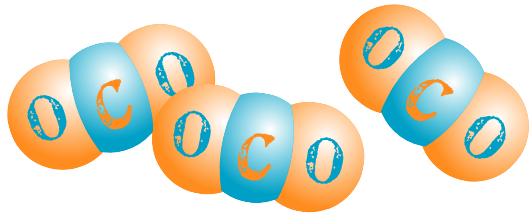


Abb. 7: Akkumulation von freiem Prolin in Blattscheiben von Ackerbohnen unter simuliertem Trockenstress und Korrelation zur Ertragsstabilität

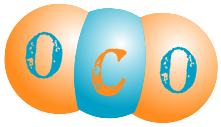
Analog zu Prolin treten im Blattgewebe auch Veränderungen im Gesamtgehalt löslicher Zucker unter Trockenstress auf. Diese Veränderungen wurden in einem Blattscheibentest unter simulierten Welkebedingungen ermittelt. Bei Kartoffeln wie auch Ackerbohnen konnte dabei ein Anstieg im Gesamtgehalt löslicher Zucker in den Blattscheiben beobachtet werden. Obwohl die Korrelation zu Stressertrag und Ertragsstabilität bei beiden Kulturarten nicht signifikant war, kann bei Kartoffeln eine Differenzierung in tolerante und sensitive Genotypen vorgenommen werden.

In der Zusammenfassung ergibt sich, dass die geprüften Merkmale unterschiedlich gut geeignet sind, die Ertragsstabilität unter Trockenstress auf indirekte Weise zu charakterisieren. Gute indirekte Selektionskriterien sind die Akkumulation von freiem Prolin, die Chlorophyllfluoreszenz sowie bei Kartoffeln das relative Wasserdefizit des Blattes. Letztendlich wird es aber notwendig sein, mehr als ein Merkmal für die Charakterisierung der Trockentoleranz eines Genotyps zu berücksichtigen, um die komplexe Pflanze-Stress-Interaktion hinreichend widerzuspiegeln.

Dr. Christiane Balko, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), Institut für abiotische Stresstoleranz, Rudolf-Schick-Platz 3, 18190 Groß Lüsewitz. E-Mail: c.balko@bafz.de



Mehr CO_2 in der Atmosphäre: Prima Klima für die Landwirtschaft?



Effekte auf Pflanzenwachstum und -qualität

Hans-Joachim Weigel, Remi Manderscheid, Andreas Pacholski, Stefan Burkart (Braunschweig) und Gisela Jansen (Groß Lüsewitz)

Der vorausgesagte Klimawandel, also die Veränderung der mittleren Klimawerte sowie die Häufung von Klimaextremen, wird sich auf landwirtschaftliche Kulturpflanzen und die Agrarökosysteme auf vielfältige Weise auswirken. Wegen der komplexen Zusammenhänge fällt es schwer, rein theoretisch abzuschätzen, wie die Pflanzen zum Beispiel auf einen erhöhten Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre reagieren würden. Um zu belastbaren Aussagen zu kommen, wäre es das Beste, über mehrere Jahre Untersuchungen auf einem realen Ackerschlag durchzuführen, über dem die Atmosphäre bereits verändert ist. Unmöglich? Nein. An einigen wenigen Orten der Erde werden solche Untersuchungen mit Hilfe aufwändiger Apparaturen durchgeführt, unter anderem in Braunschweig an der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).

Der CO_2-Düngeeffekt

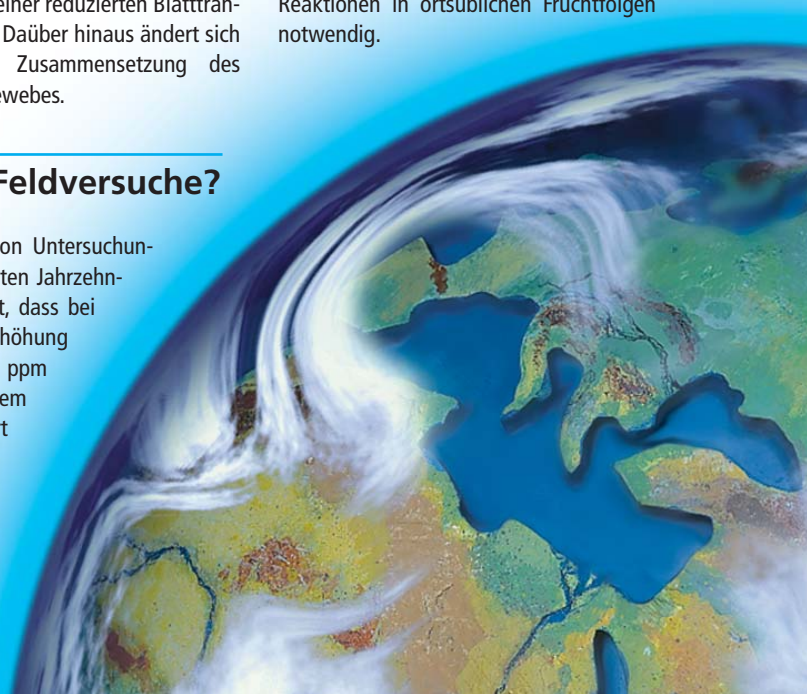
Zu den deutlichsten Signalen des Klimawandels und den unausweichlichen Entwicklungen der Klimaänderungen gehört der rasche Anstieg der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre. Während die globale CO_2-Konzentration der Atmosphäre über mehr als 100.000 Jahre hinweg bis etwa zum Ende des 19. Jahrhunderts bei 280–290 ppm (parts per million) lag, steigt sie seitdem rasch an und beträgt gegenwärtig bereits ca. 375 ppm. Dieser Trend wird sich mit noch größerer Intensität als bisher fortsetzen, sodass wir schon in 50 Jahren mit CO_2-Konzentrationen von 450–550 ppm rechnen müssen.

Der CO_2-Anstieg führt nicht nur zur Klimaerwärmung, sondern hat auch direkte Konsequenzen für die Landökosysteme und damit für die Landwirtschaft. Bekanntlich ist CO_2 bzw. Kohlenstoff der stoffliche Eckpfeiler allen Lebens, da Pflanzen CO_2 zur Photosynthese benötigen. Allerdings ist die gegenwärtige CO_2-Konzentration der Atmosphäre für die meisten Pflanzen des so genannten C3-Typs suboptimal. Eine CO_2-Erhöhung in der Umgebungsluft stimuliert daher im Allgemeinen die Photosynthese und das Pflanzenwachstum (sofern nicht andere Faktoren limitierend wirken). Dieser „CO_2-Düngeeffekt" ist vom Prinzip her schon lange bekannt. Gleichzeitig sind bei einem höheren CO_2-Anteil in der Atmosphäre die Spaltöffnungen (Stomata) der meisten krautigen Pflanzenarten weniger stark geöffnet, was zu einer reduzierten Blatttranspiration führt. Daüber hinaus ändert sich die stoffliche Zusammensetzung des pflanzlichen Gewebes.

Warum Feldversuche?

Eine Fülle von Untersuchungen in den letzten Jahrzehnten hat gezeigt, dass bei einer CO_2-Erhöhung um 200–300 ppm gegenüber dem heutigen Wert hohe Biomasse- bzw. Ertragszuwächse erzielt werden können (im Durchschnitt über alle C3-Pflanzen rund 35 % Biomassezuwachs; bei Weizen etwa 20–30 % Ertragszuwachs). Diese stark positiven Wachstumseffekte wurden allerdings meist unter „unnatürlichen" Versuchsbedingungen erzielt, das heißt in Kammern mit Einzelpflanzen unter optimaler Verfügbarkeit anderer Ressourcen (Temperatur, Wasser, Nährstoffangebot). Es stellt sich die Frage, ob ein CO_2-Düngeeffekt unter realen Bedingungen im Agrarökosystem überhaupt – und wenn ja, in welcher Höhe – wirksam wird.

Eine Antwort auf diese Frage ist deshalb so bedeutsam, weil dies eine entscheidende Grundlage für Modelle ist, die die möglichen Effekte der sonstigen Klimaänderungen (Temperatur, Niederschlag) auf die landwirtschaftliche Produktion vorhersagen. Will man zudem die Folgen von Klimaänderungen regional differenzieren, sind auch Informationen über Reaktionen in ortsüblichen Fruchtfolgen notwendig.



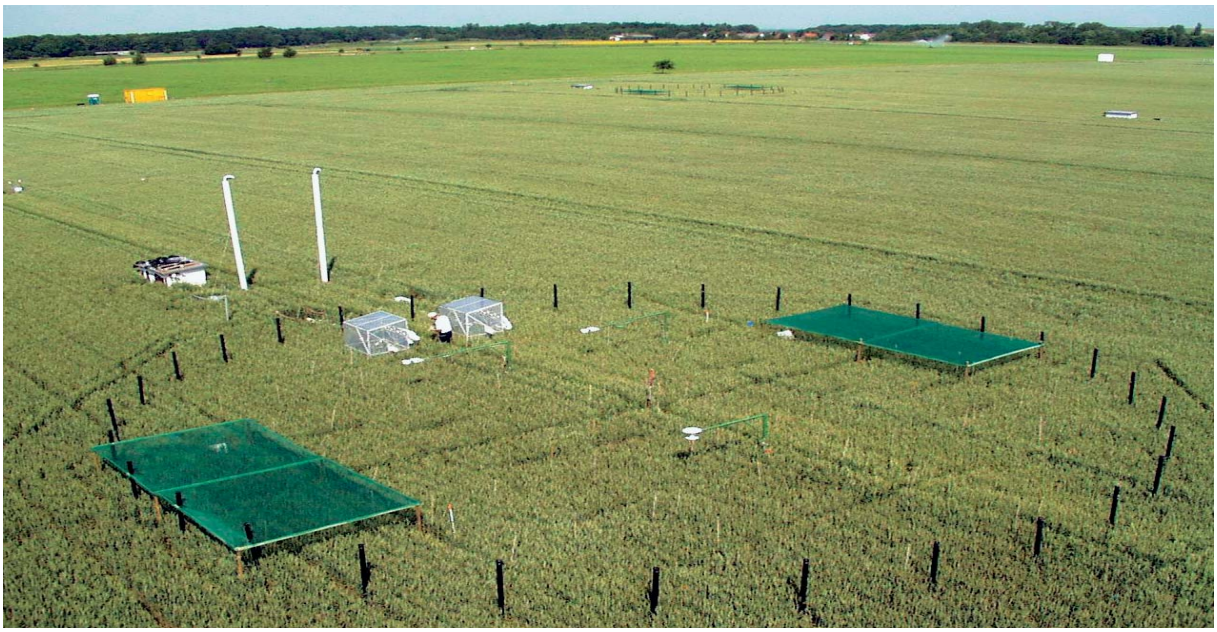


Abb.1: Ansicht eines FACE-Ringes für CO_2-Anreicherungsversuche im Feld. Innerhalb des Ringes wird die CO_2-Konzentration der Atmosphäre kontinuierlich auf ca. 550 ppm eingestellt. Schattierungsversuche dienen der Aufklärung von Interaktionen zwischen Strahlung und CO_2-Konzentration

Man hat daher experimentelle Methoden entwickelt, mit denen sich zukünftige atmosphärische CO_2-Szenarien direkt im Feld simulieren lassen, ohne dass Pflanzenbestände in Kammern oder kammerähnlichen Einschlüssen wachsen müssen. Eine solche Freiland-CO_2-Anreicherungstechnik ist das so genannte FACE-System (FACE = Free Air Carbon Dioxide Enrichment), das seit dem Jahr 2000 am Institut für Agrarökologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) im Rahmen des „Braunschweiger Kohlenstoffprojekts" eingesetzt wird (Abb. 1; vgl. ForschungsReport 1/2001). Auf einem 24 Hektar großen Feld befinden sich mehrere „Begasungsringe" mit einem Durchmesser von 20 Metern. Innerhalb dieser Ringe lässt sich die CO_2-Konzentration gezielt erhöhen. Das geschieht mit einer Regelungstechnik, in die die Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den Rin-

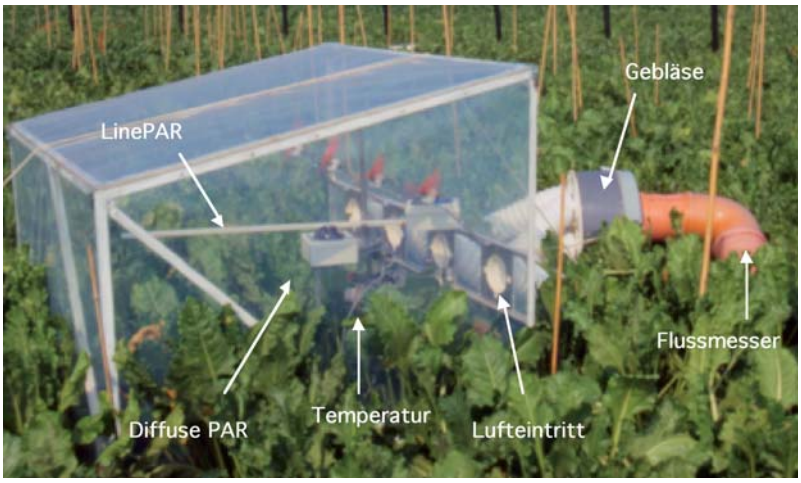


Abb. 2: Bestandeskammer zur Messung von CO_2- und H_2O-Flüssen in Zuckerrüben

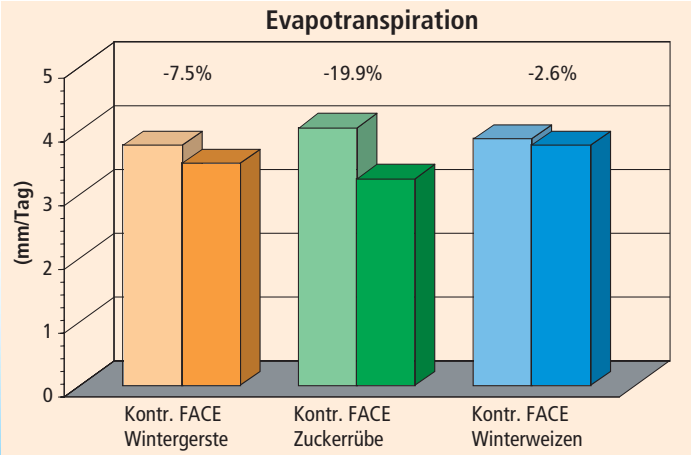


Abb.3: Mittlere saisonale Evapotranspiration (Bestandeswasserabgabe in mm H_2O pro Tag) verschiedener Feldfrüchte unter simulierten zukünftigen CO_2-Konzentrationen in der Atmosphäre im Rahmen des Braunschweiger FACE-Versuches

gen sowie die CO_2-Konzentration der Umgebungsluft eingehen. Die Pflanzen innerhalb der Ringflächen von je ca. 315 Quadratmetern wachsen ganz normal unter freiem Himmel – lediglich die sie umgebende Luft weist eine CO_2-Konzentration von rund 550 ppm auf.

Untersucht werden in diesem für Ackerland europaweit einzigartigen Experiment die Auswirkungen einer CO_2-Erhöhung auf Fruchtfolgeglieder (Wintergerste → Weidelgras → Zuckerrübe → Winterweizen) sowie auf den Kohlenstoffumsatz und auf die biologische Vielfalt im Boden. In diesem Beitrag werden einige pflanzenbauliche Ergebnisse vorgestellt.

CO_2 und Transpiration

In Laborexperimenten wurde wiederholt festgestellt, dass sich bei erhöhter CO_2-Konzentration die Transpiration – also die Wasserabgabe – der Blätter vermindert. Aber auch hier konnten immer nur einzelne Blätter untersucht werden. Verhält sich die Wasserabgabe ganzer Bestände (Evapotranspiration) unter erhöhten CO_2-Konzentrationen ähnlich? Im Braunschweiger FACE-Versuch wird mit eigens entwickelten Bestandesgaswechselkammern geprüft, wie die Wasserflüsse auf die CO_2-Erhöhung reagieren (Abb. 2).

Im ersten Fruchtfolgedurchgang zeigte sich, dass die Evapotranspiration der Arten reduziert wurde, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß (Abb.3). Insbesondere die Zuckerrübe verbrauchte weniger Wasser. Gleichzeitig erhöhte sich die Photosyntheserate im Bestand. Setzt man die aufgenommene CO_2-Menge in Relation zur abgegebenen H_2O-Menge, so ergibt sich bei Zuckerrüben eine Steigerung der Wasserausnutzungseffizienz. Die im Verlauf der Vegetation verringerte Wasserabgabe der Pflanzen führte auch zu einer deutlich erhöhten Bodenfeuchte. Positive Wachstumseffekte des CO_2-Anstieges sind demnach auch indirekt über eine verbesserte Wasserversorgung möglich.

Der Wärmehaushalt von Pflanzenbeständen (Oberflächen- und Bestandesinnentemperatur) wird unter anderem auch durch die transpiratorische Kühlung reguliert, die wiederum vom Öffnungsverhalten der Spaltöffnungen abhängt. Die durch die CO_2-Erhöhung im FACE-Experiment verringerte Evapotranspiration führte daher zu höheren Oberflächentemperaturen der untersuchten Pflanzenbestände, was mit Hilfe einer Infrarotkamera sichtbar gemacht werden konnte (Abb. 4). Die Temperaturerhöhung variierte im Tagesgang und mit dem Entwicklungsstadium der Pflanzen und betrug bei maximaler Sonneneinstrahlung bis zu 2 °C. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass der CO_2-Anstieg in der Atmosphäre nicht nur durch die Absorption der atmosphärischen Infrarotstrahlung zu einer Erwärmung führt (Treibhauseffekt), sondern dass dieser Effekt zusätzlich über die physiologische Rückkoppelung mit Pflanzen verstärkt werden könnte.

Geringere Wachstumssteigerung als erwartet

Führen die stimulierte Photosyntheseleistung, die effizientere Wassernutzung und die geänderten Bestandestemperaturen auch zu einem stärkeren Pflanzenwachstum und einer erhöhten Biomasseproduktion? Der Braunschweiger FACE-Versuch kann frühere, sehr optimistische Wachstumserwartungen durch eine CO_2-Anreicherung in der Atmosphäre bisher nicht eindeutig bestätigten (Tab. 1). Die Wachstumsstimulationen bewegten sich auf einem relativ niedrigen Niveau von 6–14 % .

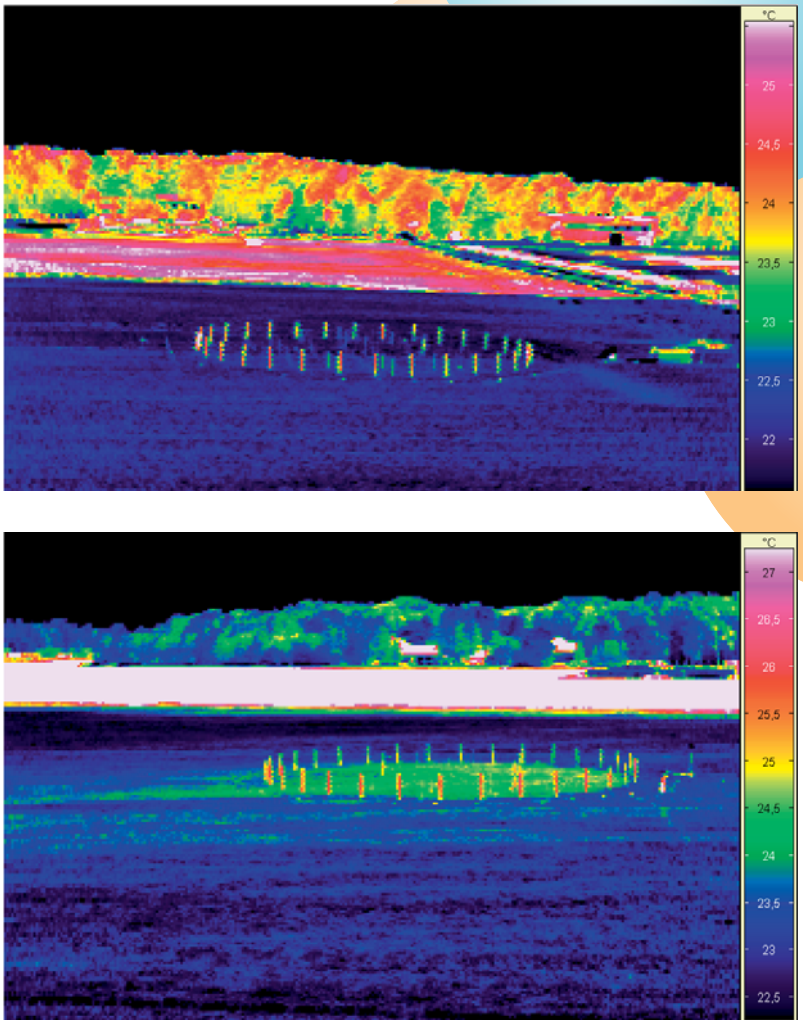


Abb.4: Infrarotaufnahme der Oberflächentemperaturen eines Winterweizenbestandes innerhalb von FACE-Ringen unter heutigen (o.) und zukünftigen (550 ppm; u.) CO_2-Gehalten in der Atmosphäre

Entgegen den Erwartungen waren auch keine klaren Unterschiede zwischen verschiedenen Versorgungsstufen mit Stickstoff erkennbar, denn unter reduzierter N-Versorgung sollte die Wachstumsstimulation durch CO_2 eigentlich kleiner sein. Zusätzliche Schattierungsversuche innerhalb der FACE-Ringe (vgl. Abb. 1) weisen darauf hin, dass die im Versuch verwendete heutige Winterweizensorte (Batis) nicht in der Lage ist, den potenziellen CO_2-Düngeeffekt voll auszuschöpfen.

Eine in fast allen Studien zum CO_2-Düngeeffekt beobachtete Reaktion ist die Veränderung in den Gehalten an Makro- und Mikroelementen sowie sonstiger Inhaltsstoffe (z. B. Zucker, Vitamine, sekundäre Pflanzenstoffe). Beispielsweise sinkt der Stickstoff(N)-Gehalt sowohl in vegetativen Organen als auch in Früchten, Samen bzw. Körnern. Dieser Effekt wurde auch im FACE-Versuch deutlich. Tabelle 2 zeigt beispielhaft für Wintergerste, dass der N-Gehalt bzw. der Proteingehalt im Stroh und im Korn um mehr als 10 % abnahm. Dieses Ergebnis deutet also auf einen negativen Einfluss der CO_2-Erhöhung auf die Qualität hin (neben der Kornqualität kann auch die Futterqualität bei Grünlandpflanzen betroffen sein). Durch eine derartige Änderung der Inhaltsstoffe einer Wirtspflanze ändert sich auch die Qualität der „Nahrungsquelle" für herbivore Insekten (darunter Schädlinge) und Pflanzenpathogene. Ob dadurch die Bedingungen für Schaderreger besser oder schlechter werden, lässt sich nicht pauschal beantworten.

Für den Stoffumsatz innerhalb des Ökosystems kann ein erweitertes C-/N-Verhältnis der anfallenden pflanzlichen Rückstände bedeuten, dass der Streuabbau bzw. die Mineralisierung im Boden verzögert wird.

Tab. 1: Durchschnittliche oberirdische Biomasseproduktion (g/m²) verschiedener Fruchtfolgeglieder unter heutigen (375 ppm) und zukünftigen (550 ppm) CO_2-Konzentrationen der Atmosphäre, ermittelt im Rahmen des Braunschweiger FACE-Experimentes. Gleichzeitig wurden die Auswirkungen einer ortsüblichen (N100) und einer um 50 % reduzierten (N50) Stickstoff(N)-Versorgung untersucht.

N-Behandlung	CO_2 Behandlung	Fruchtfolgeglied			
		Wintergerste (Theresa)	Weidelgras (Lippstädter Futtertrio)	Zuckerrübe (Wiebke)	Winterweizen (Batis)
		g/m²			
N50	380 ppm	1360	484	1919	1163
N50	550 ppm	1546	531	2036	1292
Relativer CO_2-Effekt		+13.7 %*	+ 9.6 %	+ 6.1 %	+ 11.1 %*
N100	380 ppm	1679	484	2295	1272
N100	550 ppm	1815	543	2481	1456
Relativer CO_2-Effekt		+ 8.1 %*	+ 12.1 %	+ 8.1 %*	+ 14.4 %*

*signifikante Ergebnisse

Tab. 2: Durchschnittliche Stickstoff(N)-Gehalte im Stroh und Proteingehalte im Korn von Wintergerste (Sorte Theresa) nach Wachstum unter heutigen (375 ppm) und zukünftigen (550 ppm) CO_2-Konzentrationen. Gleichzeitig wurden die Auswirkungen einer ortsüblichen (N100) und einer um 50 % reduzierten (N50) Stickstoff(N)-Versorgung untersucht.

