

WISSENSCHAFTS JOURNAL

der
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg



scientia halensis

- 140 Jahre Agrarwissenschaften in Halle
- Windkraftnutzung in Sachsen-Anhalt
- Antriebe für Landmaschinen der Zukunft
- Forschungen an der Kuh

ANZEIGE RIPPEL IMMOBILIEN

Editorial

Wolfgang Merbach und Peter Pickel 4

140 Jahre Agrarwissenschaften in Halle

Rückblick und Perspektiven

Wolfgang Merbach 5

Warum platzen Süßkirschen?

Über Ursachen und Mechanismen dieses Phänomens

Moritz Knoche, Marco Beyer, Stefanie Peschel und Martin J. Bukovac 7

Ist unsere Landwirtschaft zukunftsfähig?

Diskussion um die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme

Olaf Christen und Kurt-Jürgen Hülsbergen 9

Starker Wind in Sachsen-Anhalt!

Probleme und Perspektiven der Windkraftnutzung in Sachsen-Anhalt

Hans-Friedrich Wollkopf, Jürgen Döring, Karl-Heinz Daehre und Peter Bauch 12

Precision Farming – von der Wissenschaft zur Praxis

Über den Nutzen von »GPS« für die Landwirtschaft der Zukunft

Peter Wagner und Jürgen Heinrich 14

Weniger ist mehr!?

Entkoppelte Direktzahlungen an die Landwirtschaft

Kathrin Happe und Alfons Balmann 16

Energie sparen mit Öl als Druckmedium – geht das?

Die Grenzen hydrostatischer Antriebe überwinden

Peter Pickel 19

Moorforschung im Harz

Entwicklung und Schutz der Moore im Nationalpark Hochharz

Sabine Bernsdorf, Nadine Böhlmann, Ralph Meissner und Wolfgang Merbach 21

Wasser- und Nährstofftransport bei höheren Pflanzen

Über Xylemferntransport und Nährstoffverteilung in Blättern

Wolfgang Merbach, Dietmar Lüttschwager, Katja Hüve und Rainer Remus 23

Die Dauerdüngungsversuche in Halle

Ihre Bedeutung und ihre Besonderheiten

Wolfgang Merbach und Lothar Schmidt 25

Die Architektur des Bodens

Bauherren der Pedosphäre: Zu ihrer agronomischen Bedeutung

Georg Guggenberger 27

Robustes Qualitätsgetreide

Getreidezüchtung am Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz

Eberhard Weber 29

Erhitzte Speisefette und Stoffwechsel

Untersuchung ihrer Wirkungen bei Modelltieren

Klaus Eder 31

Vom Grashalm zum Milchtropfen – Faszination Pansen

Wie Einzeller und Kühe gemeinsam Milch »produzieren«

Jeannette Boguhn und Markus Rodehutschord 33

Auch die Füße sind wichtig!

Forschung an der Milchkuh

Hermann H. Swalve 35

Personalien 37

Autoren/Rätsel 38

Titelfoto: Mikroskopische Risse in der Fruchthaut der Süßkirsche

IMPRESSUM

scientia halensis – Wissenschaftsjournal der
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Ausgabe 4/2003, 11. Jahrgang
erscheint viermal im Jahr

HERAUSGEBER

Der Rektor der Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

REDAKTION

Dr. Monika Lindner (Verantwortliche dieser
Ausgabe), Ute Olbertz, Dr. Margarete Wein

REDAKTIONSBEIRAT (für scientia halensis –
Universitätszeitung und Wissenschaftsjournal):

Prof. Dr. Wilfried Grecksch (Rektor),
Prof. Dr. Marlis Ahlert, Prof. Dr. Dr. Gunnar
Berg, Prof. Dr. Heinrich Dilly, Prof. Dr. Wilfried
Herget, Prof. Dr. Armin Höhland, Dr. Monika
Lindner, Stefan Mey, Ute Olbertz, Prof. Dr. Joa-
chim Radke, Katrin Rehschuh, Prof. Dr. Hermann-
Josef Rupieper, Dr. Heiner Schnellling, Dr. Ralf-
Torsten Speler, Prof. Dr. Hermann H. Swalve, Ing-
rid Stude, Prof. Dr. Jörg Ulrich, Dr. Margarete
Wein

GRAFIK-DESIGN

Barbara und Joachim Dimanski
Dipl.-Grafik-Designer AGD/BBK

ANSCHRIFT DER REDAKTION

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Rektorat

Universitätsring 14

06099 Halle (Saale)

Telefon: 0345 55-21420/22/24

Fax: 0345 55-27082, 0345 55-27254

E-Mail:

m.lindner@verwaltung.uni-halle.de

m.olbertz@verwaltung.uni-halle.de

m.wein@verwaltung.uni-halle.de

Internet: <http://www.uni-halle.de>

LAYOUT

Dr. Monika Lindner

Jens Gerth (Umschlagseiten)

DRUCKVORBEREITUNG & DRUCK

AF Druck GmbH Holleben

ANZEIGENPREISLISTE 2002

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben
nicht unbedingt die Meinung der Redaktion
oder des Herausgebers wieder.

Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte
oder Bilder keine Haftung.

ISSN 0945-9529

scientia halensis erscheint mit freundlicher
Unterstützung der *Vereinigung der Freunde
und Förderer der Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg e. V.*

EDITORIAL

Wolfgang Merbach und Peter Pickel

4

Die Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ist eine moderne und zukunftsorientierte Forschungs- und Ausbildungsstätte für den Agrar-, Ernährungs- und Umweltsektor. Sie bietet die einzige universitäre agrarwissenschaftliche Ausbildung in den Bundesländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Die Fakultät liegt in einer Agrarregion, die auf Grund effizienter Betriebs- und Marktstrukturen auch in Zukunft einen bedeutenden Wirtschaftsstandort in Deutschland und Europa repräsentieren wird. Dies gilt besonders für die vor- und nachgelagerten Bereiche der Zulieferer- und Ernährungsindustrie.

1863 wurde durch Julius Kühn das Landwirtschaftliche Institut gegründet. Die Fakultät ist somit die älteste agrarwissenschaftliche Lehr- und Forschungsstätte an einer deutschen Universität. Sie hat eine – auch im internationalen Maßstab – lange wissenschaftliche Tradition. Dafür stehen Namen wie Julius Kühn, Karl Schmalfuß und Theodor Roemer. Sie verfügt über den zweitältesten Dauerdüngungsversuch der Welt und weitere Dauerversuche und mit dem Kühn-Museum (Haustiergarten) über eine einzigartige wissenschaftlich-historische Sammlung.

Die Fakultät hat wichtige Aufgaben bei der ökologischen und betrieblichen Standortisierung landwirtschaftlicher Unternehmen oder von Agrarlandschaften in den fruchtbarsten Agrarregionen Deutschlands (Magdeburger Börde, Thüringer Becken, Sächsisches Hügelland) sowie bei der Agrarentwicklung Mittel- und Osteuropas. Darüber hinaus ist sie dem Schutz und der Wiederherstellung nachhaltig intakter Bodenschichten bzw. Agrarräume in Lehre und Forschung besonders verpflichtet.

Im Mittelpunkt der Forschung steht die anwendungsorientierte Grundlagenforschung auf naturwissenschaftlichem und ökonomischem Gebiet sowie die Entwicklung anwendungsorientierter Lösungen einschließlich ihrer Praxisüberführung. Die Landwirtschaftliche Fakultät bietet den Studiengang Agrarwissenschaften (jährlich achtzig bis neunzig Studienanfänger, vier Studienrichtungen) und den interdisziplinären Studiengang Ernährungswissenschaften (gemeinsam mit der Medizinischen Fakultät und dem Fachbereich Chemie, jährlich fünfzig Studienanfänger) an. In Vorbereitung sind ferner die Studiengänge Agricultural Engineering (mit dem Fachbereich Ingenieurwissenschaften und der Fachhochschule Merseburg) und

Ressourcenmanagement (gemeinsam mit dem Fachbereich Geowissenschaften und der Fachhochschule Anhalt).

Die Landwirtschaftliche Fakultät betreibt innerhalb und außerhalb der Universität eine enge Kooperation. Lehrexporte gibt es u. a. in die Geo- und Biowissenschaften sowie in die Universität Leipzig, nach Dresden, Hohenheim und in die Fachhochschule Anhalt. Lehrimporte kommen aus der Physik, Chemie und Biologie (Grundstudium).

Forschungsk Kooperationen und gemeinsame Berufungen bestehen z. B. mit dem Umweltforschungszentrum (UFZ) Leipzig-Halle, dem Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben und dem Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO). Außerdem sind enge Beziehungen zu den Landesanstalten und zur landwirtschaftlichen Praxis – vor allem in Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen – vorhanden.

Das vorliegende Wissenschaftsjournal soll an ausgewählten Beispielen einen Eindruck von der Leistungsfähigkeit und Vielfältigkeit der Landwirtschaftlichen Fakultät vermitteln.