N-Behandlung	N-50			N-100		
CO_2-Behandlung	380 ppm	550 ppm	CO_2-Effekt %	380 ppm	550 ppm	CO_2-Effekt %
Stroh-N (%)	0,45	0,43	- 3,8	0,68	0,55	- 19.3*
Korn-Protein (% d. TM)	10,02	8,88	- 11,2*	11,65	10,1	- 13,4*

* signifikante Ergebnisse

Ausblick

Eine endgültige Auswertung der verschiedenen Aspekte des FACE-Experiments der FAL wird erst nach Ende des zweiten Fruchtfolgedurchgangs möglich sein.

Neben den hier geschilderten agronomischen Daten zeigt sich, dass weitere agrarökosystemare Eigenschaften (bodenzoologische und bodenmikrobiologische Parameter, Spurengasflüsse) durch die CO_2-Erhöhung beeinflusst werden.

Das FACE-Experiment wird neben Daten, die für die Klimafolgenforschung generell wichtig sind, auch für die Bewertung möglicher Folgen des Klimawandels für die einheimische Landwirtschaft wertvolle Informationen liefern.

Prof. Dr. Hans-Joachim Weigel, Dr. Remi Manderscheid, Dr. Andreas Pacholski, Dr. Stefan Burkart, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Agrarökologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig. E-Mail: hans.weigel@fal.de

Dr. Gisela Jansen, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), Institut für abiotische Stresstoleranz, Rudolf-Schick-Platz 3, 18190 Groß Lüsewitz.

Fisch und Klima

Siegfried Ehrich und Manfred Stein (Hamburg)

Die marinen Fischbestände unterliegen nicht nur zunehmend dem Einfluss des Menschen durch Fischerei und Umweltbelastungen. Auch natürliche Veränderungen im marinen Ökosystem können Fischbestände zum Verschwinden bringen oder zu einer explosionsartigen Entwicklung führen. Ein Beispiel dafür ist die „Kabeljau-Explosion" in den Siebziger-Jahren des vorigen Jahrhunderts in der Nordsee, die die Fänge des Kabeljau in wenigen Jahren von 100.000 auf 350.000 Tonnen hochschnellen ließ. Andererseits kann ein totales Fangverbot einen Bestandsaufbau nicht erzwingen, wenn die natürlichen Fortpflanzungsbedingungen für eine Fischart weit vom Optimum entfernt sind, wie es beim Kabeljau vor Neufundland der Fall zu sein scheint. Daher ist es für Ozeanographen wie für Meeresbiologen wichtig, den Einfluss von Klimaänderungen im marinen Ökosystem rechtzeitig zu erkennen und mögliche Auswirkungen aufzuzeigen, die für ein nachhaltiges Bestandsmanagement notwendig sind. An zwei Fallbeispielen soll ein klimatischer Einfluss auf die Fischfauna und die Fischbestände dargestellt werden: Betrachtet werden der Grönland-Kabeljau und die Fischfauna der Nordsee.

Von Holsteinsborg nach Baffin Island

Seit 1963 arbeitet das Fischereiforschungsschiff „Walther Herwig III" auf einer alljährlichen Reise im Oktober und November in den Gewässern vor Ost- und Westgrönland. Ziel dieser Reise ist die wissenschaftliche Erforschung der Grundfischbestände im Schelfbereich dieser größten Atlantikinsel.

Neben den fischereibiologischen Untersuchungen werden klimabezogene, ozeanographische Messungen durchgeführt. In der Zusammenschau beider Datensätze werden mögliche Klimaeinflüsse zum Beispiel auf den Kabeljau untersucht.

Auf einem ozeanographischen Schnitt von Holsteinsborg (Westgrönland) nach Baffin Island (Kanada) untersuchte „Walther Herwig III" den Aufbau der Wassermassen und ihre klimatischen Veränderungen in der Davis-Straße zwischen Grönland und Kanada (Abb. 1).

Die beiden Hauptwassermassen, der warme Westgrönlandstrom auf dem grönländischen Schelf (rechts in Abb. 1) und der kalte Baffinstrom „zwängen" sich durch die etwa 300 km breite Passage zwischen Grönland und Kanada und treten miteinander in Wechselwirkung. Während der Westgrönlandstrom nach Norden fließt, zieht der breite, oberflächennahe Baffinstrom nach Süden. Die im Herbst 2004 angetroffene Erwärmung der grönländischen Gewässer ist ein Phänomen, das seit Mitte der 1990er auftritt (Abb. 2). Die Wassertemperaturen auf dem grönländischen Schelf liegen zurzeit um bis zu 2,5 °C über dem klimatischen Mittel.

Diese kräftige Erwärmung, die 2003 ihren vorläufigen Höhepunkt erreichte, als die Temperaturen im Westgrönlandstrom über 7 °C stiegen, scheint sich positiv auf die Fischfauna des west- und ostgrönländischen Schelfs und Schelfabhangs (0–500 m) ausgewirkt zu haben; wahrscheinlich infolge eines günstigeren Nahrungsangebotes und verbesserter Nachwuchs- und Aufwuchsbedingungen. Seltene Gäste wie Schellfisch und Seelachs wurden aus isländischen Gewässern nach Ostgrönland „gelockt". Wie unsere Fänge belegen, hat auch der Atlantische Kabeljau (*Gadus morhua*) die Gunst der klimatischen Verbesserung genutzt und nimmt langsam in Bestandsgröße und Biomasse zu. Momentan wird der Kabeljaubestand von ein- und zweijährigen Tieren dominiert. Aber auch Exemplare wie in Abbildung 3 finden sich zunehmend in den Forschungsfängen.

Wenn sich der Klimatrend fortsetzt, ist sogar die Hoffnung berechtigt, dass sich der nunmehr von juvenilem Kabeljau dominierte grönländische Kabeljaubestand mittelfristig erholt und in den nächsten Jahren wieder eine – und diesmal hoffentlich nachhaltige – Fischerei zulassen könnte.

Von Bremerhaven bis Bergen und zurück

Auch in der Nordsee führt die Bundesforschungsanstalt für Fischerei mit ihren Forschungsschiffen „Walther Herwig III" und „Solea" jedes Jahr mehrere großflächige Surveys durch, um nicht nur den Zustand der kommerziell genutzten Fischbestände zu ermittelt, sondern auch die räumlichen und zeitlichen Veränderungen der Fischfauna insgesamt zu untersuchen.

Die Nordsee ist ein relativ flaches Schelfmeer, dessen Wassertiefe nach Norden hin zunimmt. Während die Wassermassen im Winter durch Abkühlung der Oberfläche mit anschließender Konvektion von der Oberfläche bis zum Boden nahezu gleiche Temperaturen aufweisen, ist die Nordsee im Sommer dort, wo sie mehr als 40m tief ist, vertikal geschichtet. Infolge der Sonneneinstrahlung legt sich eine warme Deckschicht von ca. 20 m über das kalte Tiefenwasser, das dadurch von einer sommerlichen Erwärmung ausgeschlossen bleibt. Weiterhin bewirkt ein Ringstrom in der Nordsee, dass im Zentrum des Stroms die Bodenwassertemperaturen am geringsten sind und nach Süden, aber auch nach Norden zunehmen (siehe Abb. 4).

Die Fischfauna der Nordsee ist mit den angrenzenden Faunenelementen verbunden: mit der borealen Fauna des Nordatlantiks durch den Zugang zwischen Schottland und Norwegen, mit der Ost-

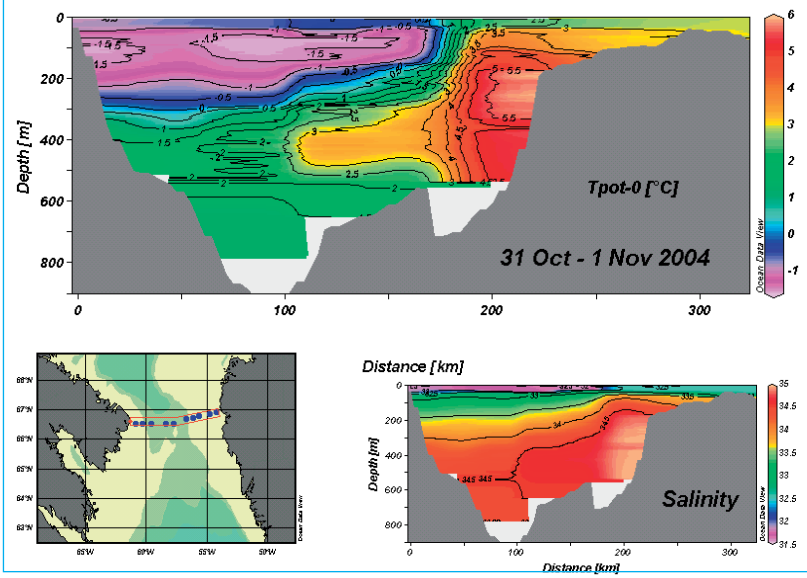


Abb. 1: Temperatur- und Salzgehaltsverteilung entlang des ozeanographischen Schnittes von Holsteinsborg nach Baffin Island; Lage des Schnittes: siehe Karteneinsatz

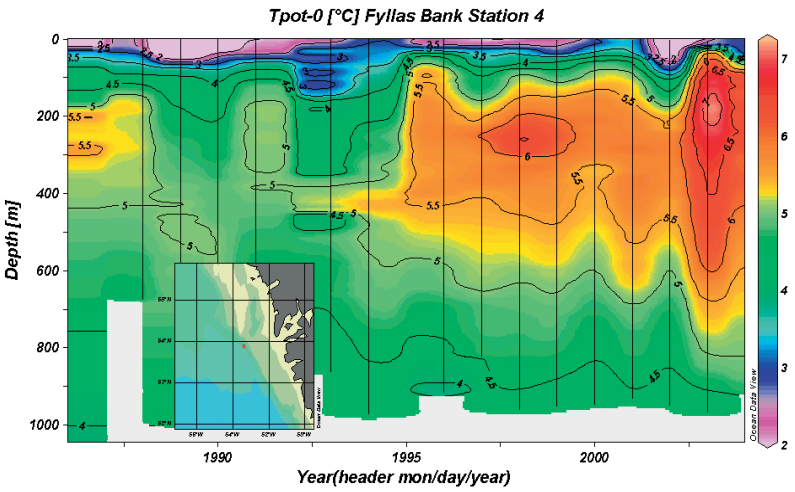


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der vertikalen Temperaturverteilung auf der Fyllas Bank/Westgrönland

Die „Walther Herwig III" im Hafen von Holsteinborg

Abb. 3: Adulter Kabeljau, gefangen bei Ostgrönland im Oktober 2004

see-Fischfauna durch Skagerrak und Kattegat und mit der südlichen lusitanischen Fauna durch den Englischen Kanal (Ärmelkanal). In geringem Ausmaß erfolgt dieser Austausch auch küstennah über die Schwelle zwischen den Orkney und Shetland Inseln. Durch diese Zugänge findet normalerweise ein Austausch der Fischfaunen statt, der abhängig ist von der Saison, von kurzfristigen Sturmlagen (Wetter) und von langfristigen Klimaänderungen.

In den Zeitungen häufen sich in den letzten Jahren Meldungen von sensationellen Fängen bzw. Funden von Tieren in der Nordsee, die tropisch-subtropischen Faunenkreisen zuzurechnen sind und als Nachweise einer globalen Erwärmung angesehen werden, wie zum Beispiel Einzelfunde von Meeresschildkröten. Derartige Ereignisse sind aber eher Folgen von extremen Wetterlagen. Ein sehr aktuelles Ereignis möge dieses Phänomen aufzeigen: In der ersten Januarhälfte dieses Jahres wurde von der belgischen und niederländischen Küste eine kleine Sensation gemeldet; nämlich die Strandungen von 11 Mondfischen (siehe Abb. 5). Der bisherige Rekord lag bei fünf Mondfischen im Jahre 1992. Der Mondfisch ist eine tropisch-subtropische Art von scheibenförmiger Gestalt, die über 3m lang werden kann. Er lässt sich an der Meeresoberfläche über weite Strecken bis in die gemäßigten Breiten treiben, so z. B mit dem Golfstrom entlang der europäischen Küste nach Norden. Die diesjährigen Strandungen sind auf einen starken Einstrom von Oberflächenwasser aus der Biskaya und dem Englischen Kanal in die südliche Nordsee zurückzuführen, bedingt durch die schnell aufeinander folgenden starken Südweststürme in den davor liegenden Wochen.

Faunenverschiebungen infolge von Klimaveränderungen lassen sich nur anhand von Langzeitdatenserien dokumentieren. Eine derartige Serie wurde 1987 von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in der Nordsee begonnen. Dieses Programm ist in der Zwischenzeit intensiviert worden, so dass gegenwärtig in 12 Standarduntersuchungsgebieten (Boxen) die Fischfauna in der Nordsee untersucht wird (vgl. Abb. 4). Eine Auswertung der ersten 12 Jahre der Serie zeigte, dass der Anteil der südlichen Fischarten an der Bodenfischfauna in der Box mit der geringsten Wassertemperatur (Box H; 6 °C) in der Mitte der Nordsee am geringsten ist (13 %) und in den Boxen A, E und F am höchsten (47 – 48 %), da das Wasser in diesen Boxen nicht geschichtet ist und im Sommer bis auf Temperaturen von 18 °C erwärmt wird.

Die aktuelle Auswertung der Daten aus Box A in der Deutschen Bucht über den gesamten Zeitraum von 18 Jahren weist eine verstärkte Einwanderung der südlichen lusitanischen Arten aus (Abb. 6), bei gleichzeitiger Konstanz der Arten aus dem borealen und atlantischen Faunenkreis. Im gleichen Zeitraum hat in Box A auch die Wassertemperatur im Mittel um 2 °C zugenommen. In den Gebieten der Nordsee, in denen die Wassermassen im Sommer

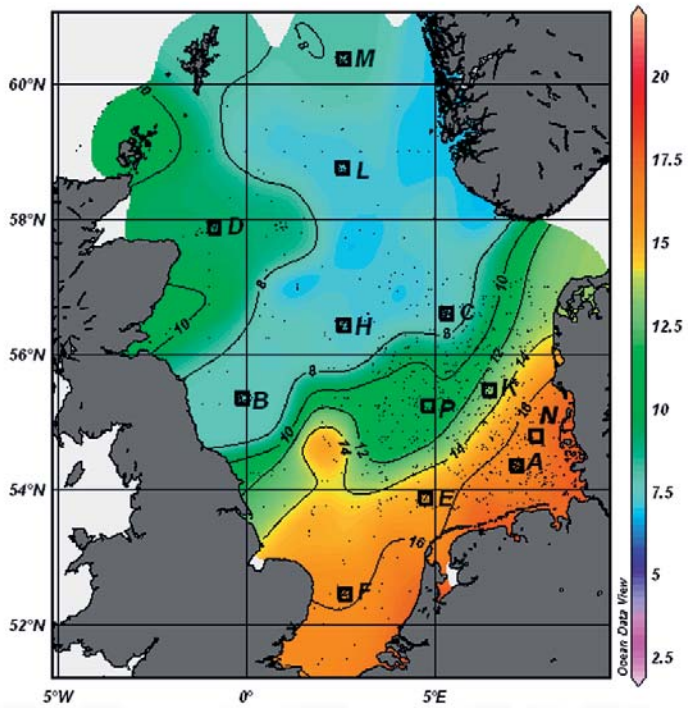


Abb. 4: Nordsee. Verteilung der Bodentemperatur im Sommer im Zeitraum 1995 – 2004. Geographische Lage der 12 Dauerbeobachtungsgebiete (Boxen)

Abb. 5: Juveniler Mondfisch, gestrandet im Januar 2005 auf Terschelling

geschichtet sind, lässt sich keine Zunahme der südlichen Artenkomponente und auch nicht der Bodenwassertemperatur ausmachen.

Warme Winter

Die zunehmende Präsenz der südlichen Arten in der Deutschen Bucht ist aber nur zum Teil eine Folge der steigenden Wassertemperaturen im Sommer. Stark ins Gewicht fallen vor allem die vielen milden Winter, die es den Arten ermöglichen, in der Deutschen Bucht zu überwintern. Ein typischer Vertreter dieser Gruppe ist der Rote Knurrhahn. Diese Art war zu Beginn der Serie selten in den wissenschaftlichen Fängen vertreten. Jetzt liegt seine Frequenz in den Hols bei über 80 % (Abb. 7).

Dagegen sind infolge der warmen Winter die klimatischen Bedingungen für den Nordseekabeljau schlechter geworden. Geringer Nachwuchs und intensive fischereiliche Nutzung haben die Bestandsstärke dieser kommerziell wichtigen Art auf ein historisches Minimum gesenkt. Leider hat bisher keine kommerziell interessante Fischart aus südlichen Gebieten diese Lücke auffüllen können.

Dr. Siegfried Ehrich und Dipl.-Oz. Manfred Stein, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Seefischerei, Palmaille 9, 22171 Hamburg. E-Mail: siegfried.ehrich@ish.bfa-fisch.de

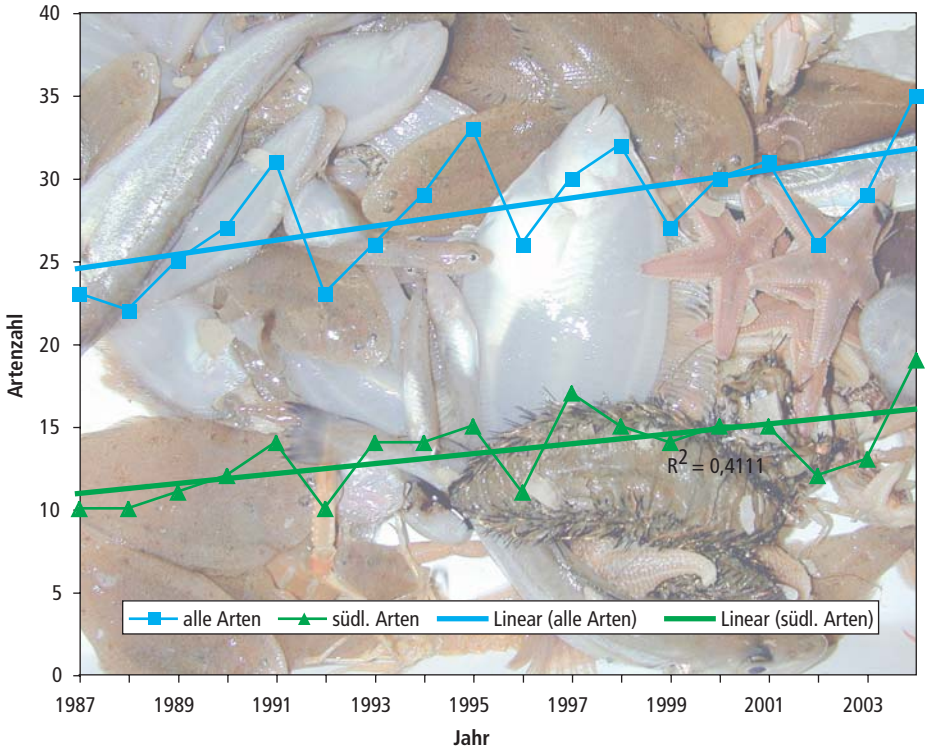


Abb. 6: Box A, Deutsche Bucht. Zunahme der Gesamtartenzahl und der Anzahl südlicher Arten im Sommer im Zeitraum 1987 bis 2004. Hintergrundbild: Typischer Fang in Box A

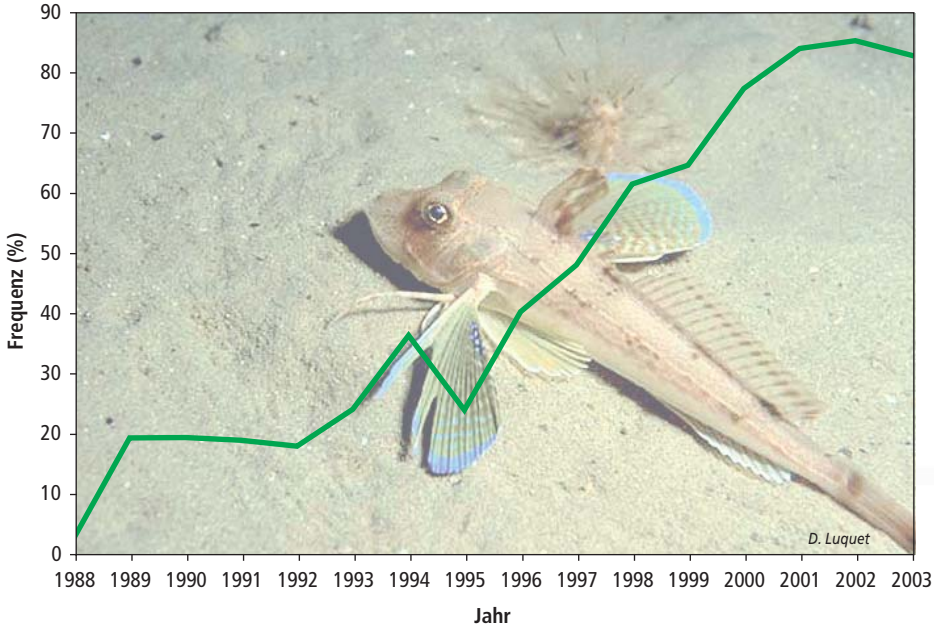


Abb. 7: Box A, Deutsche Bucht. Frequenz des Roten Knurrhahns (Chelidonichthys lucernus) in den Fängen im Zeitraum 1987 bis 2004 (dreifach geglättet; 50% = in der Hälfte der Hols ist die Art vorhanden).

Anpassung von Wäldern an Klimaänderungen

Wolf-Ulrich Kriebitzsch, Florian Scholz, Siegfried Anders und Jürgen Müller (Hamburg)

Neben den Bodenverhältnissen und der Bewirtschaftung (Baumartenwahl, Ernte- bzw. Verjüngungsmethode) bestimmen klimatische Faktoren die Baumartenzusammensetzung von Wäldern. Maßgeblich sind dabei Temperatur und Niederschlag sowie extreme Klimaereignisse wie Trocken- und Hitzeperioden, Stürme, Früh- und Spätfröste. Für das künftige Wachstum der Wälder – einschließlich der Baumartenverteilung – ist von ausschlaggebender Bedeutung, inwieweit sich Baumarten an die Klimabedingungen anpassen können und damit im Hinblick auf eine ausreichende Stoffproduktion konkurrenzfähig bleiben. Mit dieser Frage befassen sich verschiedene Institute der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH).

Auswirkungen von Klimaänderungen

Steigende Durchschnittstemperaturen fördern in vielen Gebieten der Erde die Photosynthese, aber gleichzeitig auch die Atmung der Pflanzen. Daher muss die Netto-CO_2-Bilanz, die für die Stoffproduktion entscheidend ist, mit steigender Temperatur nicht zunehmen. Höhere nächtliche Temperaturen und – vor allem bei immergrünen Baumarten – höhere Wintertemperaturen können die Stoffbilanz sogar verschlechtern.

Mildere Winter begünstigen einen frühen Austrieb der Blätter und bei früh blühenden Bäumen auch der Blüten. Durch Spätfröste entstandene Blattverluste können in Verbindung mit erhöhten winterlichen Atmungsverlusten die Pflanzen empfindlich schwächen. Die Reproduktionsfähigkeit kann durch Erfrieren der Blüten oder der Keimlinge oder durch einen Verlust an Reservestoffen, verursacht durch erneuten Austrieb nach Frostschäden, erheblich vermindert werden. Spätfröste können daher die natürliche Verjüngung von Wäldern stark beeinflussen.

Neben der Temperatur hat der Wasserhaushalt eines Gebietes – also Niederschlagsmenge und -verteilung, Wasserspeicherung im Boden, Abfluss und Verdunstung – großen Einfluss auf das pflanzliche Wachstum. Höhere Sommertemperaturen gehen mit erhöhten Verdunstungsraten von Vegetation und Bodenoberfläche einher. Nehmen Trocken- und Hitzeperioden zu, kann dies die Vitalität der Bäume erheblich beeinträchtigen. So ergab die Waldschadenserhebung 2004 in vielen Gebieten Deutschlands einen deutlichen Anstieg geschädigter Bäume – eine Reaktion auf die extreme Trockenheit im Sommer 2003.

Während das Ausmaß möglicher regionaler Veränderungen der Klimaparameter Temperatur und Niederschläge noch unsicher sind, herrscht Gewissheit darüber, dass die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre bei unverminderter CO_2-Freisetzung weiter ansteigen wird. Welche Auswirkungen hat das auf das Wachstum der Bäume?

Rückkopplungseffekte erschweren die Aussage

Für die meisten Pflanzenarten wird erwartet, dass die erhöhte CO_2-Konzentration die Photosyntheseleistung stimuliert, was zu einer verstärkten Bildung von Biomasse führt. Untersuchungen an verschiedenen Baumarten und Herkünften einer Baumart zeigen aber, dass dies nicht ge-

nerell gilt (Abb. 1). Anhand von herbarisiertem Blattmaterial von Waldbäumen lässt sich zudem der Rückgang der Spaltöffnungsfläche in den Blättern um rund 30 % in den letzten 200 Jahren belegen. Gleichzeitig ist in diesem Zeitraum der CO_2-Gehalt der Luft um 25 % angestiegen. Bei verringerter Spaltöffnungsfläche kann auch weniger CO_2 in das Blatt einströmen. Auf diese Weise würde die zunächst erwartete CO_2-bedingte Produktivitätserhöhung der Pflanzen wieder weitgehend ausgeglichen. Gelegentlich wird sogar eine reduzierte Photosynthese-Rate bei Bäumen gemessen, die langfristig erhöhten CO_2-Gehalten ausgesetzt waren. Ursache hierfür ist möglicherweise ein Mangel an Nährstoffen, hervorgerufen durch die zunächst erhöhte Produktivität.

Inwieweit die Wasserbilanz von Pflanzenbeständen bzw. ganzen Regionen durch den erhöhten CO_2-Gehalt der Luft beeinflusst wird, lässt sich derzeit nicht abschätzen. Es gibt Hinweise, dass auch hier ein Regelmechanismus zum Tragen kommt: Zwar kann man bei Einzelpflanzen beobachten, dass der Wasserverbrauch durch die CO_2-induzierte verringerte Spaltöffnungsweite sinkt, dies kann aber im Bestand durch eine stärkere Belaubung kompensiert werden. Unstrittig ist hingegen, dass steigende Sommertemperaturen den Wasserverbrauch der Wälder ansteigen lassen.

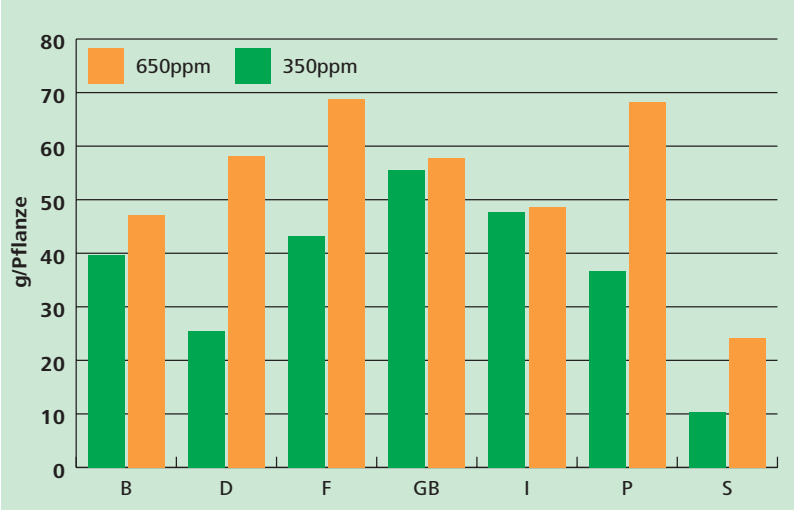


Abb. 1: Biomasse von Jungpflanzen verschiedener Buchenherkünfte aus ganz Europa (B=Bulgarien, D=Deutschland, F=Frankreich, GB=Großbritannien, I=Italien, P=Polen, S=Schweden) nach dreijähriger Anzucht bei normalem (350 ppm) und erhöhtem (650 ppm) CO_2-Gehalt der Luft. Nur einige der Herkünfte reagieren mit einer deutlich gesteigerten Stoffproduktion auf die zunehmende CO_2-Konzentration in der Luft.

Anpassungsfähigkeit von Wäldern

Die bisherigen Klimaprognosen, die meist als globale Mittelwerte angegeben werden, sind noch viel zu undifferenziert, um für einzelne Wuchsgebiete oder gar Bestände Aussagen über Anpassungsanforderungen an Waldbäume zu erlauben. Auf diesen Ebenen muss aber die forstliche Praxis ihre Entscheidungen zur Verjüngung von Wäldern treffen. Die heute aufzuforstenden Bestände sind zudem für Zeiträume konzipiert, die weit über den Prognoserahmen hinausreichen. In dieser Situation gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten.

Gebiete mit sicheren Prognosen

Für Regionen, in denen sich das künftige Klima hinreichend sicher prognostizieren lässt, empfiehlt sich Pflanzenmaterial, dessen Angepasstheit an die erwarteten Bedingungen in so genannten Herkunftsversuchen geprüft ist. Hierbei werden aus dem Saatgut bestimmter Regionen (Herkünfte) Pflanzen angezogen und in verschiedenen Klimaregionen angepflanzt. Ihr Wuchsverhalten wird über Jahre verfolgt.

Solche Versuche sind für wichtige Baumarten europaweit in mehreren Klimaregionen angelegt worden. Dabei fallen Herkünfte auf, die an bestimmten Stellen gut wachsen, an anderen hingegen nicht und solche, die eher unabhängig von den jeweiligen Klimabedingungen ein akzeptables Wachstum aufweisen. Erstere können als Spezialisten für definierte Bedingungen verwendet werden, letztere als Generalisten in Fällen größerer Unsicherheit der Prognose.

Gebiete mit unsicheren Prognosen

Wo die Prognosen unsicher sind, muss das Pflanzenmaterial möglichst anpassungsfähig sein. Die Angepasstheit an äußere Gegebenheiten, zum Beispiel an bestimmte Klimaparameter, ist im Erbgut verankert. Waldbäume haben durch den Beitrag des Vaters und der Mutter mindestens einen doppelten Chromosomensatz, können für jedes Gen also zwei Ausformungen (Allele) besitzen. Je mehr Gene mit verschiedenen Allelen sie haben, desto vielfältiger können sie auf Änderungen der Umwelt reagieren. Auf der Ebene von Populationen existieren oft mehrere verschiedene Allele je Genort, und um diese zu erhalten, sind entsprechend mehrere Bäume notwendig.

Umwelteinwirkungen führen zu genetischen Anpassungen der Populationen. Zwar vollziehen sich bei Waldbäumen Generationswechsel in langen Zeitspannen. Bei älteren, geschlechtsreifen Beständen aber wird fast jährlich eine Samengeneration erzeugt, aus der bei geeigneten waldbaulichen Bedingungen in großer Zahl Sämlinge entstehen, die durch Neukombination der Gene neue Genotypen mit neuen Eigenschaften aufweisen. Von diesen überleben diejenigen am besten, die besonders gut an die herrschenden Umweltbedingungen angepasst sind. Wie anpassungsfähig eine Population ist, hängt also wesentlich von der in dieser Population vorhandenen genetischen Vielfalt ab.

Regionen mit sehr unsicheren klimatischen Prognosen sollten daher Baumpopulationen mit hoher evolutiver Anpassungsfähigkeit aufweisen, damit sichergestellt ist, dass eine Anpassung in unterschiedliche Richtungen erfolgen kann.

Herkunftsforschung

Die genetisch bedingte Angepasstheit an bestimmte Klimabedingungen zeigt

Abb. 2: Unterschiedlicher Austrieb von Herkünften der Traubeneiche aus Dänemark (links) und Österreich (rechts). Die nördliche Herkunft treibt erheblich später aus.

sich bei einigen Merkmalen besonders deutlich. So ist der Termin des Blattaustriebs im Frühjahr stark genetisch kontrolliert. Die Wärmesumme, die erforderlich ist, um den Blattaustrieb auszulösen, variiert zwischen Herkünften aus verschiedenen Klimaregionen beträchtlich (Abb. 2). Das ist auch sinnvoll, denn verfrühtes Austreiben in Regionen mit Spätfrösten kann das Überleben gefährden.

Allerdings kann man nicht so ohne weiteres von dem Verhalten einer Herkunft, welches sie in einer bestimmten Umwelt zeigt, auf ihr Verhalten in einer anderen Umwelt schließen. Nachfolgendes Beispiel zeigt dies anschaulich.

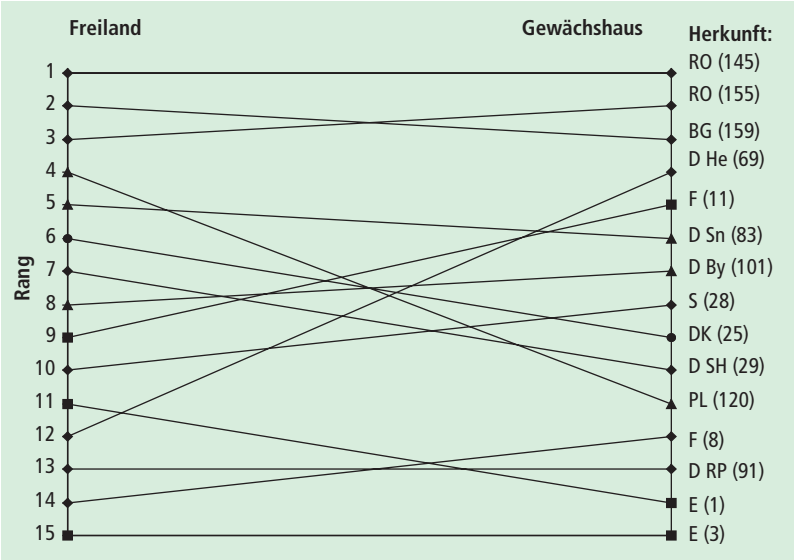


Abb. 3: Rangfolge von 15 Buchen-Provenienzen im Austrieb (1 = früh – 15 = spät) im Freiland (Temperaturmittel 8,2 °C, links) und Gewächshaus (Temperaturmittel 13,9 °C, rechts). Einige Herkünfte behalten die Rangfolge bei oder ändern sie wenig (RO 145 mit Rang 1, D By (101) mit Rang 7 bzw. 8 und E (3) mit Rang 15); andere Herkünfte zeigen erhebliche Rangverschiebungen (PL (120) von Rang 4 auf Rang 11 und D He (69) von Rang 12 auf Rang 4. (aus: Forschungsbericht „Genetische Anpassungsfähigkeit der wichtigsten Waldbaumarten in Deutschland" BMBF 01 LK 9531/4, www.bfafh.de/bibl/pdf/ii_02_01.pdf)

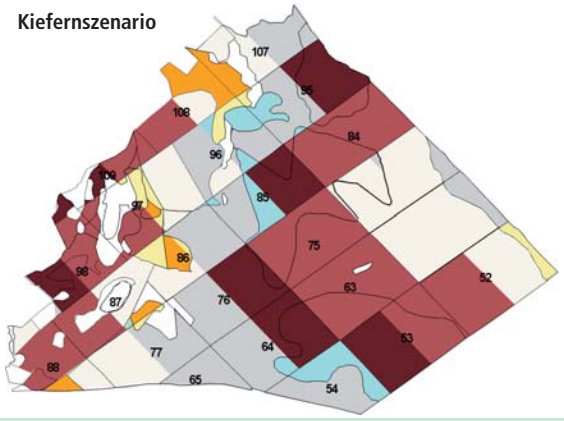
Der Austrieb von 15 Buchenherkünften wurde parallel im Freiland und in einem vergleichsweise warmen Gewächshaus verglichen. Die Herkünfte begannen im Gewächshaus etwa 3 Wochen früher auszutreiben als im Freiland, was wenig überrascht. Von besonderer Bedeutung war aber folgene Beobachtung: Vergleicht man die Reihenfolge, in der die einzelnen Herkünfte unter den verschiedenen Bedingungen austreiben, so zeigt sich, dass es Herkünfte gibt, die ihre Rangfolge beibehalten bzw. nur wenig ändern, während es bei anderen Herkünften beim „Klimawechsel" zu erheblichen Rangverschiebungen kommt (Abb. 3).

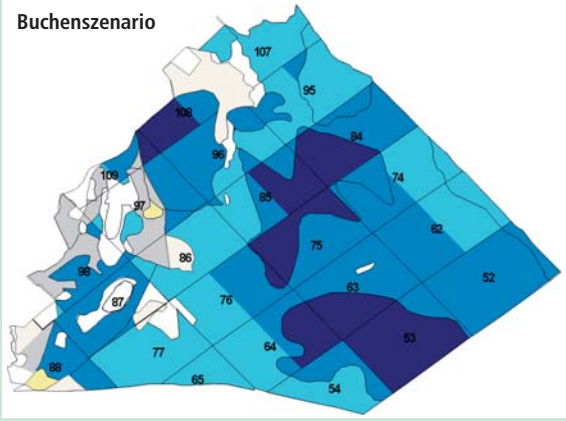
Dieses Beispiel illustriert die Bedeutung der Herkunftsforschung. Dabei ist ein ökosystemarer Ansatz geboten, der andere Arten des Systems mit einbezieht, insbesondere auch Parasiten, die sich an Klimaänderungen infolge ihrer Mobilität und ihrer schnellen Generationenfolge schneller anpassen können als die Waldbäume. Mit DNA-Genmarkern, mit populationsgenetischen Modellen sowie mit der Computer-Simulation stehen wirksame Werkzeuge zur Verfügung, welche auf die Fragen der Anpassung an Klimaänderungen anzuwenden sind.

Aus der Geschichte lernen

Bei der Diskussion über die Anpassung von Wäldern an Klimaänderungen können auch aus der jüngeren Waldgeschichte wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. So haben die großen Rodungen des Mittelalters sowie die anthropogenen Eingriffe in die Baumartenzusammensetzung die Wuchsbedingungen für die heutigen Wälder einschneidend verändert. Die großflächige Abholzung veränderte das Landschaftsklima in Richtung auf kontinentalere Bedingungen: Die Sommer wurden heißer und trockener, die Winter kälter.

Auf großen Teilen der verbliebenen Waldfläche erfolgte darüber hinaus ein Baumartenwechsel. Die heute im norddeutschen Tiefland weit verbreiteten Kiefern-Forsten haben häufig eine geschlossene Bodenvegetation, die erhebliche Mengen Wasser verbraucht. Ihr Waldinnenklima ist lichter, wärmer und trockener als das der ursprünglichen Buchen-domi-





Szenario	Sickerung		
	m³/Jahr	mm/Jahr	% vom Freilandniederschlag
Kiefernforsten	298.762	47	8
Buchenwälder	898.752	140	23

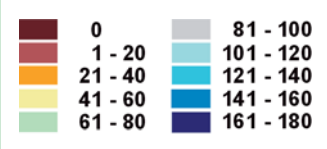


Abb. 4: Tiefensickerung bei unterschiedlicher Waldbestockung am Beispiel eines Forstreviers auf der Talsandterrasse des Choriner Endmoränenbogens (642 ha; 620 mm Jahresniederschlag)

nierten natürlichen Laubwälder. Untersuchungen in Brandenburg zeigen, dass in diesen Buchenwäldern eine bis zu dreifach höhere Tiefensickerung und Grundwasserneubildung im Vergleich zu den Kiefernforsten stattfindet (Abb. 4). Der Landschaftswasserhaushalt kann demnach durch die Rückbesinnung auf die natürliche Waldgesellschaft entscheidend beeinflusst werden.

In Zusammenhang mit der vorhergesagten Klimaveränderung wird in diesen Gebieten auch über den Anbau trockenheitsresistenterer Kiefernarten und -rassen nachgedacht. Die auf vielen Standorten angespannte Wasserhaushaltssituation würde dadurch noch verschärft werden. Besonders im nordostdeutschen Tiefland ist auf nährkräftigen und mittleren Standorten die Umwandlung naturferner Kiefern-Reinbestände in leistungsfähige und stabile Laub-/Nadel-Mischbestände (Abb. 5) ein wichtiger Schritt zu einer zukunftsorientierten Waldbewirtschaftung. Durch Verbesserung des Bestandeswasserhaushaltes wird nicht nur bereits verloren geglaubter Spielraum bei der Begründung und Bewirtschaftung der Wälder zurück gewonnen, sondern zugleich dem prognostizierten Klimatrend entgegen gewirkt.

Doch auch bei der Umwandlung der Wälder in naturnahe Bestände muss darauf geachtet werden, Herkünfte zu verwenden, die möglichst gut an die künftigen Klimabedingungen angepasst sind. Hierzu besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Dr. Wolf-Ulrich Kriebitzsch, Institut für Weltforstwirtschaft; Dr. Florian Scholz, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung; Dr. Siegfried Anders und Dr. Jürgen Müller, Institut für Forstökologie und Walderfassung; Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft; Postfach 800209, 21002 Hamburg. E-Mail: w.kriebitzsch@holz.uni-hamburg.de

Abb. 5: Kiefernaltholz mit Buchenunterbau im nordostdeutschen Tiefland.

Gesucht: Trocken- und hitzeresistente Rebsorten zur Sicherung der Weinqualität

Hellmut Düring (Siebeldingen)

Im Vergleich mit anderen Kulturpflanzen gelten Reben als relativ resistent gegenüber klimatischen Stressfaktoren. Dennoch ist in vielen Weinbaugebieten der Welt die Qualitätsbildung in reifenden Weinbeeren durch Trockenheit und/oder Hitze gefährdet. Auch in Deutschland führen erfahrungsgemäß geringe Niederschläge in der Vegetationsperiode, Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit sowie Dauerbegrünung zum Wassermangel bei Reben, häufig mit negativen Auswirkungen auf die Weinqualität. In den letzten Jahren hat sich diese Situation durch den Klimawandel noch verschärft: Gestiegene Temperaturen und – hiermit verbunden – eine höhere Verdunstung sowie eine ungünstige Niederschlagsverteilung haben im deutschen und europäischen Weinbau vielerorts zur Einführung der Bewässerung geführt. Diese stößt jedoch im Weinbau in aller Regel sehr rasch an ökonomische Grenzen, so dass eine züchterische Lösung verstärkt ins Blickfeld rückt.

Unter Trockenresistenz wird das Vermögen der Reben verstanden, bei Wassermangel nicht nur zu überleben, sondern darüber hinaus einen ausreichenden Ertrag und eine hohe Weinqualität zu garantieren. Die Weinqualität beruht vornehmlich auf hohen Zuckergehalten im Most; allerdings ist sie hiermit allein nur unzureichend beschrieben. Hinzutreten müssen vielmehr, wie Weinkenner wissen, auch eine reife Säure, ein charakteristisches, fehlerfreies Sortenbukett und – bei den Rotweinsorten – eine intensive Farbe.

Da erfahrungsgemäß einige dieser Qualitätskomponenten von der Trockenheit betroffen sind, wurde in den letzten Jahren die zur Zuckerbildung führende Photosynthese bei unzureichend mit Wasser versorgten Reben untersucht. Dieser Prozess reagiert sehr empfindlich auf Änderungen einzelner Umweltfaktoren und ist bei Wassermangel eingeschränkt. Von starker Trockenheit und hohen Temperaturen können auch die Beerenhaut und die unmittelbar darunter liegenden Gewebe betroffen sein, in denen wichtige qualitätsbildende Prozesse wie die Farbstoff-, Phenol- und Aromastoffbildung bei extremer Witterung zum Erliegen kommen. Dies führte in den letzten Jahren vermehrt zum Auftreten von ‚Sonnenbrand'-Schäden.

Trockenresistenz von Rebsorten

Da Reben in klimatisch sehr unterschiedlichen Regionen der Erde angepflanzt werden, bestand von Anfang an die berechtigte Hoffnung, Sorten mit hoher Trockenresistenz zu finden.

Allerdings ergeben sich bei der Bewertung von Rebsorten hinsichtlich ihrer Trockenresistenz eine Reihe von Schwierigkeiten:

- Das Merkmal beruht auf einer Vielzahl von komplexen Prozessen, die dazu beitragen, dass bei Wassermangel keine oder nur geringe Zell- oder Gewebeschäden auftreten und der Stoffwechsel sich an die Stresssituation anpasst. Das Ausmaß dieser im Stressverlauf erworbenen Anpassungsbereitschaft ist genetisch fixiert, kann aber durch Stressdauer und -intensität verändert

Abb. 3: Das ‚Sonnenbrand-Syndrom' im Weinberg

werden. Detaillierte Kenntnisse dieses sortentypischen Abhärtungsvermögens sind eine wichtige Voraussetzung für die Beurteilung der Trockenresistenz einer Sorte.

- Trockenheit ist im Weinberg nahezu immer mit anderen Stressfaktoren, etwa hoher Strahlung und hohen Temperaturen, verbunden; dies ist bei der Interpretation von Befunden, die im Labor gewonnen werden, zu berücksichtigen.
- Im Rahmen der im Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof ausschließlich verfolgten Edelreiszüchtung haben wir uns auf die Trockenresistenz von Edelreissorten konzentriert. In der Weinbaupraxis sind allerdings stets zwei genetisch sehr unterschiedliche Pfropfpartner von der Trockenheit betroffen, der Wurzelteil im Boden (die Unterlage) und der oberirdische Spross (das Edelreis). Da beide Pfropfpartner bei Trockenheit in vielfältiger Wechselwirkung stehen, muß eine abschließende Beurteilung der Trockenresistenz stets auch die Interaktionen zwischen Edelreis- und Unterlagssorte berücksichtigen.

Trockenresistente Rebsorten unterscheiden sich von trockenempfindlichen unter anderem in der Effizienz, mit der sie die knappe Ressource Wasser nutzen. Dieses Merkmal kann zur Sortendifferenzierung herangezogen werden.

Photosynthese und Transpiration: eine ‚Nutzen-Kosten-Analyse'

Die Transpiration der Rebblätter hängt fast ausschließlich von der Öffnungsweite der Poren (Spaltöffnungen) ab, die sich bei Wassermangel schließen. Damit ist zwar eine Einsparung bei der Wasserabgabe, der ‚Kosten', gegeben, gleichzeitig ist aber von der Porenschließung auch die Aufnahme des für die Photosynthese bedeutsamen CO_2, der ‚Nutzen', betroffen.

Langjährige Untersuchungen haben gezeigt, dass Reben – anders als andere Arten wie etwa Sonnenblumen – bei abnehmender Wasserversorgung sehr empfindlich reagieren, indem sie die Transpiration stärker einschränken als die Photosynthese. Abbildung 1 zeigt, dass die Wassernutzungseffizienz mit zunehmender Trockenheit und geringer werdender Porenweite zunimmt, wobei die Werte der trockenresistenten Sorte ‚Riesling' in allen Fällen über denen der trockenempfindlichen Sorte ‚Müller-Thurgau' liegen.

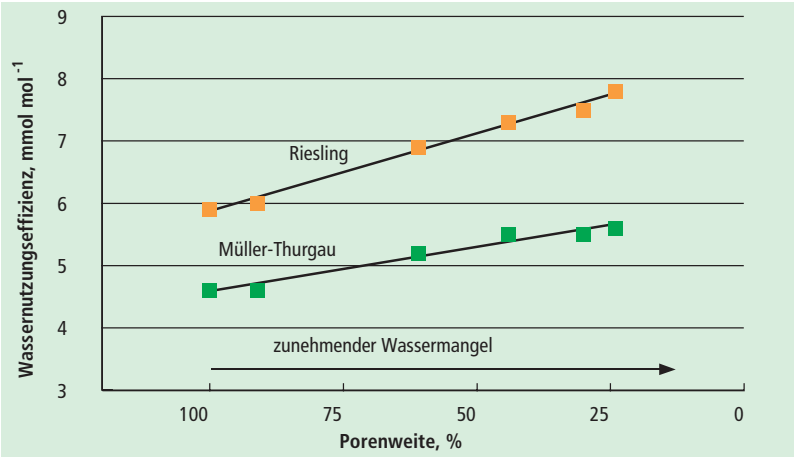


Abb. 1: Die Wassernutzungseffizienz der Sorten Müller-Thurgau (trockenempfindlich) und Riesling (trockenresistent) in Abhängigkeit von der Porenweite bei zunehmendem Wassermangel

Anders also als die ‚risikofreudigen' Sonnenblumen, die auch bei Wassermangel ihre Poren geöffnet haben und damit bei hohen Wasserverlusten bis zur Blattwelke eine hohe Photosyntheseleistung ermöglichen, vermeiden die meisten der untersuchten Rebsorten ein Risiko, indem sie ihre Poren teilweise schließen und somit eine Optimierung im ‚Nutzen-Kostenverhältnis' herbeiführen.

Auf der Suche nach einer Schnellmethode zur Bestimmung der Wassernutzungseffizienz von Rebsorten wurde in Modellversuchen die Photosynthese und Transpiration von Blättern gemessen, deren Poren sich nach Durchtrennen des Blattstiels mit abnehmendem Wassergehalt rasch schließen. Die Abbildungen 2a und 2b zeigen die rasche Abnahme von Photosynthese (A) und Transpiration (E) nach Durchschneiden des Blattstiels zum Zeitpunkt 0 bei den Sorten Müller-Thurgau (trockenempfindlich) und Riesling (trockenresistent). Man erkennt, dass die Wassernutzungseffizienz (A/E) in welkenden Blättern der Sorte Riesling höhere Werte erreicht als in Blättern der Sorte Müller-Thurgau.

Diese Methode liefert also eine rasche Information über die Fähigkeit einer Sorte zur Optimierung ihrer Porenweite bei Wassermangel.

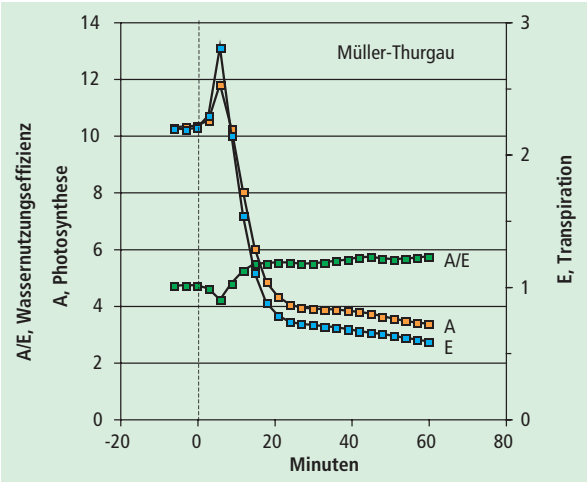
Das „Sonnenbrand-Syndrom"

Schäden an Weinbeeren, in seltenen Fällen auch an Blättern, wurden in den letzten Jahren immer dann beobachtet, wenn bei sommerlicher Trockenheit die Lufttemperaturen über 35 °C stiegen (vgl. auch ForschungsReport 1/2000). Bei diesem „Sonnenbrand-Syndrom" vertrocknen einzelne Beeren sonnenexponierter Trauben ganz oder teilweise mit negativen Auswirkungen auf die Most- und Weinqualität (Abb. 3).

Diese Hitzeschäden bei Weinbeeren traten ausschließlich vor Beginn der Reifungsphase auf. Nur in dieser Entwicklungsphase geben die Weinbeeren – ähnlich wie Blätter – Wasser über die Poren der Beerenhaut ab, was, zumal bei eingeschränkter Wasserversorgung im Boden, zum Eintrocknen der Beeren führen kann. Beobachtungen im Weinberg machten deutlich, dass nach Hitzeperioden die einzelnen Sorten unterschiedlich stark betroffen waren. Während etwa ‚Siegerrebe' oder ‚Regent' keine nennenswerten Schäden davon trugen, waren ‚Bacchus', und ‚Müller-Thurgau' regelmäßig am stärksten betroffen.

Rasche Sortenbeurteilung im Labor

Erst wenn sortentypische Unterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber hohen



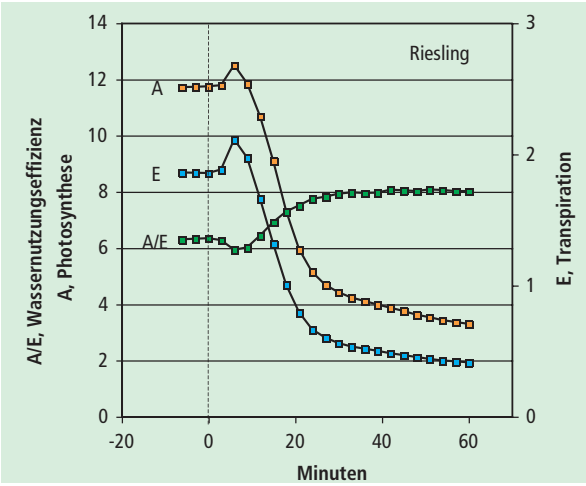


Abb. 2: Photosynthese (A), Transpiration (E) und Wassernutzungseffizienz (A/E) nach dem Durchtrennen der Blattstiele bei den Sorten Müller-Thurgau (a) und Riesling (b)

Temperaturen unter kontrollierten Bedingungen zweifelsfrei nachweisbar sind, besteht Aussicht, die Vererbung dieses Merkmals zu untersuchen und züchterisch, etwa durch eine gezielte Auswahl von Elternpflanzen, die Widerstandsfähigkeit neuer Sorten gegenüber hohen Temperaturen zu verbessern.

Hierzu wurden im Labor einzelne Beeren von insgesamt 31 deutschen, italienischen und französischen Rebsorten während ihrer empfindlichen Entwicklungsphase bis zu fünf Stunden einer Temperatur von 40 °C ausgesetzt und anschließend auf Schäden untersucht. Diese einfachen Untersuchungen bestätigen weitgehend unsere Beobachtungen im Freiland. Es wurde deutlich, dass das sortentypische Schadensausmaß witterungsabhängig ist – im sehr heißen Sommer 2003 waren die Weinbeeren aller Sorten von der Wärmebehandlung im Labor stärker betroffen als in den Jahren 2002 und 2004. Trotzdem ist in allen drei Jahren eine sortentypische Empfindlickeit festzustellen. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt der Untersuchungen.

Fazit

Bei der Züchtung trockenresistenter Rebsorten kommt es vor allem darauf an, die Wassernutzungseffizienz zu erhöhen. Dies kann durch eine verringerte Porenweite erzielt werden, wobei zugleich eine Feinabstimmung der einzelnen Photosyntheseprozesse mit der abnehmenden Wasserverfügbarkeit der Rebe notwendig wird.

Versuche haben gezeigt, dass bei einem leichten Wassermangel die Transpiration deutlich, die Photosynthese dagegen in geringerem Umfang abnimmt. Dies führte bei trockenresistenten Reben nicht nur zu einer Steigerung der Wassernutzungseffizienz, auch das Triebwachstum verlangsamte sich, ohne dass die Zuckereinlagerung in die Trauben negativ beeinflusst wurde – ein durchaus erwünschter Effekt.

Bei den auf ihre Sonnenbrand-Empfindlichkeit untersuchten Reben waren sehr deutliche sortentypische Unterschiede festzustellen, so dass es aussichtsreich erscheint, dieses Merkmal bei der züchterischen Selektion zu berücksichtigen. Allerdings sind zuvor im Hinblick auf die große Zahl der bereits zu berücksichtigenden Zuchtziele alle weinbaulichen Maßnahmen auszuschöpfen, um Schäden zu verhindern. Hierzu zählt vor allem der Schutz der Trauben durch die Blätter. Die häufig empfohlene frühzeitige Entlaubung der Traubenzone könnte möglicherweise verschoben werden und erst nach dem Einsetzen der Beerenreife erfolgen.

Prof. Dr. Hellmut Düring, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof, 76833 Siebeldingen. E-Mail: h.duering@bafz.de

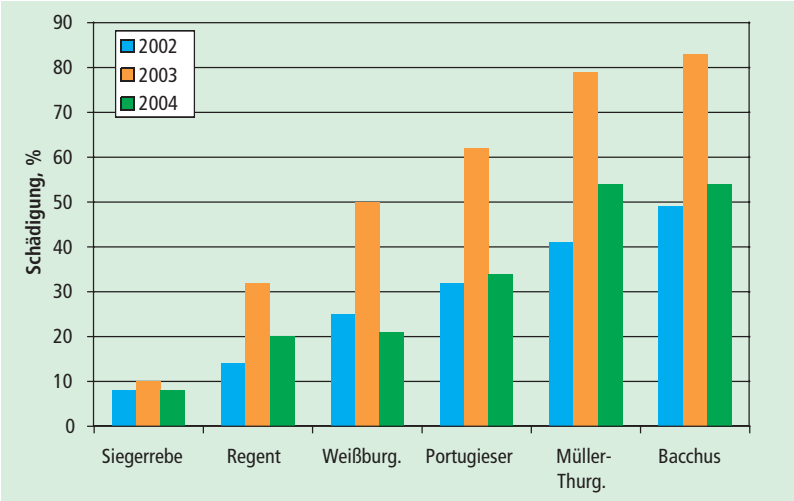


Abb. 4: Ergebnisse von Labortests in den Jahren 2002–2004: Anteil der geschädigten Weinbeeren nach Lagerung bei 40 °C im Brutschrank

Sechsbeinige Chemiker helfen im Pflanzenschutz

Jürgen Gross (Dossenheim)

Abb. 1: Die Blumenwanze Anthocoris nemorum attackiert eine Blattkäferlarve (Chrysomela lapponica) mittels ihres langen Stechrüssels.

Insekten haben im Laufe der Evolution eine Reihe von auffälligen Verteidigungsformen gegen Fressfeinde entwickelt. Das Repertoire reicht von mechanischen Schutzmechanismen wie Dornen oder Panzerungen bis hin zu einem ganzen Waffenarsenal der chemischen Kriegsführung. Einige Insekten produzieren offenbar auch hochwirksame antimikrobielle Substanzen, um sich gegen Krankheitserreger zu schützen. Im Institut für Pflanzenschutz im Obstbau der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) ist man diesen Wirkstoffen auf der Spur. Lassen sie sich womöglich auch gegen Erreger von Pflanzenkrankheiten einsetzen? Das könnte neue Perspektiven für den Pflanzenschutz der Zukunft eröffnen.

Wandelnde chemische Fabriken

Die meisten der etwa eine Million bisher beschriebenen Insektenarten sind Pflanzenfresser. Als Pflanzen- und Vorratsschädlinge vernichten Insekten weltweit etwa 10 % der jährlichen Pflanzenproduktion. Viele dieser Arten treten in beträchtlicher Anzahl an ihren Wirtspflanzen auf, so dass diese Anhäufungen auch ein besonders reiches Nahrungsangebot für Gegenspieler wie Vögel oder räuberische Insekten bieten. So erscheint es nicht verwunderlich, dass sich die potenziellen Opfer durch die unterschiedlichsten Verteidigungsmechanismen schützen.

Viele Insekten haben sich dabei zu wandelnden chemischen Fabriken entwickelt. In speziellen Drüsen wird eine große Vielfalt an giftigen oder übel riechenden chemischen Verbindungen wie Alkoholen, Alkaloiden, Herzglykosiden oder gar Blausäure produziert. Diese Substanzen werden häufig zur Verteidigung gegen angreifende Räuber eingesetzt. Dazu werden sie entweder auf der eigenen Körperoberfläche verteilt (z. B. Wanzen, manche Käfer), direkt auf die Angreifer gespritzt (Ameisen) oder in deren Körper injiziert (Bienen, Wespen). Der Bombardierkäfer erzeugt durch chemische Reaktionen in speziellen Kammern des Körpers sogar kochend heiße Sekrete und verspritzt diese bei Bedrohung unter deutlich hörbarem Knallen. Die mit Verteidigungsstoffen gefüllten Drüsenreservoire einiger Blattkäferlarven werden luftballonartig auf kleinen Erhebungen des Körpers ausgestülpt. Hungrige Marienkäfer oder Ameisen, die mit den aggressiven Sekreten in Kontakt kommen, lassen sich dadurch meist abschrecken. Allerdings sind die Sekrete häufig wirkungslos gegen räuberische Wanzen, die aufgrund ihres langen Stechrüssels den direkten Kontakt weitgehend vermeiden können (Abb. 1). Manche Drüsensekrete von Insekten dienen auch dazu, Nahrungskonkurrenten – sowohl der eigenen als auch anderer Arten – fernzuhalten.

Sekrete töten Pilze und Bakterien

Eine weitere, bisher unbekannte Wirkung dieser Drüsensekrete konnten wir in Laboruntersuchungen am BBA-Institut für Pflanzenschutz im Obstbau in Dossenheim (Bergstraße) nachweisen. Auf Agarplatten, die mit einem Bakterium, zum Beispiel dem insektenpathogenen *Bacillus thuringiensis* beimpft waren, wurden die Drüsensekrete verschiedener Schädlinge bzw. einzelne synthetisch hergestellte Sekretkomponenten aufgetragen. Nach dem Bebrüten zeigte sich auf den Platten ein gleichmäßiger Bakterienrasen, nur rund um die Auftragungsstellen war das Wachstum der Bakterien mehr oder weniger stark gehemmt (Hemmhof, Abb. 2). Mit Hilfe dieser so genannten Agardiffusionstests und weiterer Nachweismethoden konnte die antimikrobielle Wirkung etlicher insektenbürtiger chemischer Verbindungen gegen verschiedene Stämme von Bakterien und Pilzen nachgewiesen werden (Abb. 3).

Solche antimikrobiell aktiven Sekrete wurden von uns bisher bei den Larven einiger Schadinsekten aus den Gruppen der Blattkäfer (z. B. Meerrettich- und Pappelblattkäfer) und der Blattwes-

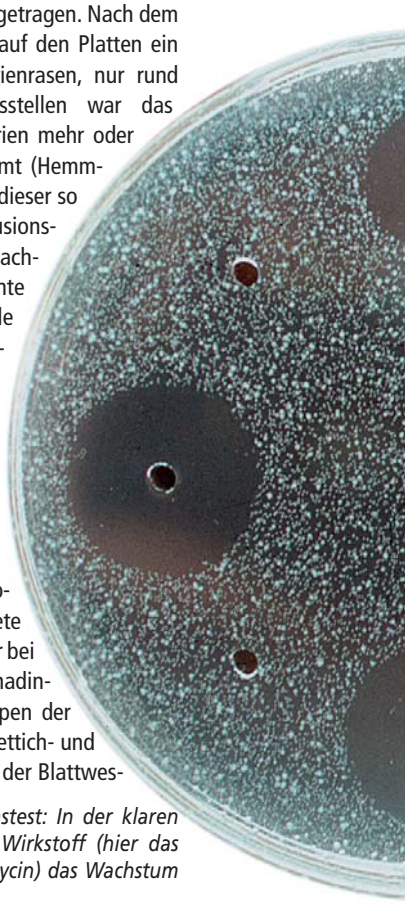


Abb. 2: Agardiffusionstest: In der klaren Zone verhindert der Wirkstoff (hier das Antibiotikum Gentamycin) das Wachstum von Bakterien.

pen (z. B. Apfel- und Pflaumensägewespe) entdeckt. In speziellen Drüsen, die sich entweder paarig entlang des Rückens (Blattkäfer, Abb. 4), oder unpaar auf dem Bauch zwischen den Bauchfüßen (Blattwespen) befinden, bilden die Tiere leicht flüchtige Substanzen, die unterschiedlichen chemischen Gruppen angehören, wie den Monoterpenen, Aldehyden, Alkoholen oder Carbonsäuren. Sie treten in teils sehr hohen Konzentrationen aus und verdunsten.

Die biologische Bedeutung

In Experimenten mit lebenden Larven, die von uns mit insektenpathogenen Pilzen kontaminiert wurden, konnten wir nachweisen, dass deutlich mehr Tiere überlebten, wenn sie über ihre vollen Drüsenreservoire verfügten, als wenn die Reservoire zuvor entleert worden waren (Abb. 5a, b). Die Sekrete schützen ihre Erzeuger also tatsächlich vor Infektionen. Dies geschieht offenbar dadurch, dass die leicht flüchtigen Drüsensekrete die Tiere in eine Wolke aus antimikrobiellen Wirkstoffen einhüllen. So wird die Keimung von Sporen krankmachender Pilze, die auf die Körperoberfläche der Insekten gelangen, verhindert und in der Folge auch das Eindringen der Pilze in den Körper. Zusätzlich werden durch die antimikrobielle Wolke wahrscheinlich auch Bakterien abgetötet, die sich auf den Futterpflanzen befinden, bevor sie gefressen werden. Somit werden die Schädlinge durch ihre Drüsensekrete vor Infektionen mit insektenpathogenen Pilzen und Bakterien geschützt. Es handelt sich dabei um einen bisher unbekannten Verteidigungsmechanismus, der dem Immunsystem vorgeschaltet ist und von uns erstmalig bei den Insekten nachgewiesen wurde.

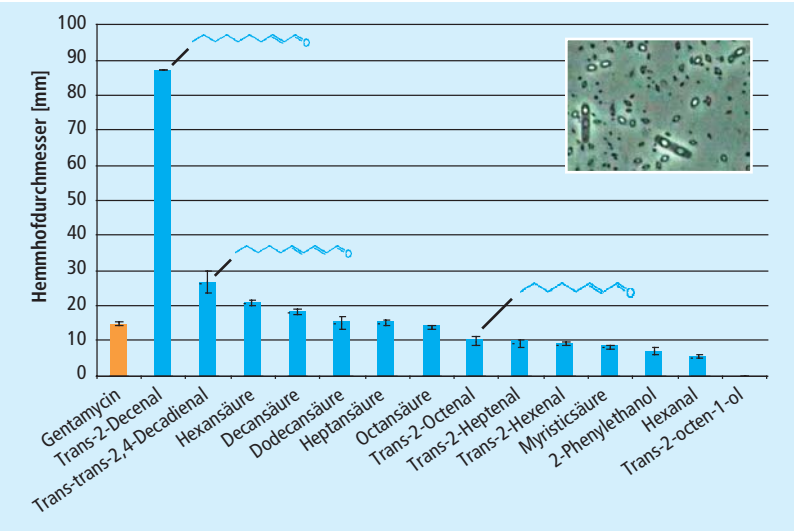


Abb. 3: Antibakterielle Wirkung einiger Komponenten der Larvalsekrete der Apfel- und Pflaumensägewespe im Vergleich mit dem Antibiotikum Gentamycin: Ergebnisse der Agardiffusionstests mit Bacillus thuringiensis tenebrionis.

Konsequenzen für den biologischen Pflanzenschutz

Im „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz" wird unter anderem gefordert, dass biologische und biotechnische Verfahren zur Schädlingsbekämpfung verbessert und weiter ausgebaut werden. Gerade für den biologischen Pflanzenschutz haben die geschilderten Ergebnisse Konsequenzen. Will man etwa Schädlinge wie Sägewespen oder Blattkäfer mit insektenpathogenen Pilzen oder Bakterien bekämpfen, so muss man ins Kalkül ziehen, dass solche Präparate aufgrund der besonderen antimikrobiellen Verteidigung dieser Schädlinge relativ schlecht wirken. Neue Stämme der Pathogene, die gegen diese tierischen Abwehrstoffe resistent sind und damit den Wirkungsgrad der Präparate erhöhen, können aber im Labor selektiert werden.

Es ist davon auszugehen, dass die beschriebenen Schutzmechanismen nicht nur bei den von uns untersuchten Schädlingen vorkommen, sondern weiter verbreitet sind als bisher bekannt. Ein weites Feld also für künftige Forschungsarbeiten.

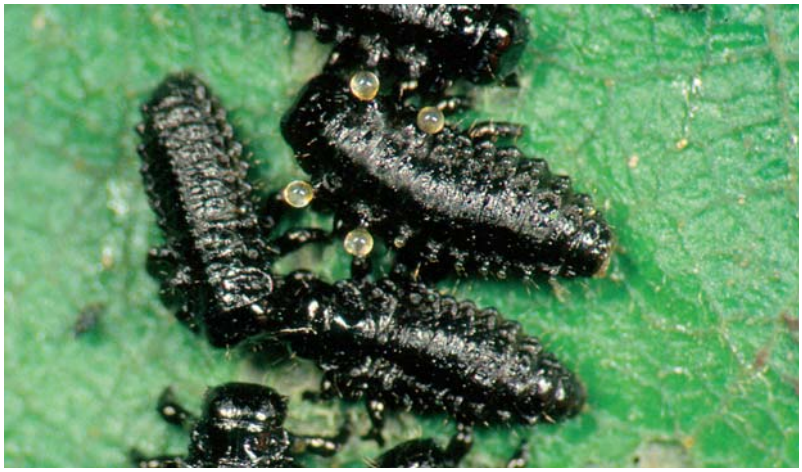


Abb. 4: Lage der exokrinen Drüsen bei einer Blattkäferlarve. Einige der dorsolateral angeordneten Drüsenreservoire sind ausgestülpt, die Sekrettröpfchen sind zu sehen.

Neue Wirkstoffe für den Pflanzenschutz

Das Beziehungsgefüge zwischen Insekten und der landwirtschaftlichen Produktion ist vielschichtig – mit positiven wie auch negativen Vorzeichen. Als Pflanzen fressende Primärschädlinge und als Überträger von Pflanzenkrankheiten verursachen Insekten weltweit große Schäden.

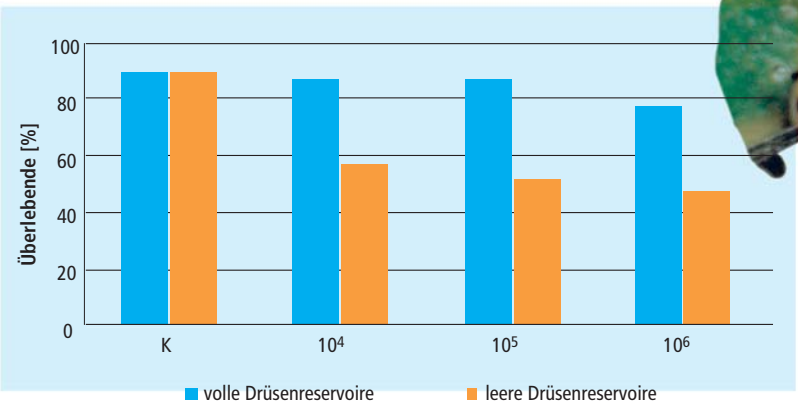


Abb. 5a: Antifungale Wirkung des Larvalsekretes des Blattkäfers Phratora vitellinae auf den insektenpathogenen Pilz Beauveria bassiana in vivo

Abb. 5b: Einer Blattkäferlarve (Chrysomela vigintipunctata) werden mittels einer Glaskapillare die Drüsenreservoire entleert.

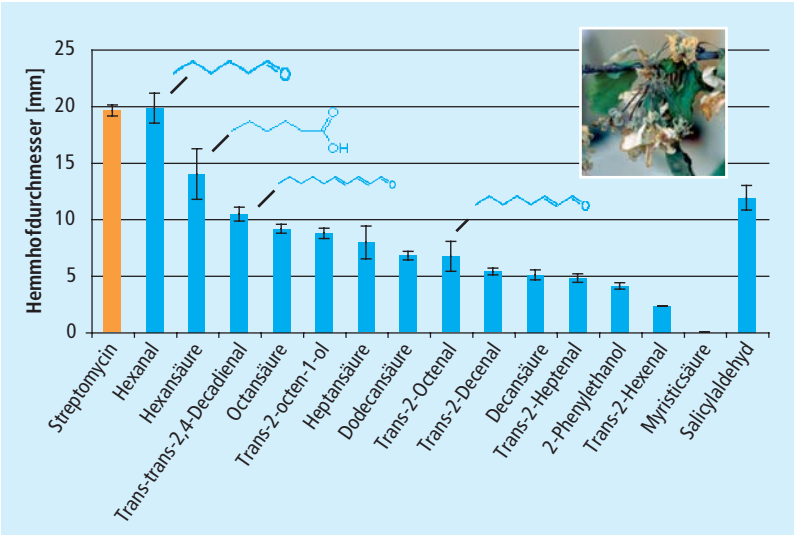


Abb. 7: Antibakterielle Wirkung einiger Komponenten der Larvalsekrete von Blattkäfern, Apfel- und Pflaumensägewespe: Ergebnisse der Agardiffusionstests mit Erwinia amylovora, dem Erreger des Feuerbrands bei Kernobst. Gelbe Säule: Zum Vergleich das bisher zur Bekämpfung eingesetzte Antibiotikum Streptomycin.

Andere Arten sind dagegen für die land- und forstwirtschaftliche Produktion von hohem Wert: Sei es als Blütenbestäuber oder als Gegenspieler von Schädlingen in Form von räuberischen oder parasitischen Nützlingen. Möglicherweise können wir bald einen weiteren, bislang kaum beachteten Aspekt hinzufügen: Insekten als Produzenten neuer Pflanzenschutzmittel.

Denn während Pflanzenextrakte, wie zum Beispiel Neem- oder Quassia-Extrakte, als Ressourcen für neue Wirkstoffe im Pflanzenschutz schon seit vielen Jahren untersucht und zum Teil bereits in der Praxis angewendet werden, sind von Insekten produzierte Substanzen nur in verschwindend geringem Maß auf eine Verwendung in Medizin und Pflanzenschutz untersucht worden. In Anlehnung an das neue Gebiet der „Pharmazeutischen Entomologie" (Gewinnung neuer Wirkstoffe für Medikamente aus Insekten) schlagen wir für die Forschung nach insektenbürtigen Wirkstoffen, die für einen Einsatz im Pflanzenschutz in Frage kommen könnten, den Begriff „Phytopathologische Entomologie" vor.

Obwohl die Untersuchungen erst am Anfang stehen, konnten wir bereits nachweisen, dass einige der von den Insekten produzierten antimikrobiellen Substanzen auch toxisch gegenüber Erregern von Pflanzenkrankheiten sind. So wirken beispielsweise einige der Komponenten aus den Sekreten der Apfel- und Pflaumensägewespe (*Hoplocampa testudinea* und *H. flava*) im Labor hemmend auf das Wachstum des Feuerbranderregers *Erwinia amylovora*, der jährlich beim Kernobst Schäden in Millionenhöhe verursacht (Abb. 7). Auch die Keimung von Sporen des Apfelschorfes *(Venturia inaequalis)*, eine der bedeutendsten Pilzkrankheiten des Apfels, wird durch von Insekten produzierte Naturstoffe (Karbonsäuren und aliphatische Aldehyde) gehemmt.

Bis sich zeigen wird, ob diese chemischen Verbindungen auch unter Praxisbedingungen wirken, ist es noch ein langer Weg. Aber vor dem Hintergrund wechselnder Produktionsbedingungen, zunehmender Resistenzbildung und neuer Zulassungsbeschränkungen für Pflanzenschutzmittel ist es notwendig, neue Richtungen aufzuzeigen. So ist gerade die Bekämpfung von bakteriellen Pflanzenkrankheiten wie dem Feuerbrand in der Praxis derzeit nur sehr schwer möglich, da Antibiotika aus vorsorglichen Gesundheitsaspekten nicht großräumig im Freiland ausgebracht werden sollen und bisherige Alternativpräparate nicht hinreichend wirksam sind.

Das Studium der chemisch-ökologischen Beziehungen zwischen Insekten und Pflanzen könnte eine neue Tür zur Pflanzenschutzforschung des 21. Jahrhunderts öffnen.

Dr. Jürgen Gross, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Schwabenheimer Str. 101, 69221 Dossenheim. E-Mail: j.gross@bba.de

Ernährung der Hochleistungsmilchkuh

Neue Herausforderungen an die Forschung

Jürgen Voigt, Wilhelm Kanitz, Falk Schneider, Frank Becker, Ulrike Schönhusen, Cornelia C. Metges, Hans Hagemeister (Dummerstorf) und Dietz Precht (Kiel)

Milch und ihre Produkte sind hochwertige und beliebte Nahrungsmittel. Sie enthalten neben Eiweiß, Fett und Kohlenhydraten nicht nur wichtige Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine, ihr Gesundheitswert ist auch durch den Gehalt an spezifischen Fettsäuren, insbesondere konjugierten Linolsäuren (CLA), begründet. Der Verbraucher erwartet heute schmackhafte Milch und Milchprodukte, die von gesunden, sich wohl fühlenden, fruchtbaren Kühen stammen und sich durch einen hohen Gesundheitswert auszeichnen. Ein Schlüssel dazu liegt in der Ernährung der Milchkühe.

Milchproduktion auf hohem Stoffwechselniveau

In der Milchproduktion vollzieht sich seit Jahren eine Entwicklung, die in diesem Ausmaß früher nicht absehbar war. Ökonomische Zwänge führten zu einem kontinuierlichen Anstieg der jährlichen Milchmenge je Kuh. In der Bundesrepublik Deutschland beträgt die mittlere Milchleistung je Kuh und Jahr gegenwärtig 7.350 kg mit 3,4 % Eiweiß und 4,16 % Fett. Der jährliche Zuwachs betrug in den letzten 10 Jahren 140 kg/Kuh. Ein Ende dieses Anstiegs ist vorerst nicht abzusehen. Einzelkuhleistungen von über 15.000 kg/Jahr und Herdenleistungen von über 10.000 kg/Jahr sind nicht selten zu beobachten. In Israel liegt die landesweite mittlere jährliche Milchleistung deutlich über 10.000, in Japan über 8.500 kg/Kuh.

Der Leistungsanstieg vollzieht sich auf der Grundlage des erreichten Zuchtfortschrittes. Der Stoffwechsel der Hochleistungskuh ist hormonell so reguliert, dass nach dem Einsetzen der Laktation die Milchdrüse auf Kosten anderer Organe bevorzugt mit Nährstoffen versorgt wird. Bei unzureichender Nährstoff- bzw. Energieaufnahme mit dem Futter wird mehr Körpergewebe ab- als aufgebaut – die Kuh magert ab. In Phasen geringerer Milchabgabe gleicht die Kuh diesen Körperverlust wieder aus. Dabei ist Insulin das Schlüsselhormon. Es bewirkt, dass die Nährstoffe des Blutes, vor allem Glucose, im Körpergewebe in Fett überführt werden. Wie Hochleistungssportler besitzen auch Hochleistungskühe sehr niedrige Insulinspiegel im Blut. Der physiologische Effekt: Die verfügbaren Nährstoffe im Blut gehen in geringerem Ausmaß in das Körpergewebe über und stehen dem Sportler für seinen hohen Energiebedarf bzw. der Kuh für die Milchsynthese im Euter zur Verfügung.

Abb. 1: Nährstoffbilanz einer Milchkuh in der Phase der höchsten Leistung.

Futter		Milch
25 bis 26 kg	Trockensubstanz	6,0 bis 6,5 kg
15 bis 16 kg	Kohlenhydrate	2,3 bis 2,4 kg
4,5 bis 5,0 kg	Rohprotein	1,6 bis 1,8 kg
0,6 bis 0,8 kg	Rohfett	1,8 bis 2,0 kg
400 bis 430 MJ	Energie	155 bis 160 MJ

Das Problem

Die Inanspruchnahme von Körpersubstanz für die Milchsynthese ist bis zu einem gewissen Ausmaß für die Hochleistungskuh als physiologisch normal anzusehen und kann auf den Stoffumsatz von Tieren in freier Wildbahn zurückgeführt werden, die in Zeiten guter Futterversorgung Fett ansetzen, um es in Mangelzeiten zu nutzen. In den ersten 12 Laktationswochen nach der Geburt verliert die Kuh Körpermasse, zwischen der 2. bis 6. Woche täglich bis zu 1,5 kg. In der letzten Laktationsphase wird dieser Substanzverlust wieder kompensiert.

Aus energetischer Sicht ist diese zweifache Stoffumwandlung (Futterenergie in Körperenergie und Körperenergie in Milchenergie) jedoch als nachteilig anzusehen, weil jede Transformation mit Verlusten verbunden ist. Hinzu kommt, dass ein extrem hohes Energiedefizit (Energieaufnahme mit dem Futter minus Energiebedarf für Körpererhaltung und Milchabgabe) intensive Stofftransformationen be-

wirken, die die Leistungsfähigkeit besonders der Leber überfordern. Außerdem kann es zu Ungleichgewichten an einzelnen Stoffwechselprodukten kommen, die kompensiert werden müssen. Die möglichen Folgen: Für die Leber besteht die Gefahr der Verfettung, in die Milch gelangen in höherer Konzentration unerwünschte Stoffwechselprodukte wie Aceton und Harnstoff, und die Eierstöcke werden nicht mit genügend Energie versorgt, sodass sich die Uterusinvolution verzögert und die Kuh nicht empfängnisbereit ist.

Bei der Zucht ist in erster Linie auf die Erhöhung der Milchleistung geachtet worden, das Futteraufnahmevermögen trat demgegenüber in den Hintergrund und wurde nicht in gleicher Weise verbessert. Dadurch ist die Differenz zwischen der Energieaufnahme mit dem Futter und der Energieabgabe mit der Milch größer geworden. Folge ist, dass sich mit dem Leistungsanstieg die Trächtigkeitsrate (Anteil tragender Kühe nach ein- oder mehrmaliger Besamung) im Mittel deutlich verringert hat, was sich ungünstig auf die Lebensleistung der Kuh auswirkt. Eine hohe Milchleistung muss aber nicht zwangsläufig mit einer verringerten Fruchtbarkeit einhergehen. Wenn Ungleichgewichte im Stoffwechsel rechtzeitig erkannt oder besser vermieden werden, kann die Fruchtbarkeitsrate auch bei Hochleistungskühen durchaus befriedigend sein.

Stoffumsatz der Milchkuh

Eine Kuh mit einer Milchleistung von 10.000 kg/Laktation (305 Tage) gibt in der Phase der höchsten Leistung (etwa 4. bis 8. Laktationswoche) täglich 50 kg Milch und mehr. Die dazugehörige Nährstoffbilanz ist in Abbildung 1 dargestellt.

Für die Höhe der Milchleistung ist entscheidend, wie viel Glucose der Milchdrüse für die Synthese des Milchzuckers (Lactose) zur Verfügung steht, da der Lactosegehalt der Milch mit 4,8 % relativ konstant ist (aus Gründen des osmotischen Gleichgewichts). Zwei Punkte sind wesentlich:

1. Infolge der mikrobiellen Umsetzungen in den Vormägen der Kuh wird im Darm pro Tag höchstens 1 kg Glucose absorbiert. Der überwiegende Teil des Glucosebedarfs von ca. 3,6 kg muss daher in der Leber durch Neusynthese bereitgestellt werden, vor allem aus Produkten der Fermentation der Kohlenhydrate und Proteine (Propionsäure, Aminosäuren) in den Vormägen. Die Glucoseneubildung ist ein energieaufwändiger Vorgang. Sie verläuft über Oxalacetat, das auch im Citratzyklus benötigt wird (Abb. 2). Fehlt es, kommt es zur verstärkten Bildung von Ketonkörpern – in

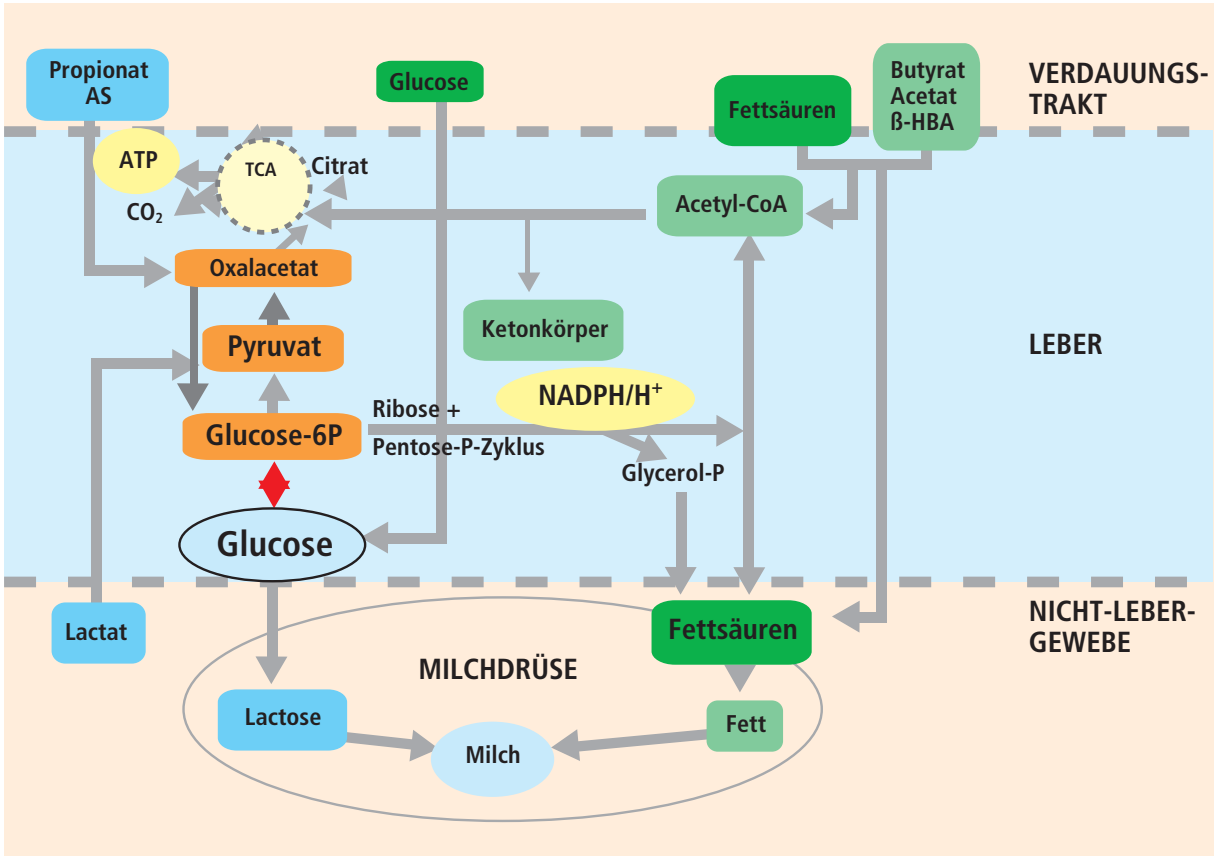


Abb. 2: Vereinfachtes Schema des Nährstoffumsatzes bei der Milchkuh. Die Glucose-Neubildung ist die wesentliche Quelle des Glucoseeintritts in den Stoffwechsel. Das dafür benötigte Oxalacetat wird aber auch für die Oxidation von Acetyl-CoA im Citratzyklus (TCA) benötigt. Fehlt es, kommt es zur Bildung von Ketonkörpern. Die aus dem Verdauungstrakt absorbierten langkettigen Fettsäuren umgehen den Leberstoffwechsel und gelangen direkt zur Milchdrüse. Dadurch wird die Synthese von Fettsäuren und folglich auch die dafür benötigte Glucosemenge reduziert. Die so eingesparte Glucose steht in der Milchdrüse für die Lactosesynthese zusätzlich zur Verfügung.

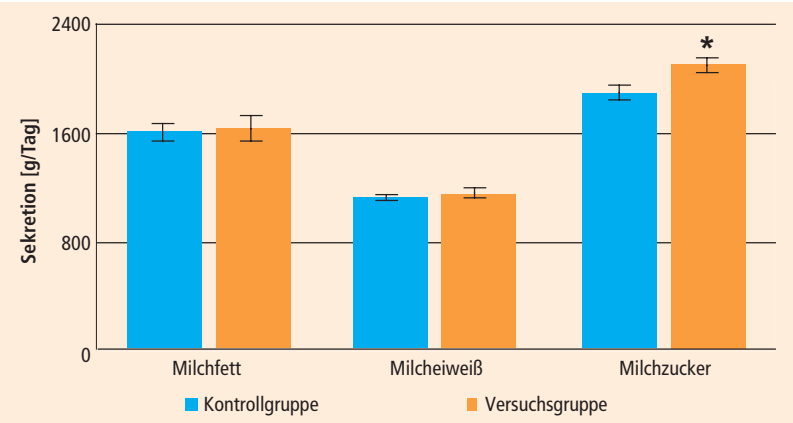


Abb. 3: Ausscheidung von Fett, Eiweiß und Milchzucker (Lactose) mit der Milch von Kühen in der 4. bis 14. Laktationswoche. In der Diät der Versuchsgruppe waren 1,8 kg Stärke der Kontrollration durch geschütztes Fett ersetzt. Die Kühe der Versuchsgruppe gaben täglich im Mittel 3,6 kg mehr Milch und sekretierten 170 g mehr Milchzucker (P = 0,032), obwohl die Aufnahme an glucoseliefernden Verbindungen um ca. 700 g geringer war.

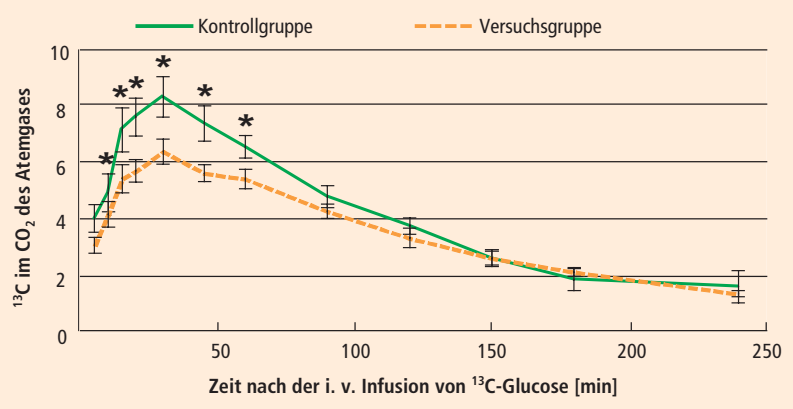


Abb. 4: ^{13}C-Excess (δ-‰) im ausgeatmeten Kohlendioxid der Kühe nach einmaliger intravenöser Infusion von $^{13}C_6$-Glucose. Die geringere ^{13}C-Anreicherung bei den Kühen der Versuchsgruppen zeigt, dass die Glucose bei diesen Kühen in einem geringeren Ausmaß oxidiert wurde.

Extremfällen bis hin zum Krankheitsbild einer subklinischen oder klinischen Ketose. Ein Überschuss an Ketonkörpern führt zu zentral-nervalen Störungen, die sich bereits im Anfangsstadium in einer verminderten Futteraufnahme und Leistung auswirken.

2. Für die Milchfettbildung ist eine Nettosynthese von bis zu 2 kg Fett in der Milchdrüse erforderlich. Da die Diäten der Kuh normalerweise nur wenig Fett enthalten, stammen die dafür benötigten Fettsäuren nur zu etwa 35 % aus dem Futter. Neben mobilisierten Körperfettsäuren decken neu synthetisierte Fettsäuren zu etwa 40–50 % den Bedarf. Für diese Neusynthese der Fettsäuren wird Glucose benötigt.

Die Glucosebereitstellung im Stoffwechsel der Kuh ist letztlich der Dreh- und Angelpunkt für hohe Milchleistungen der gesunden und fruchtbaren Kuh.

Geschütztes Futterfett – ein Beitrag zur Lösung des Problems?

Um das Energiedefizit der Kuh zu verringern und die Glucoseversorgung zu optimieren, sind grundsätzlich zwei Ansätze möglich.

1. Erhöhung der Energieaufnahme. Dies ist wiederum auf zwei Wegen möglich: Durch Erhöhung der Gesamtfutteraufnahme oder durch Erhöhung der Energiekonzentration der Diät. Doch beides ist nur bedingt realisierbar. Wieviel Futter die Kuh aufnimmt, wird durch physikalische und chemische Faktoren reguliert; energiereiche, stärkereiche Diäten erweisen sich oft als nicht wiederkäuergerecht und führen leicht zu einer Übersäuerung der Vormägen durch Milchsäurebildung.
2. Erhöhung des Fettgehaltes der Diät durch Verwendung von Fett, das vor einer Fermentation im Vormagen geschützt ist (pansenstabiles Fett). Dem liegt der Denkansatz zugrunde, dass die im Darm absorbierten langkettigen Fettsäuren über das Lymphsystem „an der Leber vorbei" ins Blut gelangen und der Milchdrüse direkt zugeführt werden (Abb. 2).

Dieser Weg könnte zwei Vorteile bieten. Da die Fettsäuren in langkettiger Form im Euter angeflutet werden, erübrigt sich deren Synthese für die Milchfettbildung. Auch der dafür erforderliche Energie- und Glucoseaufwand erübrigt sich. Das könnte zu einer zusätzlichen Glucoseverfügbarkeit im Euter führen. Darüber hinaus dürfte es durch die Auswahl des Futterfettes möglich sein, das Fettsäuremuster des Milchfettes zu beeinflussen, also zum Beispiel den Anteil an konjugierten Linolsäuren zu erhöhen.

Versuche geben Aufschluss

Um diese These zur überprüfen, führten wir im Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) folgendes Experiment durch: Zwei Gruppen von Hochleistungskühen (n = 15) erhielten in den ersten 15 Laktationswochen Diäten mit gleicher Energie- und Proteinmenge. In der Diät der Versuchsgruppe waren 1,9 kg Stärke der Ration der Kontrollgruppe durch 0,8 kg pansenstabile Fettsäuren aus Palm-, Soja- und Sonnenblumenöl ersetzt. Vom Energiegehalt waren diese beiden Diäten ausgeglichen. Die Milchleistung wurde täglich gemessen und die Zusammensetzung der Milch wöchentlich untersucht.

Das Ergebnis der Untersuchungen entsprach überraschend gut der These. Die

mit geschütztem Fett gefütterten Kühe gaben mehr Milch (42,8 gegenüber 39,1 kg/d; P = 0,024) und sekretierten signifikant mehr Lactose als die Kontrolltiere, obwohl sie 1,9 kg Stärke weniger mit ihrer Diät aufnahmen (Abb. 3).

Die Kühe der Versuchsgruppe wiesen im Blutplasma einen signifikant geringeren Gehalt an Insulin auf (11,4 gegenüber 14,5 µU/ml, P = 0,01). Dies spricht dafür, dass die im Blut verfügbare Glucose zu einem geringeren Ausmaß im Muskel- und Fettgewebe verstoffwechselt wird und in höherem Anteil zum Euter transportiert werden kann, da das dafür verantwortliche Transportprotein insulinunabhängig ist.

Um diese Annahme zu überprüfen, verfolgten wir den Verbleib der Glucose: Wir markierten die Glucose im Blut einiger Versuchstiere mit dem stabilen Isotop ^{13}C und ermittelten dann die ^{13}C-Ausscheidung im ausgeatmeten Kohlendioxid. Die in der Abbildung 4 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Kühe bei Fettfütterung die im Blut verfügbare Glucose zu einem geringeren Ausmaß oxidieren als die Kühe der Kontrollgruppe.

Die Untersuchungen ergaben weiterhin, dass es möglich ist, über die Einbeziehung von geschütztem Fett in die Diät der Kühe auch das Fettsäuremuster des Milchfettes zu beeinflussen. In der Abbildung 5 wird das am Beispiel der Fettsäuren mit 18 C-Atomen und jeweils zwei Doppelbindungen verdeutlicht. Es ist zu erkennen, dass die Gehalte an Linolsäure (cis 9,cis 12) und an der konjugierten Linolsäure (CLA) (cis 9,trans 11) in etwa verdoppelt werden konnten. Dieses Ergebnis ist von besonderem Interesse, da CLA bei Versuchstieren und in Zellkulturen ein Krebs und Arteriosklerose hemmendes Potenzial gezeigt hat.

Schlussfolgerungen

Die moderne Milchkuh ist auf eine angepasste Energieversorgung angewiesen, insbesondere auf ausreichende Glucosemengen für die Milchsynthese. Da für den Wiederkäuer das in den Vormägen synthetisierte Acetat die Hauptenergiequelle ist und der größte Teil der benötigten Glucose im Körper neu synthetisiert werden muss, verfügt sie nur über begrenzte Mechanismen, um den Energiebedarf für die Lebensprozesse und die Milchsynthese zu decken. Zu diesem Mechanismus gehört die Nutzung von Körperfett bei negativer Energiebilanz, wobei jedoch die Gefahr der Leberverfettung und Ketose besteht. Die aktuellen Fütterungssysteme setzen demzufolge auf eine möglichst hohe Glucoseabsorption im Dünndarm, die über einen hohen Stärkegehalt der Diät erreicht werden soll. Doch die Ergebnisse in der Praxis – also die erreichten Milchmengen – entsprechen nicht den Erwartungen.

Durch vormagenstabile Fette, deren Fettsäuren im Darm absorbiert werden, kann der spezifische Glucosebedarf pro kg Milch reduziert werden, ohne den Leberstoffwechsel zu belasten. Über die Auswahl des Fettes ist es gleichzeitig möglich, das Fettsäuremuster des Milchfettes im Sinne der Verbraucherwünsche zu beeinflussen. Daher scheint dieser Weg der Sinnvollere zu sein, zumal er den Organismus der Kühe weniger belastet.

Dr. Jürgen Voigt, Prof. Dr. Wilhelm Kanitz, Dr. Falk Schneider, Dr. Frank Becker, Dr. Ulrike Schönhusen, PD Dr. Cornelia C. Metges, und Prof. Dr. Hans Hagemeister, Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf. E-Mail: voigt@fbn-dummerstorf.de

BFEL *Dr. Dietz Precht, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Hermann-Weigmann-Str. 1, 24103 Kiel. E-Mail: dprecht@t-online.de*

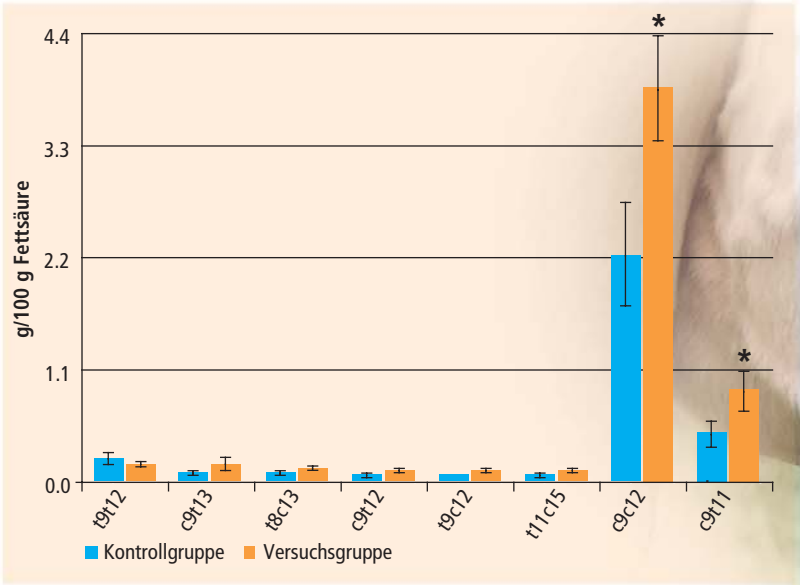


Abb.: 5: Fettsäuren im Milchfett mit einer Kettenlänge von 18 C-Atomen und zweifachen Doppelbindungen. Die Gehalte an Linolsäure (c9c12) und konjugierter Linolsäure (CLA, c9t11) sind in der Versuchsgruppe signifikant erhöht.

Charta für Holz: Herausforderung für die Ressortforschung

Matthias Dieter, Martin Ohlmeyer, Heino Polley und Johannes Welling (Hamburg)

Im Koalitionsvertrag vom Oktober 2002 haben die Parteien der Bundesregierung vereinbart, den Holzabsatz zu erhöhen und eine stärkere Holzverwendung zu propagieren. Zusammen mit der Wirtschaft und den Verbänden wurde die „Charta für Holz" erarbeitet – eine Initiative, die eine Steigerung des Verbrauchs von Holz um 20 Prozent in den nächsten zehn Jahren vorsieht. Um dies zu erreichen, verpflichten sich die Akteure der Forst- und Holzwirtschaft zu einer Vielzahl von Maßnahmen im Hinblick auf drei Hauptziele: Nachfrage steigern, Holzangebot verbessern, Innovationen fördern.

Die Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Hamburg, war in mehreren Arbeitsgruppen an der Erarbeitung der Charta für Holz beteiligt. Auch bei der Umsetzung wird sie sich in starkem Maße engagieren. Nachfolgend werden die wichtigsten Aktivitäten der BFH im Rahmen der Charta kurz vorgestellt.

Erfolgskontrolle

Der Erfolg der Charta für Holz soll messbar sein. Dafür wird der Pro-Kopf-Verbrauch von Holz- und Holzprodukten in Deutschland regelmäßig ermittelt. Die Berechnung dieser Kennzahl ist Aufgabe der BFH.

Besonderes Gewicht wird seitens der Akteure darauf gelegt, dass das Holz aus nachhaltiger Erzeugung stammt. Doch dies ist schwer nachprüfbar, denn die verfügbaren Statistiken, gerade beim Außenhandel, lassen eine Differenzierung nach Nachhaltigkeitskriterien derzeit nicht zu. Eine Abschätzung darüber kann daher nur qualitativ erfolgen, beispielsweise anhand der regionalen Verbreitung von Waldbewirtschaftungszertifikaten oder dem Erfolg des europäischen Maßnahmenprogramms FLEGT (Forest Law Enforcement, Governance and Trade).

In den Holzverbrauch gehen das Aufkommen aus dem Inland (d. h. der Holzeinschlag und das Altpapier- sowie das Altholzaufkommen) sowie das Nettoaufkommen aus dem Ausland ein. Für die Bilanzierung dieser Größen sind alle aus dem Inland stammenden sowie ein- und ausgeführten Holzprodukte in die gemeinsame Einheit „Kubikmeter Rohholzäquivalent" [m^2 (r)] umzurechnen.

In der Charta für Holz ist festgeschrieben, dass der Verbrauch von nachhaltig erzeugten Holzprodukten in Deutschland in-

nerhalb der nächsten 10 Jahre von 1,1 m² (r) auf 1,3 m² (r) pro Einwohner steigen soll.

Mobilisierung von Potenzialen

Die Forst- und Holzwirtschaft ist sowohl wirtschaftlich als auch in ihrer Interessenvertretung stark zersplittert. Mit einer Clusterstudie Forst und Holz, die derzeit in Vorbereitung ist, soll dieser Nachteil im internationalen Wettbewerb gemindert werden.

Ziel der Clusterstudie wird es sein, Regionen aufzuzeigen, die von ihrer Rohstoffausstattung und Besitzstruktur einen steigenden Holzverbrauch durch zusätzliche Mobilisierung ausgleichen können. Dass entsprechende Holzreserven vorhanden sind, wurde durch die zweite Bundeswaldinventur nachgewiesenen. Darauf aufbauend sollen Clustermanagementaktivitäten durchgeführt werden, wie beispielsweise die Ansiedlung oder der Ausbau zukunftsfähiger Holzindustrien.

Die BFH hat in diesem Vorhaben die wichtige Aufgabe, die potenziellen Rohholzaufkommen in tiefer regionaler Untergliederung abzuschätzen. Für diese Abschätzung wird ein eigens entwickeltes waldwachstumskundliches Modell auf die Ausgangsdaten der Bundeswaldinventur angewendet und mit differenzierten Parametern über die Waldbehandlung und die Nutzung gesteuert.

Abb. 1: Einsatz von rotkerniger Buche im konstruktiven Bereich, zum Beispiel für die Verwendung von Brettschichtholz-Elementen (hier während der Prüfung)

Ohne Forschung kein Fortschritt

Im Hinblick auf die Zielsetzungen der Charta für Holz führt die BFH eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsprojekten durch. Damit sollen die Forschungsaktivitäten auf nationaler und internationaler Ebene gebündelt und die Wettbewerbsfähigkeit der vorwiegend klein- und mittelständisch strukturierten Holzwirtschaft verbessert werden. Im Mittelpunkt stehen hier Projekte zur Ökobilanzierung und zur Kohlenstoff-Bindung in Holzprodukten sowie zu Nachhaltigkeitsaspekten.

Darüber hinaus fokussieren die technischen Institute der BFH ihre Forschungsaktivitäten auf das technologische und ökologische Potenzial von Holz als nachhaltigem Rohstoff und erneuerbarem Energieträger. Beispielsweise arbeiten BFH-Wissenschaftler an neuen Einsatzmöglichkeiten für Buchenholz. So wurde am Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes die Eignung der Buche zur Herstellung von Brettschichtholz für die Verwendung als Balken oder Träger im Innenbereich untersucht (Abb. 1). Aus Buchenfurnier wurde hochbelastbares LVL (Furnierschichtholz) hergestellt. Bei den so genannten WPCs (Wood Plastic Composites) handelt es sich um spritz- oder extrudierbare Mischungen kleiner Holzpartikel und thermosplasti-

schen Kunststoffen, die für eine Vielzahl von Anwendungen im Innen- und Außenbereich in Frage kommen (Abb. 2).

Im Institut für Holzchemie und chemische Technologie des Holzes befasst sich eine Arbeitsgruppe sich seit Längerem mit Bio-Ölen auf der Basis von Holz als Rohstoff. Neue Absatzpotenziale können auch erschlossen werden, wenn es gelingt, Eigenschaften wie die Witterungs- und Feuchtebeständigkeit von Holzprodukten zu verbessern. Auch auf diesem Gebiet ist die BFH engagiert. Thermische Verfahren zur Modifikation von Vollholz oder von Holzpartikeln zur Herstellung von Holzwerkstoffen sowie die Vergütung von Holz durch die Einbringungen von Ölen oder Wachsen werden dafür erprobt.

Qualität dient dem Verbraucherschutz

Durch intensive Mitarbeit bei der Erstellung von Normen leistet die BFH einen wichtigen Beitrag zur Standardisierung und Qualitätssicherung von Holzprodukten. Die Holznormung auf nationaler und europäischer Ebene wird kontinuierlich an den Stand von Wissenschaft und Forschung angepasst. Die Wissenschaftler der BFH sind auch an der Entwicklung von Gütekennzeichen beteiligt, die künftig verstärkt genutzt und durch weitere Informationselemente angereichert werden sollen. Diese Aktivitäten werden mit dem Ziel verfolgt, dem Verbraucher Produkte mit gesicherten und kontrollierten Eigenschaften zur Verfügung zu stellen.

Durch verschärfte Anforderungen, zum Beispiel an Bauprodukte, können jedoch aus technischer Sicht auch Hemmnisse für den Einsatz von Holz im Bauwesen entstehen. Dies gilt insbesondere dann, wenn Grenzwerte festgelegt werden, die für verschiedenartige Produkte – nicht nur solche aus Holz – gelten sollen. Die Forschungsaktivitäten der BFH sind darauf ausgelegt, dass zum einen Holzprodukte die notwendigen Anforderungen aus technischer Sicht sicher erfüllen, zum anderen aber auch die Grenzwerte und Prüfmethoden in einer Weise definiert werden, die den besonderen Eigenschaften des Holzes gerecht wird.

Kommunale Satzungen und baurechtliche Vorgaben erschweren heute die Verwendung von Holz in bestimmten Bereichen, zum Beispiel beim Bauen und Heizen. Aufgabe der BFH ist es, ungerechtfertigte Einschränkungen zu identifizieren und Vorschläge zum Abbau dieser Hemmnisse zu erarbeiten.

Höchster Holzvorrat in Europa

Der Holzvorrat der Wälder in Deutschland ist gegenwärtig im europäischen und auch im historischen Vergleich sehr hoch. Das ist eine der Kernaussagen der zweiten Bundeswaldinventur, die kürzlich im Institut für Forstökologie und Walderfassung der BFH ausgewertet wurde. Die Bundeswaldinventur liefert einen Gesamtüberblick über die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten in Deutschland (www.bundeswaldinventur.de).

Was viele nicht wissen: Mit 3,4 Mrd. m^2 besitzt Deutschland noch vor Schweden und Frankreich den höchsten Holzvorrat in Europa. Rechnerisch ergibt diese Holzmenge einen Turm von 3 x 3 m Grundfläche von der Erde bis zum Mond.

Im Vergleich mit der ersten Bundeswaldinventur, die von 1986 bis 1990 in den alten Bundesländern durchgeführt wurde, ist der Holzvorrat innerhalb von 15 Jahren

Abb. 2: Nutzungsbeispiele für Holz: Ein typisches Anwendungsgebiet für WPCs (Wood Plastic Composites) sind Gartenterrassen; Holzeinsatz als gestalterisches Element, zum Beispiel als Fassade; Holz ist ein Hochleistungswerkstoff im Brückenbau.

um 17 % angestiegen. Im Bundesdurchschnitt stehen heute auf jedem Hektar Wald 320 m² Holz. Zu dieser Vorratsanreicherung ist es gekommen, weil weniger Holz genutzt wurde als zugewachsen ist (Abb. 3).

Auf der Grundlage der Bundeswaldinventur ist auch das potenzielle Rohholzaufkommen für die nächsten 40 Jahre mit Hilfe von Wachstums- und Nutzungsmodellen berechnet worden. Die Modellrechnungen zeigen: Das künftige potenzielle Rohholzaufkommen ist insgesamt etwa 20 % höher als die Nutzung im Zeitraum zwischen 1987 und 2002 war. Dabei ist die Situation in den einzelnen Eigentumsarten sehr unterschiedlich. Während der Holzeinschlag im Landeswald in der Vergangenheit bereits etwa in der Höhe des künftigen Nutzungspotenzials gelegen hat, bestehen im Privatwald erhebliche Nutzungsreserven.

Alter Wald gleich guter Wald?

In den letzten Jahrzehnten ist das Durchschnittsalter der Bäume angestiegen und der Vorratsanteil der dickeren Bäume hat zugenommen. Diese zunächst positive Entwicklung hat aber auch eine Kehrseite: Mit zunehmendem Alter und Vorrat steigt das Produktionsrisiko. Ältere Bäume sind häufiger von Sturmschäden und Holzentwertung durch Fäulepilze betroffen und weniger widerstandsfähig gegenüber Umweltstress. Eine verstärkte Holznutzung würde zu einer Verringerung dieser Risiken beitragen.

Neue Organisationsstrukturen zur Erschließung der Ressourcen

Die bislang ungenutzten Ressourcen zum Vorteil der Umwelt, der Wirtschaft und der Waldbesitzer zu erschließen, ist eine große Herausforderung an viele Akteure. Immerhin stehen 28 % der gesamten Holzvorräte im Kleinprivatwald bis 20 Hektar. Das ist genau soviel wie in den Landesforsten. Und der Kleinprivatwald hat mit 354 m²/ha auch die größten Hektarvorräte aufgebaut (zum Vergleich: Landeswald 311 m²/ha). Gleichzeitig war dort die Nutzungsintensität in den vergangenen 15 Jahren nur etwa halb so hoch wie bei den anderen Eigentumsarten. Diese Reserven können nur mobilisiert werden, wenn für die Kleinprivatwaldbesitzer wirksame Anreize und geeignete Organisationsformen für die Bewirtschaftung ihrer Wälder und die Vermarktung des Holzes entstehen.

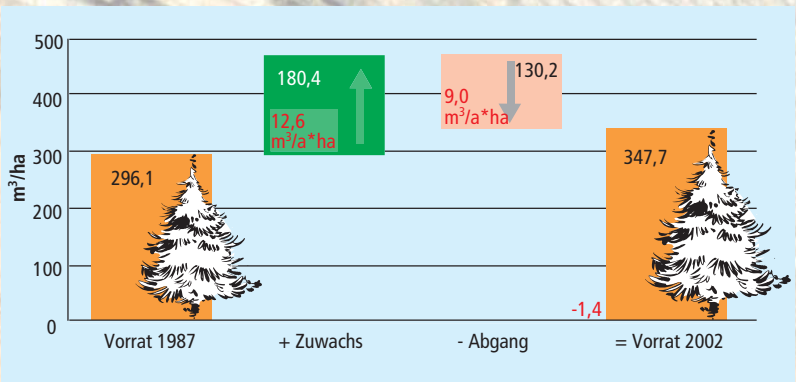


Abb. 3: Entwicklung des Holzvorrates in den alten Bundesländern (für die neuen Bundesländer fehlen vergleichbare Daten für 1987)

Die drei Hauptziele der Charta für Holz: Nachfrage steigern, Holzangebot verbessern, Innovationen fördern.

Dr. Matthias Dieter, Dr. Martin Ohlmeyer, Dr. Heino Polley und Dr. Johannes Welling, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg.
E-Mail: dieter@holz.uni-hamburg.de

Weiterführende Literatur:

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Verstärkte Holznutzung zugunsten von Klima, Lebensqualität, Innovationen und Arbeitsplätzen (Charta für Holz). Berlin, 2004.

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI2: Das Wichtigste in Kürze. Bonn, 2004.

Dieter, M., 2002: Holzbilanzen 2000 und 2001 für die Bundesrepublik Deutschland. Hamburg: Institut für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Arbeitsbericht 2002/7 (www.bfafh.de/bibl/pdfliii_02_07.pdf)

Auf dem Weg zum 7. EU-Forschungsrahmenprogramm

Europäische Kommission legt ihren Vorschlag vor

Wolfgang Ritter (Bonn)

Am 6. April 2005 hat die Europäische Kommission ihren Vorschlag für das 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7) veröffentlicht (www.kowi.de/rp/rp7/default.htm). Das Programm steht ganz im Lichte der großen europäischen Ziele Wachstum, Wettbewerb, Beschäftigung und nachhaltige Entwicklung. Wissen und Wissenschaft sollen dazu den Motor liefern. Deshalb sollen nicht nur die bereitgestellten Forschungsmittel erheblich angehoben – 73 Milliarden Euro sind vorgeschlagen – sondern auch die Laufzeit der Rahmenprogramme an die finanzielle Vorausschau (2007–2013) angepasst werden.

Der Vorschlag zum FP7 zeichnet sich durch ein hohes Maß an Kontinuität gegenüber dem FP6 aus, beinhaltet aber auch neue Impulse für die Forschung und Innovation, mit denen die europäische Integration weiter vorangetrieben werden soll.

Struktur

Nach dem Vorschlag der Kommission wird sich das FP7 in vier spezifische Programme gliedern: Kooperation, Ideen, Humanressourcen und Kapazitäten. Mit diesen sollen die Hauptziele der europäischen Forschungspolitik vorangetrieben werden. Die Aufteilung des Budgets ist aus Abbildung 1 ersichtlich.

- **Kooperation**
  Gefördert wird die gesamte Palette der in grenzüberschreitender Zusammenarbeit durchgeführten Forschungsmaßnahmen: von Verbundprojekten und -netzen bis hin zur Koordinierung von Forschungsprogrammen. Die internationale Zusammenarbeit zwischen der EU und Drittländern bildet einen integralen Bestandteil dieses Maßnahmenbereichs. Das Programm selbst ist in neun thematische Bereiche gegliedert:
  - Gesundheit
  - Lebensmittel, Landwirtschaft und Biotechnologie
  - Informations- und Kommunikationstechnologien
  - Nanowissenschaften, Nanotechnologien, Werkstoffe und neue Produktionstechnologien
  - Energie
  - Umwelt (einschließlich Klimaänderung)
  - Verkehr (einschließlich Luftfahrt)
  - Sozial-, Wirtschafts- und Geisteswissenschaften
  - Sicherheit und Weltraum

- **Ideen**
  In diesem Programm geht es um eine von Wissenschaftlern oder Teams angeregte „Forschung an den Grenzen des Wissens", die auf europäischer Ebene im Wettbewerb stehen. Dabei werden alle wissenschaftlichen und technologischen Fachbereiche einschließlich der Ingenieurwissenschaften, der sozioökonomischen Wissenschaften und der Geisteswissenschaften gefördert. Das Programm soll durch einen eigenständigen Forschungsrat verwaltet werden.

- **Humanressourcen**
  Die aus dem FP6 bekannten „Marie-Curie-Maßnahmen" werden fokussiert auf die Förderung der Ausbildung von Forschern und auf wesentliche Aspekte und Fertigkeiten der Laufbahnentwicklung. Außerdem werden intensivere Verbindungen zu einzelstaatlichen Systemen hergestellt.

- Kapazitäten
  Mit diesem Programm wird eine effektivere Nutzung und Entwicklung von Forschungsinfrastrukturen in Europa angestrebt, die zur Stärkung der innovativen Kapazitäten von kleinen und mittleren Unternehmen, zur Entwicklung regionaler forschungsorientierter Cluster, zur Freisetzung des gesamten Forschungspotenzials in den „Konvergenzregionen" der EU und zu einer besseren Integration von Wissenschaft und Gesellschaft beitragen sollen.

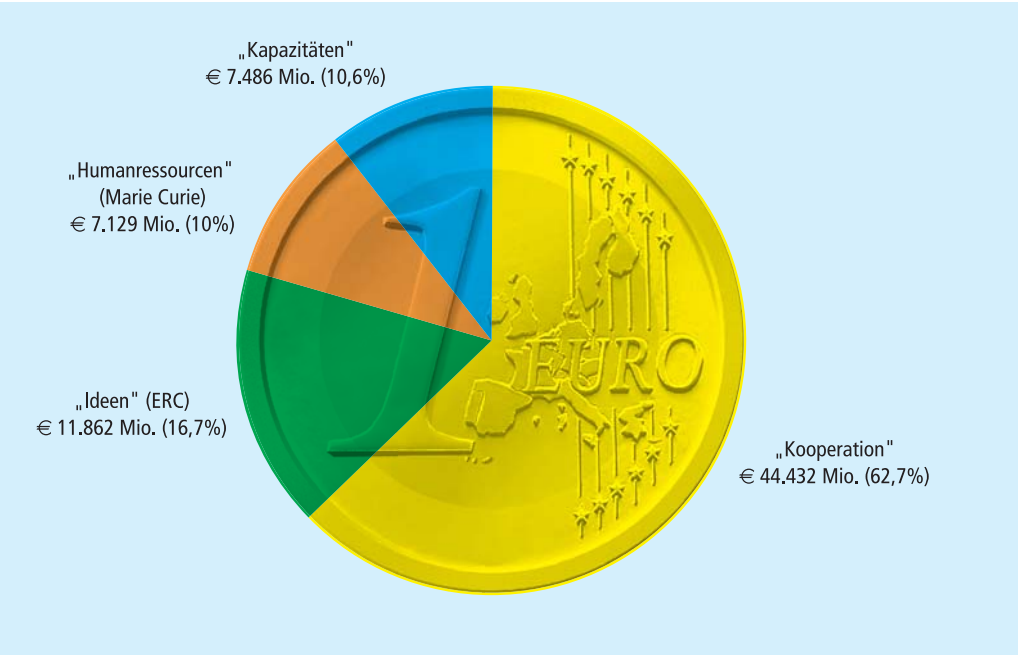


Abb. 1: Budgetaufteilung der vier spezifischen Programme des 7. Forschungsrahmenprogramms (Angaben für 2007–2013, auf Basis des KOM-Vorschlags vom 6. April 2005)

Interessante Themenschwerpunkte

Für die Forschungseinrichtungen im Geschäftsbereich des BMVEL sind vor allem die beiden Themenschwerpunkte „Lebensmittel, Landwirtschaft und Biotechnologie" sowie „Umwelt (einschließlich Klimaänderung)" von Bedeutung.

Der Themenschwerpunkt „Lebensmittel, Landwirtschaft und Biotechnologie" soll dem Aufbau einer europäischen wissensgestützten Bio-Wirtschaft dienen und sich mit den drei folgenden gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen befassen:

- Nachhaltige Erzeugung und Bewirtschaftung der biologischen Ressourcen aus Böden, Wäldern und der aquatischen Umwelt;
- „Vom Tisch bis zum Bauernhof": Lebensmittel, Gesundheit und Wohlergehen;
- Biowissenschaften und Biotechnologie im Dienste nachhaltiger Non-Food-Erzeugnisse und Verfahren.

Der Themenschwerpunkt „Umwelt (einschließlich Klimaänderung)" zielt auf ein nachhaltiges Management der Umwelt und ihrer Ressourcen durch Ausbau unserer Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Biosphäre, Ökosystemen und menschlichen Aktivitäten. Die Maßnahmen sollen sich dabei auf drei große Bereiche konzentrieren:

- Klimaänderungen, Umweltverschmutzungen und Risiken;
- Nachhaltiges Management der Ressourcen;
- Umwelttechnologien sowie Werkzeuge für Erdbeobachtung und -bewertung.

Vorläufiger Zeitplan

Seit dem Vertrag von Maastricht von 1993 gilt das Mitentscheidungsverfahren, bei dem der Wettbewerbsrat und das Europäische Parlament gemeinsam über den Gesetzesvorschlag der Kommission beschließen. Mit der Vorlage des Vorschlags der Kommission zm FP7 am 6. April 2005 ist das Gesetzgebungsverfahren offiziell eingeleitet worden.

Im Wettbewerbsrat am 18. April hat bereits ein erster Gedankenaustausch zum FP7 stattgefunden. Die weiteren Planungen der Kommission sehen vor, dass das Gesetzgebungsverfahren bis Juni/Juli 2006 abgeschlossen werden kann. Diese Annahme könnte sich allerdings als zu optimistisch erweisen, da der Rat für Allgemeine Angelegenheiten am 25. April 2005 zum EU-Finanzrahmen 2007–2013, in dem auch das Budget für das FP7 enthalten ist, keine Einigung erzielen konnte. Im Moment deutet alles darauf hin, dass sich die Verhandlungen über das EU-Budget noch bis ins Jahr 2006 hinziehen werden. Das hätte dann auch Auswirkungen auf den Zeitplan und die Annahme des FP7 durch Rat und Parlament. Ein nahtloser Übergang zwischen dem FP6, das Ende 2006 ausläuft, und dem FP7 ist somit nicht sicher.

Dr. Wolfgang Ritter, Senats-Geschäftsstelle für internationale Agrarforschung, c/o BMVEL, Ref. 224, Rochusstr. 1, 53123 Bonn. E-Mail: wolfgang.ritter@bmvel.bund.de

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI)

Neuer Name mit alter Tradition

Mit dem neuen Namen werden die erweiterten Aufgaben, aber auch die wissenschaftlichen Wurzeln deutlich: Seit dem 22. Juni 2004 trägt die ehemalige Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere (BFAV) die Bezeichnung „Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit".

Luftbild der Insel Riems. Die Institutsgebäude befinden sich im Zentrum der Insel. Im westlichen Drittel (oben) ist der Damm zu sehen, der die Insel seit 1971 mit dem Festland verbindet. Auf der Insel befindet sich dort auch ein kleines Wohngebiet. DPA

Der Mikrobiologe Friedrich Loeffler – Ordinarius für Hygiene an der Universität Greifswald und Schüler Robert Kochs – etablierte vor knapp 100 Jahren auf der Ostseeinsel Riems die erste virologische Forschungsstätte der Welt. Von 1952 bis 1991 trug die Einrichtung bereits den Namen ihres Gründers, im Zuge der Wiedervereinigung Deutschlands wurden die neugegründeten Riemser Institute Teil der BFAV. Seit 1997 hat die Bundesforschungsanstalt auf der Insel ihren Hauptsitz. Eine Erweiterung ihrer Aufgaben erfuhr die Einrichtung durch die BSE-Krise und die sich anschließende Neuorganisation des Verbraucherschutzes.

Das neue Namensschild wird angebracht.

Aktuelle Struktur

Heute setzt sich das Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) aus acht Forschungsinstituten an vier Standorten zusammen.

Insel Riems:
- Institut für Molekularbiologie,
- Institut für Infektionsmedizin,
- Institut für Virusdiagnostik,
- Institut für neue und neuartige Tierseuchenerreger.

Jena:
- Institut für bakterielle Infektionen und Zoonosen,
- Institut für molekulare Pathogenese.

Tübingen:
- Institut für Immunologie.

Wusterhausen:
- Institut für Epidemiologie.

Die Gesamtzahl der Beschäftigten beträgt ca. 440, davon rund 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf Planstellen zuzüglich etwa 60 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf befristeten Drittmittelstellen.

Das Friedrich-Loeffler-Institut ist eine Bundesforschungsanstalt und gleichzeitig eine selbstständige Bundesoberbehörde. Die Aufgaben sind im §4 des Tierseuchengesetzes festgelegt. Danach fungiert das FLI gemeinsam mit dem Paul-Ehrlich-Institut als Zulassungsbehörde für Sera, Impfstoffe, Antigene und Nachweismethoden, wobei am FLI die Zulassung veterinärmedizinischer Infektionsdiagnostika im Vordergrund steht. Daneben wirkt das FLI bei der epidemiologischen Untersuchung von Tierseuchenausbrüchen mit und fungiert als nationales Referenzlaboratorium für anzeigepflichtige Tierseuchen. Beachtenswert ist, dass dem FLI die Forschung auf dem Gebiet der Tierseuchen als gesetzliche Aufgabe übertragen wurde.

Arbeitsfelder mit Zukunftsperspektive

Die gegenwärtigen Arbeitsschwerpunkte des FLI umfassen unter anderem Schweinepest, Geflügelpest, BSE und Herpesvirusinfektionen von Schwein, Rind und Fisch. Nicht erst seit BSE und der 'Vogelgrippe' bearbeitet das FLI auch intensiv die Problematik der Zoonosen (vom Tier auf den Menschen übertragbare Krankheiten), wobei hier sowohl virale (z.B. Tollwut) als auch bakterielle Erreger (z.B. Salmonellen) eine bedeutende Rolle spielen. Dieses Arbeitsgebiet gewinnt unter dem

Eindruck aktueller Seuchensituationen weiter an Bedeutung. Es zeigt auch, dass die Trennung von humanmedizinischer und veterinärmedizinischer Infektionsforschung zu Gunsten einer interdiszipliniären Zusammenarbeit aufgelöst werden sollte. Daher arbeitet das FLI auch eng mit vorwiegend humanmedizinisch orientierten Einrichtungen wie dem Robert Koch- und dem Paul Ehrlich-Institut zusammen.

Derzeit unterhält das Friedrich-Loeffler-Institut mehr als 40 nationale Referenzlaboratorien für anzeigepflichtige Tierseuchen sowie mehrere internationale Referenzlaboratorien (Bovine Leukose, Tollwut) und ein WHO-Collaborating Centre für Tollwut. Im Mai 2005 hat das internationale Tierseuchenamt OIE dem Institut auch die Aufgaben der OIE-Referenzlaboratorien für aviäre Influenza („Vogelgrippe"), Newcastle Krankheit, bovine Herpesvirus 1-Infektion und Brucellose übertragen. Dies zeigt bereits die zunehmende internationale Ausrichtung des Instituts. Derzeit werden im Rahmen von Kooperationsverträgen ausgewählte Aufgaben nationaler Referenzlaboratorien für Luxemburg, Polen und die Slowakei vom FLI ausgeübt. Das internationale Mandat soll in Zukunft noch weiter ausgebaut werden.

Nach einem Votum des Wissenschaftsrats ist vorgesehen, die Standorte Tübingen und Wusterhausen in den nächsten Jahren aufzugeben und die Aufgaben auf die Insel Riems zu verlagern. Dies geht mit umfangreichen Neubaumaßnahmen auf der Insel einher. So werden für ca. 150 Mio. Euro neue Labor- und Stallbereiche bis zur höchsten Sicherheitsstufe L4 gebaut.

Als Einweihungsdatum ist der 10. Oktober 2010, der 100. Gründungstag des Instituts, ins Auge gefasst. Damit entstehen erstklassige Arbeitsbedingungen, die für das Friedrich-Loeffler-Institut eine hervorragende Zukunftsperspektive eröffnen.

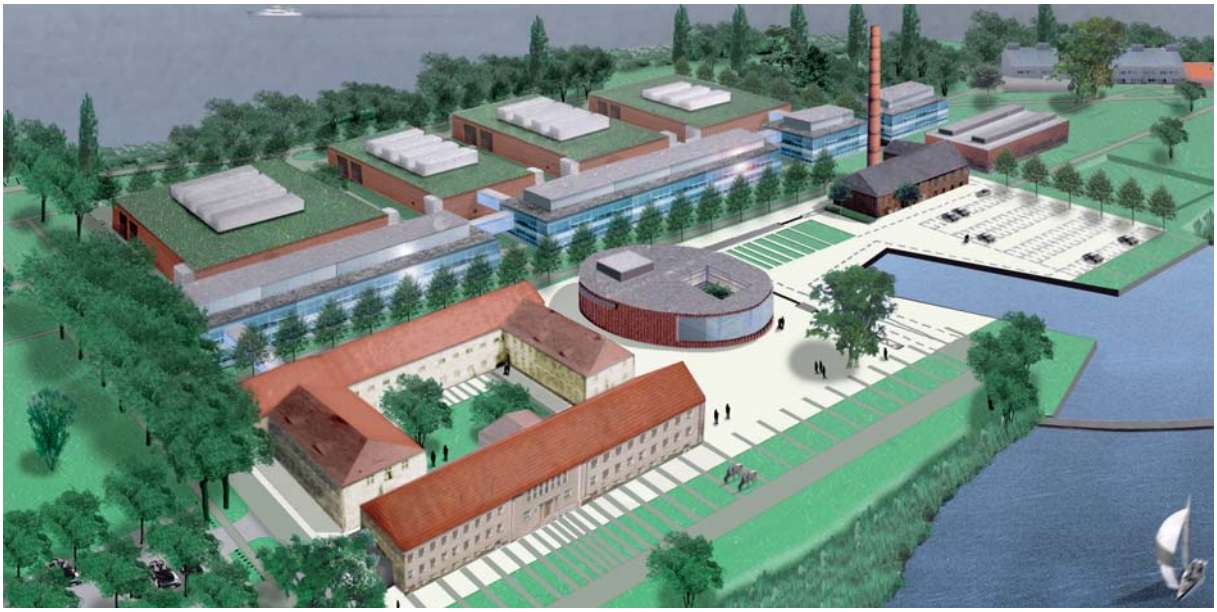
Der Mikrobiologe Friedrich Loeffler (1852 – 1915) begann seine wissenschaftliche Laufbahn als Schüler Robert Kochs am königlichen Institut für Infektionskrankheiten in Berlin. Schon dort gelang es ihm unter anderem, die Erreger des Schweinerotlaufs und der menschlichen Diphtherie zu identifizieren. 1888 wurde Loeffler an die Universität Greifswald auf den neu gegründeten Lehrstuhl für Hygiene berufen. 1897 erhielt er gemeinsam mit seinem Kollegen Paul Frosch den Auftrag, die Ursache der damals im deutschen Reich wütenden Maul- und Klauenseuche zu erforschen und, falls möglich, ein Gegenmittel zu entwickeln. Mittels Filtrationsversuchen und umfan reichen Tierexperimenten gelang es den beiden Forschern innerhalb eines Jahres, den Erreger als ultrafiltrierbares, ultravisibles, korpuskuläres, replikationsfähiges Agens zu beschreiben, das sich deutlich von den Bakterien abgrenzen ließ. So wurden Loeffler und Frosch neben dem in Holland am Tabakmosaikvirus arbeitenden Wilhelm Beijerinck zu den Begründern der Virologie.

Da die Arbeiten mit dem hochinfektiösen Erreger der Maul- und Klauenseuche immer wieder zu Seuchenausbrüchen in den umliegenden Viehbeständen führten, wurden die Labor- und Versuchsanlagen auf die Insel Riems im Greifswalder Bodden verlagert. Der Arbeitsbeginn am 10. Oktober 1910 markierte die Geburtsstunde der ältesten virologischen Forschungsstätte der Welt.

Friedrich Loeffler verließ den Riems im Jahr 1913, da er einen Ruf als Nachfolger Robert Kochs nach Berlin erhalten hatte.

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

Präs. u. Prof. Prof. Dr. Thomas C. Mettenleiter, Friedrich-Loeffler-Institut, Boddenblick 5a, 17493 Greifswald-Insel Riems. E-Mail: thomas.mettenleiter@rie.bund.de. Internet: www.fli.bund.de



Vision 'Riems 2010'

Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen

Gründungsleiter der BAZ verstorben

Am 28. März 2005 verstarb Herr Professor Dr. Dr. h.c. em. Gerhardt Alleweldt. Prof. Alleweldt, Jahrgang 1927, war der erste Leiter der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ). Er übernahm das Amt mit der Gründung der BAZ im Jahr 1992 und leitete den Aufbau der jungen Bundesanstalt bis zum Jahr 1995. Mit seinem wissenschaftlichen Wirken am Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof in Siebeldingen war er bereits seit 1956 mit der Züchtungsforschung an Kulturpflanzen verbunden.

Sowohl national als auch international hat sich Prof. Alleweldt immer mit großer Leidenschaft für die Belange der Resistenzzüchtung eingesetzt. Bekanntestes Ergebnis seiner züchterischen Arbeiten am Geilweilerhof ist die Rebsorte REGENT.

Dem Engagement von Prof. Alleweldt ist es zu verdanken, dass das wissenschaftliche Potenzial der Züchtungsforscher Deutschlands nach der Wiedervereinigung gebündelt und unter dem Dach der BAZ zusammengefasst wurde.

Prof. Alleweldt war ein hervorragender Wissenschaftler und Vorbild für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BAZ. Er war nicht nur Leiter, sondern auch Freund und eine Persönlichkeit, die stets verantwortungsvoll und menschlich handelte.

(BAZ)

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel

Standorte werden aufgegeben

Das Bundesverbraucherministerium wird die Konzentration in der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL) weiter vorantreiben. Die Forschungsanstalt wird an den Standorten Karlsruhe (Hauptsitz), Kiel, Kulmbach und Detmold konzentriert; die Standorte Hamburg (Forschungsgebiet Fischqualität) und Münster (Fettforschung) werden aufgegeben. Das hat Bundesministerin Renate Künast jetzt entschieden.

Die BFEL war zum 1. Januar 2004 errichtet worden. Dazu wurden die Bundesanstalt für Milchforschung in Kiel, die Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung in Detmold und Münster, die Bundesforschungsanstalt für Ernährung in Karlsruhe, die Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach sowie ein Institutsteil der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg zusammengelegt. *(Senat)*

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Kleinmachnow neuer Standort Ost

Der Standort Ost der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) wird dauerhaft in Kleinmachnow südlich von Berlin errichtet. Damit wird dem Beschluss der unabhängigen Föderalismuskommission Rechnung getragen, den Anstaltsteil Berlin-Dahlem – dort wurde vor mehr als 100 Jahren die Vorläufereinrichtung der BBA angesiedelt – in das Land Brandenburg zu verlagern.

Am Standort Kleinmachnow befinden sich bereits jetzt Teile der BBA. Küftig sollen dort mehr als 100 Dauerarbeitsplätze in mehreren Instituten zur Verfügung stehen. Damit wird die langjährige Tradition auch dieses Standorts fortgeführt. Nach dem Zweiten Weltkrieg entstand dort das Zentrum der Pflanzenschutzforschung der DDR. *(Senat)*

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Chemischen Pflanzenschutz reduzieren

BBA richtet Internet-Forum ein

Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) hat im Rahmen der Neuausrichtung der Verbraucherschutz- und Agrarpolitik einen breiten Dialog zur zukünftigen Pflanzenschutzpolitik in Gang gesetzt. Um diesen Prozess auszugestalten und Expertenwissen zu bündeln, wurde mit Beteiligung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) ein Beirat „Reduktionsprogramm im Pflanzenschutz" gegründet, der Vorschläge für ein

Eingang zum Forschungsstandort Kleinmachnow: Auch künftig wird es hier zur BBA gehen.

nationales Reduktionsprogramm entwickelt hat. Diese Vorschläge waren die Grundlage für das „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz", das Bundesministerin Renate Künast im Oktober 2004 in Berlin vorgestellt hat. Ziel des Programms ist es, die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß zu begrenzen und die Anwendung nichtchemischer Pflanzenschutzmaßnahmen voranzutreiben.

Die BBA informiert auf ihrer Homepage www.bba.de ausführlich über das Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz und über eigene Aktivitäten im Rahmen dieses Programms. Gleichzeitig ist geplant, ein Internet-Forum für Meinungsäußerungen und Diskussionen zu allen Fragen der Pflanzenschutzpolitik zu schaffen. Über die E-Mail-Adresse Forum-Pflanzenschutz@bba.de hat bereits jetzt jeder Interessierte die Möglichkeit, Fragen zu stellen oder sich zum Pflanzenschutz zu äußern.

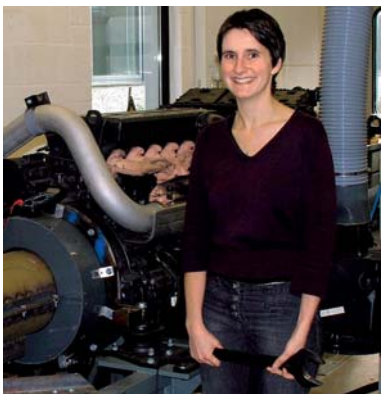
(Senat)

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Forschung für sauberere Dieselabgase

FAL-Diplomandin ausgezeichnet

Frau Dipl.-Ing. (FH) Liane Herbst wurde im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft im März 2005 mit dem Georg-Simon-Ohm-Preis für die bundesweit beste Diplomarbeit im Fach Physikalische Technik ausgezeichnet.



Die Preisträgerin Liane Herbst am Motorversuchsstand der FAL

Die Untersuchungen, die Frau Herbst im Rahmen ihrer Diplomarbeit am Institut für Technologie und Biosystemtechnik der FAL durchführte, konzentrierten sich auf die Analyse so genannter polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK). Angelagert an Rußpartikel gelangen diese „huckepack" mit dem Abgas in die Umwelt und über die Atemwege in den menschlichen Körper. Als krebserregend eingestuft, ist die präzise Bestimmung ihrer Konzentration im Abgas ein wesentlicher Beitrag zur toxikologischen Bewertung von biogenen Kraftstoffen wie Biodiesel. *(FAL)*

Bundesinstitut für Risikobewertung

Wasserpfeifen: Keine harmlose Alternative

Mit Wasserpfeifen assoziieren die meisten Menschen hierzulande wohl eher Begriffe wie Orient, fremde Kulturen und exotische Basare. Die steigende Zahl der Anfragen, die beim Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) zu den Gesundheits- und Suchtgefahren des Wasserpfeifenkonsums eingeht, deutet aber darauf hin, dass auch in Deutschland, insbesondere von Jugendlichen, Tabak zunehmend auf diese Weise konsumiert wird. Das BfR hat die damit verbundenen gesundheitlichen Risiken bewertet.

Dabei kommt das Institut zu dem Ergebnis, dass der Gebrauch von Wasserpfeifen kaum weniger schädlich ist als der Konsum von Zigaretten. Die wenigen bislang vorliegenden wissenschaftlichen Studien deuten darauf hin, dass über den Rauch von Wasserpfeifen sogar größere Mengen an Schadstoffen wie Teer und Kohlenmonoxid aufgenommen werden als über filterlose Zigaretten. Im Rauch von Wasserpfeifen wurden außerdem krebsauslösende Substanzen wie Arsen, Chrom und Nickel in zum Teil hohen Konzentrationen nachgewiesen. Nach langjährigem Wasserpfeifenkonsum wurden unter anderem Verschlechterungen der Lungenfunktion und ein erhöhtes Risiko für Tumorerkrankungen beobachtet.

Nicht so harmlos, wie man denkt: Wasserpfeife

Für die Suchtwirkung des Tabaks ist der Inhaltsstoff Nikotin verantwortlich. Die Aufnahme hoher Nikotinmengen und die damit verbundenen Sucht- und Gesundheitsgefahren stellen nach heutigem Kenntnisstand das größte Problem bei der Nutzung von Wasserpfeifen dar. Um die Gesundheits- und Suchtgefahren quantitativ bewerten zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig. Vor allem fehlt es an standardisierten Verfahren zur Messung der Schadstoffgehalte im Wasserpfeifenrauch. *(BfR)*

Senat der Bundesforschungsanstalten

Forschung des Bundes formiert sich neu

Ein neues Mitglied bereichert seit Februar 2005 die deutsche Forschungslandschaft: die „Arbeitsgemeinschaft der Ressortforschungseinrichtungen". Mehr als 30 Bundeseinrichtungen mit Forschungsaufgaben, unter ihnen die Bundesforschungsanstalten des Verbraucherministeriums, haben sich auf der Gründungsversammlung in Berlin zusammengeschlossen, um künftig mit einer Stimme sprechen zu können. „Wir wollen die besonderen Belange und Stärken der Ressortforschung gegenüber der Politik, der Öffentlichkeit und den übrigen Forschungsorganisationen vertreten", erklärte der frisch gewählte Vorsitzende der Arbeitsgemeinschaft, Prof. Dr. Manfred

Der fünfköpfige Vorstand der Arbeitsgemeinschaft der Ressortforschungseinrichtungen bei der Gründungsversammlung im Preußischen Landtag zu Berlin: (v.l.n.r.) Prof. G. Flachowsky, Prof. M. Hennecke, Prof. J. Löwer, Dr. W. Strubelt , J. Thießen

Hennecke, Präsident der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung.

Alle teilnehmenden Einrichtungen sind in die Geschäftsbereiche einzelner Bundesministerien (Ressorts) eingebunden. Sie dienen als Ratgeber für politische Entscheidungen oder tragen dazu bei, die technische Infrastruktur der Bundesrepublik zu verbessern. Ihre besondere Stärke liegt darin, Forschungsthemen langfristig und kontinuierlich bearbeiten zu können.

Zusätzlich erbringen die meisten Einrichtungen wichtige, zum Teil gesetzlich festgelegte Leistungen auf den Gebieten der Prüfung, Zulassung und Regelsetzung. Damit kommen die wissenschaftlichen Erkenntnisse auch dem Gemeinwohl sowie Praxis und Wirtschaft zugute. „Das ist in der öffentlichen Wahrnehmung nicht immer genügend bekannt", meint Professor Hennecke.

Neben einer verstärkten Außendarstellung hat sich die Arbeitsgemeinschaft die Qualitätssicherung der wissenschaftlichen Arbeit auf die Fahnen geschrieben. Als Grundlage für den Zusammenschluss dient ein Positionspapier mit dem Titel „Forschen – prüfen – beraten", das die Aufgaben und Besonderheiten der Ressortforschung beschreibt (abrufbar unter www.ressortforschung.de). Die Gründung der Arbeitsgemeinschaft ging auf eine Initiative des Senats der Bundesforschungsanstalten des Verbraucherministeriums zurück. *(Senat)*

Senat der Bundesforschungsanstalten

Zusammenarbeit mit der FAO aktivieren

Delegation des Senats führte Gespräche in Rom

Mit dem Ziel, die Zusammenarbeit zwischen den Forschungseinrichtungen im Geschäftsbereich des Bundesverbraucherministeriums (BMVEL) und der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) zu intensivieren, hat eine fünfköpfige Delegation des Senats der Bundesforschungsanstalten am 18./19. Mai 2005 in Rom Gespräche mit führenden FAO-Vertretern geführt. Als Organisation, die sich besonders dem Wissenstransfer und dem Aufbau von Konpetenzschwerpunkten in den Zielregionen verpflichtet fühlt, ist die FAO sehr an Kooperationen bzw. an der Entwicklung von Netzwerken auf verschiedenen Ebenen interessiert (z. B. gemeinsame Projekte, Bereitstellung von Experten). Gegenwärtig hat die FAO weltweit rund 600 Kooperationsverträge mit verschiedenen Partnern abgeschlossen.

Als Gebiete, die für Kooperationen besonders in Frage kommen, wurden unter anderem genannt: Pflanzen- und tiergenetische Ressourcen, Ressourcenmanagement (Wasser, Land u. a.), Tierschutz und Tiergesundheit, nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie, Pflanzenschutz, Nachhaltigkeit der Agrar-, Forst und Fischereiwirtschaft, Probleme der Unter- und Überernährung, Ökolandbau, ländliche Entwicklungen und Armutsbekämpfung, Auswirkungen der Globalisierung sowie grenzüberschreitende Probleme (z. B. Tierseuchen, Schadstoffe in Luft und Wasser).

Eine Zusammenarbeit könnte konkret über den Austausch von Visiting Experts und Doktoranden, durch gemeinsame Forschungs- und Beratungsprojekte sowie durch gemeinsame Tagungen erfolgen. Erleichtert würden diese Aktivitäten durch ein Rahmenabkommen zwischen BMVEL und FAO (Memorandum of Understanding). *(Senat)*

Friedrich-Loeffler-Institut

Erster „Born-after-ban" Fall in Deutschland

BSE-Kontamination durch weitergenutzte Futtermittel nicht auszuschließen

Das Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) auf der Insel Riems hat am 4. Mai 2005 den ersten BSE-Fall bei einem Rind aus Deutschland bestätigt, das nach dem In-Kraft-Treten des Verfütterungsverbots für Tiermehl und Tierfett zum 2. Dezember 2000 geboren worden war. Bei dem Tier handelte es sich um ein ca. 46 Monate altes weibliches Rind aus Bayern, das im Rahmen der BSE-Monitoring-Untersuchungen bei verendeten Tieren aufgefallen war. Das FLI konnte den Verdacht mit Hilfe eines immunhistochemischen Nachweises des pathologischen BSE-Prion-Proteins im Hirnstamm des Tieres bestätigen.

Es war nicht zu erwarten, dass mit dem Inkrafttreten des Verfütterungsverbots schlagartig keine Neuinfektionen von Rindern mit BSE mehr auftreten. Das Auftreten so genannter 'BARB' (born after the

real oder reinforced ban') Fälle ist bereits aus Großbritannien bekannt. Solche Fälle sind vermutlich auf die Weiternutzung noch vorhandener Futtermittelvorräte zurückzuführen, die noch mit BSE-Prionen kontaminiert waren. Gegenwärtig werden vom FLI in Zusammenarbeit mit den bayerischen Behörden weitergehende epidemiologische Untersuchungen durchgeführt, um die vermutliche Infektionsquelle für das BSE-infizierte Rind zu finden.

Auch das Vorkommen spontaner (d.h. nicht infektionsassoziierter) BSE-Fälle bei Rindern (analog zu den spontanen CJD-Fällen beim Menschen) kann nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Die zeitliche Nähe des Geburtsdatums des jetzigen Falles zum In-Kraft-Treten des Verfütterungsverbots lässt aber eine spontane Entstehung dieses Falles nach Ansicht des FLI weniger wahrscheinlich erscheinen. *(FLI)*

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung

Beginn einer „Naturwirtschaft"

ZALF kooperiert mit Naturpark Märkische Schweiz

Um die Attraktivität der Märkischen Schweiz als Naherholungsgebiet weiter zu erhalten und zu erhöhen, werden die Landschaftsforscher des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. die Leitung des Naturparks Märkische Schweiz mit ihrer Forschung unterstützen. Das ZALF entwickelt vielfältige Konzepte, um standortangepasste Nutzungen zusammenzubringen.

Damit nun diese Konzepte mit Leben erfüllt werden können, unterzeichneten am 23. Februar 2005 der Direktor des ZALF, Prof. Hubert Wiggering, und der Leiter des Naturparks Märkische Schweiz, Dr. Meinhard Ott, eine Kooperationsvereinbarung. Ziel dieser Vereinbarung ist ein gegenseitiger Daten- und Informationsaustausch zu Fragen der Landschaftsgenese, der Landnutzung und Landnutzungsgeschichte sowie des Landschaftswasserhaushalts.

Der Zuflug von Kranichen (hier in der Märkischen Schweiz) wird von Naturschützern und Landnutzern unterschiedlich gern gesehen.

Agrarlandschaftsforschung kann nicht im „luftleeren Raum" betrieben werden, sie bedarf einer experimentellen Basis. Dementsprechend werden sich beide Partner auch bei zukünftigen Untersuchungen in der Landschaft unterstützen. Fragen der Landschaftsentwicklung mit teilweise anfänglich unterschiedlichen Interessen zu analysieren und zukünftige Vorgehensweisen miteinander in Einklang zu bringen wird für beide Seiten nutzbringend sein. *(ZALF)*

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Absatzprobleme für deutsches Ökorindfleisch

Hohe Produktionskosten und niedrige Rentabilität

Ähnlich wie im konventionellen Bereich ist auch die ökologische Rindfleischproduktion in Deutschland durch relativ hohe Produktionskosten gekennzeichnet. Im Öko-Segment kommen häufig Absatzschwierigkeiten und eine geringe Rentabilität hinzu. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie des Instituts für Betriebswirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig.

Das Autorenteam aus deutschen und internationalen Experten analysierte die Stärken und Schwächen der ökologischen Rindfleischproduktion in Deutschland im Vergleich zu Frankreich, Österreich, der Tschechischen Republik und Argentinien. Darüber hinaus wurden Vermarktungsinitiativen in Frankreich, Österreich, Großbritannien und der Schweiz hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse untersucht.

Bei der Analyse typisch ökologisch wirtschaftender Betriebe in den Untersuchungsländern zeigte sich, dass die deutschen Betriebe auf der Erlösseite stark sind, was aber im Wesentlichen an den hohen Direktzahlungen liegt. Schwächen der deutschen Betriebe sind hauptsächlich die hohen Produktionskosten und die vergleichsweise geringe Rentabilität. Auch nach der Agrarreform werden Öko-Betriebe zukünftig mit Einkommensrückgängen rechnen müssen.

Handlungsbedarf sieht das Experten-Team hauptsächlich auf der Absatzseite und bei den beteiligten Marktpartnern selber. So kann das Ökorindfleisch in vielen Fällen nur konventionell vermarktet werden, also zu gleichen Preisen wie konventionell erzeugtes Rindfleisch. Eine Differenzierung der Absatzkanäle könnte sich hier positiv auswirken. Eine höhere Produktqualität, eine intensivere Zusammenarbeit zwischen den Marktpartnern und eine verstärkte Werbung für Ökorindfleisch sind weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Situation.

Die Studie wurde vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft gefördert und im Rahmen des International Farm Comparison Network IFCN (www.ifcnnetwork.org) durchgeführt. *(FAL)*

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Pflanzenkrankheiten biologisch bekämpfen

Internationales Symposium an der Bergstraße

Wie soll man bakterielle Pflanzenkrankheiten im Freiland bekämpfen? Das Ausbringen von Antibiotika – zum Beispiel gegen den Feuerbrand, eine der gefährlichsten Obstbaukrankheiten – wird aus Sicht des vorbeugenden Gesundheitsschutzes zu Recht als sehr problematisch angesehen. Auch im Gartenbau und in anderen Kulturen stellen Bakterienkrankheiten Praktiker wie Forscher vor große Probleme. Das 1. internationale Symposium zur biologischen Bekämpfung von bakteriellen Pflanzenkrankheiten will ein Forum für neue wissenschaftliche Ansätze bieten, Pathogene mit natürlichen Gegenspielern oder Naturstoffen in Schach zu halten. Das Institut für biologischen Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) veranstaltet das Symposium gemeinsam mit der TU Darmstadt vom 23.–26.10.2005 in Seeheim an der Bergstraße nahe Darmstadt. Nähere Informationen sind online abrufbar unter symposium2005@bba.de. *(BBA)*

Feuerbrand: schwer bekämpfbare Bakterienkrankheit im Obstbau

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Roadmaps zu mehr Effizienz in der N-Düngung

Stickstoff-(N)-Verluste aus der Landwirtschaft sind ein ernsthaftes Problem für die Umwelt. Deshalb haben Europas Umweltminister bereits 1988 eine Verringerung der N-Überschüsse um 50 % beschlossen. Mit seither kaum mehr als 10 % Reduktion bleibt Deutschland weit hinter diesem Ziel zurück. Welche Handlungsoptionen speziell die Pflanzenproduktion bietet, wurde am 22. Februar 2005 in einem gemeinsam vom FAL-Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde und dem BMVEL veranstalteten Workshop beleuchtet.

Rechnerisch große Bedeutung für die Höhe des Bilanzüberschusses haben die so genannten „unvermeidbaren" Verluste, die durch Ausgasung oder Auswaschung sowie bei Lagerung und Ausbringung organischer Dünger auftreten und vom Landwirt selbst bei Anwendung guter fachlicher Praxis kaum beeinflusst werden können. Vorgeschlagen wurde eine standortspezifische Berechnung, die Landwirten für leichte Böden in regenreicheren Regionen höhere „unvermeidbare" Verluste und damit auch eine höhere Düngung zugesteht als für schwerere Böden in trockeneren Regionen. Dass ein Landwirt auf potenziell verlustreicheren Standorten zum Gegensteuern von Ertragsverlusten mehr düngen dürfen soll, anstatt die N-Düngung zur Vermeidung von Umweltschäden einzuschränken, ist allerdings stark umstritten.

Neue Untersuchungen aus Bayern bestätigten, dass die Menge an tierischen N-Ausscheidungen in viehhaltenden Betrieben nicht nur mit dem Überschuss der N-Bilanz, sondern auch mit dem Verbrauch von Stickstoff-haltigem Mineraldünger korreliert. Dies ist auch einer der Hauptgründe, warum in Öko-Betrieben der Bilanzüberschuss für N erheblich geringer ausfällt. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die aus Dänemark berichtete Entwicklung, wo es durch Vorgabe Tierbesatz-abhängiger Quoten für die Düngung mit Mineraldünger-N gelang, den Überschuss der nationalen N-Bilanz um 48 % zu reduzieren.

Gemessen an dirigistischen Maßnahmen fallen Effekte, die sich aus verbesserter Produktionstechnik ergeben könnten, deutlich geringer aus. Vorgestellt wurden Maßnahmen des Pflanzenbaus (v. a. Zwischenfruchtbau) sowie pflanzenzüchterische Ansätze und bedarfsgerechte düngetechnische Maßnahmen („Precision Agriculture"). Letztere hat zwar theoretisch ein erhebliches Potenzial, ihre technische Umsetzung ist aber noch viel zu kostenintensiv.

Fazit der Veranstaltung: Für eine deutliche Verbesserung der N-Effizienz spielt in erster Linie das gesamtbetriebliche Nährstoffmanagement eine wesentliche Rolle. An dieser Stelle erweisen sich die gründliche Ausbildung junger Landwirte und eine fundierte und unabhängige Beratung langfristig als Schlüssel zum Erfolg. *(FAL)*

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung

Insekten: Herausforderung für Informationstechniken

Deutsches Entomologisches Institut jetzt in Müncheberg

„Kann es sich ein Entomologe künftig noch leisten, die moderne Informationstechnik nicht zu nutzen", fragte einer der Redner auf dem Workshop „Entomologie & Information" des Deutschen Entomologischen Instituts, der vom 4.–6. April 2005 im Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. in Müncheberg – dem neuen Standort des Instituts – stattfand.

Forschungen an Insekten konfrontieren den Bearbeiter regelmäßig mit Informationsproblemen. Die „große Zahl" begegnet ihm ständig in der Fülle der Insektenarten und Individuenzahlen, in der Vielfalt ihrer Lebensäußerungen und ökologischen Wechselwirkungen. Dies spiegelt sich ebenso in der Literatur wider. Es ist offensichtlich, dass die weltweit anfallenden riesigen Datenmengen nur mit Hilfe vernetzter, gemeinsam betriebener Informationssysteme ausgewertet werden können. Rund 40 Entomologen, Bibliothekswissenschaftler und Informatiker diskutierten auf dem Workshop ihre Ansätze zur Lösung der Probleme: innovative Methoden zur Gewinnung, Bereitstellung und gemeinsamen Nutzung von Daten, die Einrichtung von virtuellen Fachbibliotheken und virtuellen Arbeitsräumen, IT-gestütztes modernes Sammlungsmanagement.

Das in das ZALF eingegliederte Deutsche Entomologische Institut stellte sich mit seinem Konzept für eine „Thematische

Entomologen und Informatiker kamen im ZALF zusammen.

Wissenssammlung Entomologie" als überregionales entomologisches Informationszentrum vor, dessen reiche Bestände an Literatur und Sammlungsmaterial noch besser genutzt werden sollen. *(ZALF)*

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel

Wärme auf den Punkt gebracht

Am 21. März 2005 fand in der Stadthalle Kulmbach das 1. Bayreuth-Kulmbacher Fachgespräch statt. Die Tagung soll der Beginn einer lockeren Folge gemeinsamer Veranstaltungen der Universität Bayreuth und der Bundesforschunganstalt für Ernährung und Lebensmittel, Standort Kulmbach, sein. Dieses Mal war das Gespräch vermischten Themen aus der Lebensmittelforschung gewidmet.

Manfred Nüssel, Präsident des Deutschen Raiffeisenverbandes, leitete die Tagung mit einem Referat zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln ein. Als Instrument des Verbraucherschutzes ist die Herkunftskennzeichnung vor allem für Rindfleisch ein gesetzliches Muss. Lebensmittelsicherheit ergibt sich allein daraus jedoch noch nicht. „Mindestens ebenso wichtig ist es, die komplexe Kette der Lebensmittelherstellung organisatorisch im Griff zu haben", mahnte Nüssel auf der Tagung an.

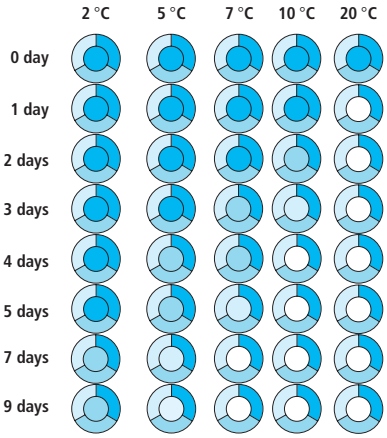
Schadstoffe in Lebensmitteln werden seit vielen Jahren – zum Teil sehr emotional – diskutiert. Karl-Otto Honikel, BFEL Kulmbach, zeigte am Beispiel Fleisch deren Vielfalt auf. Organochlorverbindungen, Dioxine, Schwermetalle und zuletzt Radiocäsium als langlebiger Teil des Tschernobyl-Fallouts sind die bekanntesten von ihnen. Das Gesamtbild ist aber eher beruhigend: Das Muskelfleisch unserer landwirtschaftlichen Nutztiere zeigt insgesamt nur geringe Belastungen – es sind das Fett und die inneren Organe von älteren Tieren, in denen verstärkt Kontaminanten zu finden sind.

Kühlung ist eines der wichtigsten Instrumente der Lebensmittelsicherheit. Dietrich Haarer von der Universität Bayreuth erläuterte, dass die „Wärmedosis", die ein Lebensmittel mitbekommen hat, eine höchst bedeutsame Information ist, die jetzt auch messtechnisch erfassbar ist. „Das haben wir auf den Punkt gebracht", so Haarer. Auf einen „Blauen Punkt" nämlich, der als optischer Sensor auf die Verpackung aufgebracht wird und seine Farbe je nach Einhaltung der Kühlkette verändert. Je höher die Umgebungstemperatur ist, desto schneller verblasst der blaue Punkt. Mit dem patentierten Verfahren lässt sich die Frische des Produkts vom Endverbraucher auf einen Blick beurteilen.

Nahrungsmittelallergien, hervorgerufen von sehr stabilen Proteinen, machen empfindlichen Verbrauchern zunehmend zu schaffen. Kreuzallergien sind besonders problematisch, weil sie über mehrere Lebensmittel übergreifend wirken. Genau diese Gruppe war für Paul Rösch von der Universität Bayreuth besonders interessant. Am Beispiel des Birkenpollen-Nuss-Obst-Syndroms lässt sich nämlich zeigen, dass die verantwortlichen Allergene dieser Gruppe in der Aminosäurezusammensetzung des Moleküls jeweils völlig unterschiedlich sind, sich aber in ihrer räumlichen Struktur wie ein Ei dem anderen gleichen. Damit ist man dem Verständnis des Wirkprinzips ein gutes Stück näher gekommen.

Die EU ist tolerant, was Zutaten in Lebensmitteln betrifft. Vieles ist möglich, wenn es nur auf der Zutatenliste aufgeführt ist. Das setzt Kontrolle und Kontrollmethoden voraus. Fredi Schwägele, BFEL Kulmbach zeigte, dass es über die Bestimmung spezifischer DNA-Fragmente möglich ist, Beimengungen von Tier- und Pflanzenarten sicher zu erkennen. Allerdings lässt sich bislang nur mit großen Unsicherheiten bestimmen, wie viel von der betreffenden Substanz beigemengt wurde. Für die Kontrolle gesetzlich festgelegter Grenzwerte ist aber genau diese mengenmäßige Bestimmung unabdingbar.

Mit mehr als 200 Teilnehmern erfüllte die Auftaktveranstaltung alle Erwartungen. Die Initiatoren waren sich einig, dass es beim ersten Fachgespräch nicht bleiben soll und dass beide Institutionen ihre Arbeit an gemeinsamen Projekten intensivieren werden. *(BFEL)*



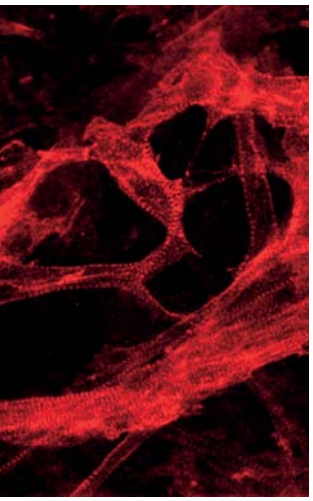
Der „Blaue Punkt" als Frische-Indikator: In der Mitte befindet sich der temperaturempfindliche Sensorpunkt, der äußere Kreis besteht aus unempfindlichen Vergleichsfarben. Bei zunehmender Temperatur und mit zunehmender Einwirkdauer verblasst die blaue Farbe. (Grafik: Haarer)

Bundesinstitut für Risikobewertung

Alternativen zu Tierversuchen

Internationale Tagung in Berlin

Vom 21. bis 25. August 2005 treffen sich zum fünften Mal Experten aus aller Welt, um sich über neueste Forschungsergebnisse zum Ersatz, zur Reduzierung und zur Verbesserung von Tierversuchen auszutauschen. Im Fachjargon spricht man von den 3 Rs: Replace – Reduce – Refine. Organisiert wird der „5th World Congress on Alternatives & Animal Use in the Life Sciences" vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Fachgruppe „Alternativmethoden zu Tierversuchen – ZEBET". Nachdem der Weltkongress zweimal in den USA, einmal in Italien und einmal in den Niederlanden stattfand, ist der aktuelle Tagungsort Berlin.



Differenzierte Herzmuskelzellen aus embryonalen Stammzellen der Maus

Damit wird auch die international erfolgreiche Arbeit der in Berlin angesiedelten ZEBET gewürdigt, die sich derzeit zwei Schwerpunkten widmet: der Entwicklung sicherheitstoxikologischer Tests mit dreidimensionalen Hautmodellen und dem Embryonalen Stammzelltest EST als neuem Testverfahren in der Reproduktionstoxikologie.

Seit rund 25 Jahren kann die Haut aus Zellen menschlicher Hautproben biotechnologisch hergestellt werden. Die beste Qualität weisen die von zahlreichen Herstellern kommerziell angebotenen Hautmodelle auf, die eine Hornschicht entwickeln, denn sie bilden die wichtigste Funktion der Haut perfekt ab: die Barriere gegen das Eindringen von Fremdstoffen. Mit diesen dreidimensionalen Hautmodellen lassen sich toxikologische Tierversuche an der Haut von Kaninchen ersetzen. Im BfR wurde ein Test auf ätzende Eigenschaften chemischer Stoffe entwickelt, der im Jahr 2004 weltweite Anerkennung durch die OECD erhalten hat. Derzeit koordiniert das BfR einen von der Europäischen Kommission finanzierten Ringversuch, in dem Laboratorien in Europa und den USA prüfen, wie hautreizende Stoffe mit Hautmodellen zu identifizieren sind. Bei erfolgreichem Abschuss kann das akute Gefährtdungspotenzial von Stoffen bei Kontakt mit der Haut ohne Tierversuche ermittelt werden.

Der bei der ZEBET entwickelte Embryonale Stammzellentest EST hat sich als viel versprechende Ersatz- und Ergänzungsmethode zum konventionellen Tierversuch erwiesen, mit dem sich embryotoxische (= fruchtschädigende) Nebenwirkungen von Arzneimitteln und Chemikalien aufdecken lassen. Bislang waren dafür zeit- und tieraufwändige Studien notwendig. Das Testmodell nutzt das Potenzial pluripotenter embryonaler Stammzellen der Maus, sich unter bestimmten Laborbedingungen spontan in schlagende Herzmuskelzellen zu differenzieren. Ob ein Stoff schädlich auf die Zellen wirkt, lässt sich unter dem Mikroskop anhand der Schlagfrequenz der Herzmuskelzellen direkt beurteilen. Der Test konnte mit Erfolg wissenschaftlich validiert werden und wurde 2002 von dem Europäischen Validierungszentrum als Ersatz- und Ergänzungsmethode zum Tierversuch offiziell anerkannt. *(BfR)*

Bundesforschungsanstalt für Fischerei

Dorsch kritisch, Entspannung bei Hering und Sprotte

Die Fischbestände der Ostsee befinden sich zum Teil in einem beunruhigenden Zustand. Besonders der Ostseedorsch ist durch Überfischung, aber auch durch ungünstige Umweltbedingungen, in seiner Bestandserholung beeinträchtigt. Der fortgesetzte Dorschfang verjüngt den Bestand immer mehr und erschwert damit die Reproduktion der Tiere. Die Dorschbestände zu erhalten bzw. wiederherzustellen ist Teil des Programms einer Arbeitsgruppe des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES), die sich mit dem Fischereimanagement in der Ostsee befasst.

Vom 12. bis zum 21. April 2005 tagte die ICES-Arbeitsgruppe erstmals in Hamburg an der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi). Unter dem Vorsitz von Dr. Tomas Gröhsler vom BFAFi-Institut für Ostseefischerei in Rostock beurteilten die Wissenschaftler aus neun Ostsee-Anrainerstaaten die derzeitige Bestandssituation sowie die kurz- und mittelfristigen Vorhersagen der Bestandsgrößen für Dorsch, Hering, Sprotte und Flunder. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für wissenschaftliche Empfehlungen zur zukünftigen Bewirtschaftung der Fischbestände in der Ostsee.

Während die Situation für die meisten Heringsbestände und Sprotte weiterhin unbedenklich erscheint, schätzen die Wissenschaftler die Lage der Dorschbestände als unverändert kritisch ein. Schonmaßnahmen sind hier dringend erforderlich.

Der Tagung voraus ging ein Treffen der ICES-Arbeitsgruppe „Baltic International Fish Survey". Dort werden die alljährlichen akustischen Surveys und Trawlsurveys koordiniert. Die Bestände der frei schwimmenden Fischarten Hering und Sprotte lassen sich auf akustischem Wege erfassen. Dazu werden in schneller Folge akustische Signale in das Wasser gesendet und die Reflexionen der Signale durch die Fische gemessen. Dorsche und Plattfische entziehen sich dieser Methode. Ihre Bestandssituation wird mit Hilfe standardisierter Grundschleppnetz-Fänge von Fischtrawlern abgeschätzt. *(BFAFi)*

IMPRESSUM

FORSCHUNGSREPORT
Verbraucherschutz – Ernährung – Landwirtschaft
1/2005 (Heft 31)

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

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

Redaktionsbeirat:
Dr. Stefan Kühne, BBA

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

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

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

Erscheinungsweise:
Der ForschungsReport erscheint zweimal jährlich

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

ISSN 0931-2277

Druck auf Papier mit Recyclinganteil

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) unterhält einen Forschungsbereich, der wissenschaftliche Grundlagen als Entscheidungshilfen für die Verbraucherschutz-, Ernährungs-, und Landwirtschaftspolitik der Bundesregierung erarbeitet und damit zugleich die Erkenntnisse auf diesen Gebieten zum Nutzen des Gemeinwohls erweitert (www.verbraucherministerium.de, Rochusstr. 1, 53123 Bonn, Tel.: 0228/529-0). Dieser Forschungsbereich wird von sieben Bundesforschungsanstalten, der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) sowie dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) gebildet und hat folgende Aufgaben:

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

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

■ **Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ):**
Forschung auf dem Gebiet der Pflanzenzüchtung und angrenzender Gebiete. Beratung der Bundesregierung insbesondere zu den Schwerpunkten Genetische Ressourcen, Erweiterung des Kulturartenspektrums, Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Kulturpflanzen sowie Verbesserung wichtiger Eigenschaften und Inhaltsstoffe. Die Arbeiten der BAZ schaffen Grundlagen zur Erzeugung hochwertiger Agrarprodukte, zur Ressourcenschonung und zur Entlastung der Umwelt durch die Verringerung des Pflanzenschutzmittelaufwandes (Neuer Weg 22/23, 06484 Quedlinburg, Tel.: 03946/47-0, www.bafz.de).

■ **Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (FLI):**
Eine selbstständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsanstalt mit im Tierseuchengesetz und Gentechnikgesetz festgelegten Aufgaben. Erforschung und Erarbeitung von Grundlagen für die Bekämpfung von Tierseuchen sowie weiterer wichtiger viraler, bakterieller und parasitärer Infektionen von Nutztieren (Boddenblick 5a, 17493 Greifswald Insel Riems, Tel.: 038351/7-0 (www.fli.bund.de).

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

■ **Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi):**
Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Wahrnehmung deutscher Verpflichtungen und Interessen in der Gemeinsamen Europäischen Fischereipolitik, in den internationalen Meeresnutzungs- und Schutzabkommen sowie im Lebensmittelrecht (Palmaille 9, 22767 Hamburg, Tel.: 040/38905-0, www.bfa-fisch.de).

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

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

■ **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 fur den Einsatz in der Toxikologie entwickelt (Thielallee 88, 14195 Berlin, Tel.: 01888/412-0, www.bfr.bund.de).

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

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

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