ANZEIGE TROTHER OPTIK

140 JAHRE AGRARWISSENSCHAFTEN IN HALLE

RÜCKBLICK UND PERSPEKTIVEN

Wolfgang Merbach

Vor 140 Jahren – am 27. Februar 1863 – wurde an der Universität Halle das Landwirtschaftliche Institut als Bestandteil der Philosophischen Fakultät gegründet und damit zum ersten Mal in Deutschland die Agrarwissenschaft in Lehre und Forschung als eigenständige wissenschaftliche Disziplin etabliert, nachdem kurz zuvor (1862) Julius Kühn (1825–1910) zum ordentlichen Professor für Landwirtschaft berufen worden war. Diese Gründung war ein wissenschaftlich bedeutsamer Schritt. Einerseits wurden verschiedene Mutterdisziplinen, insbesondere der Natur- und Wirtschaftswissenschaften, zu einem neuen, interdisziplinären Querschnittsgebiet in ganz spezifischer Weise so zusammengefügt, dass wissenschaftliche Kenntnisse in Lehre und Forschung zwanglos in praktisches Handeln münden konnten. Zum anderen verblieb dieses neue Fach in dem universitären Gesamtfächerkanon mit vielfältigen Verflechtungen eingebettet. Diese neue Vorgehensweise löste in Deutschland und Westeuropa die bis dahin bestehenden, stark ökonomisch-juristisch ausgerichteten »Landwirtschaftlichen Akademien« ab, führte in der Folge zur Weltgeltung der deutschen Agrarwissenschaften und ist auch heute noch ein tragfähiges Konzept.

Die halleischen Agrarwissenschaften erwarben sich bald einen bedeutenden internationalen Ruf. Im Jahre 1900 waren bereits mehr als 300 Studenten (davon 25 Prozent aus dem Ausland) eingeschrieben. Meilensteine dieser Entwicklung waren die Gründung einer Feldversuchsstation (heute: Julius-Kühn-Feld Halle, 1866) mit dem derzeit zweitältesten Dauerdüngungsversuch der Welt, dem »Ewigen Roggenbau« (1878), die Anlage des heute noch bestehenden Campus der Fakultät mit dem Haustiergarten, die Begründung einer Haustiersammlung (heute: Julius-Kühn-Museum mit weltbekannter Sammlung von Skeletten und Präparaten von Haus- und Wildtieren) und die Herausgabe einer eigenen wissenschaftlichen Zeitschrift (1911), des späteren »Julius-Kühn-Archivs«, das leider nach der Wende sein Erscheinen aus ökonomischen Gründen einstellte. Weiterhin sind in diesem Zusammenhang die Gründung der Tierklinik, die Einrichtung eines Systematischen Pflanzengartens und die Schaffung von Prüfstationen landwirtschaftlicher Maschinen zu nennen. Das von Kühn entwickelte Studiensystem verband in hervorragender Weise die Theorie mit der Praxis, so dass es von zahlreichen Universitäten übernommen wurde. Hinzu kam die enge Verbindung zur landwirtschaftlichen Versuchsstation der Provinz Sachsen.

Vom Institut zur Fakultät

Im Jahre 1920 wurde das Landwirtschaftliche Institut in fünf selbständige Institute aufgeteilt, die 1923 in der neugegründeten Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät ihre Heimat fanden. Einer der bedeutendsten Landwirtschaftswissenschaftler nach Julius Kühn war Theodor Roemer



Haustiergarten des Landwirtschaftlichen Instituts 1911

Foto: Archiv/Joachim Wussow

(1883–1951), der mit seinen Schülern die Agrarwissenschaften in ganz Deutschland über Jahrzehnte prägte. 1947 wurde durch Hans Stubbe eine eigene Landwirtschaftliche Fakultät gegründet. Das wissenschaftliche Profil der Fakultät orientierte sich damals naturgemäß an der Produktionssteigerung der Landwirtschaft. Sie verfügte über eine gute Lehr- und Forschungsbasis sowie hervorragende Wissenschaftler und pflegte die Kooperation zu vielen außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Im Zuge der 3. Hochschulreform der DDR (1968–70) wurden die Landwirtschaftlichen Fakultäten in Halle und Leipzig umstrukturiert und in Jena geschlossen. In

Halle entstand die Sektion Pflanzenproduktion, in Leipzig diejenige für Tierproduktion und Veterinärwesen. Die Sektion Pflanzenproduktion bildete nun im Rahmen der Studienrichtung Agraringenieurwesen die Fachrichtungen Pflanzenproduktion, Agrochemie und Pflanzenschutz sowie Pflanzenzüchtung und Saatgutproduktion (Abschluss: Diplomagraringenieur) jährlich etwa 220 Direkt- und 30 Fernstudenten aus. Lehre und Forschung waren auf die Ertragssteigerung in der Pflanzenproduktion (z. B. Höchstertragskonzeptionen) und auf die Leitung »sozialistischer«

Großbetriebe ausgerichtet. Trotz der durch Abgrenzung und Eigenberufungen verursachten »Provinzialisierung« wurden auf vielen Forschungsfeldern international anerkannte Leistungen vollbracht.

Umstrukturierung und Neugründung

Nach der politischen Wende und der Umstrukturierung der Universität wurde die Landwirtschaftliche Fakultät am 1. April 1991 unter Einbeziehung von Teilen der Nutztierwissenschaften in Leipzig und Neugestaltung der Wirtschafts- und Sozial-

6

wissenschaften des Landbaus wieder gegründet. Heute verfügt die Landwirtschaftliche Fakultät über 24 Professuren und 154 wissenschaftliche und technische Mitarbeiterstellen, die sich auf die Institute für Acker- und Pflanzenbau, Agrarökonomik und Agrarraumgestaltung, Agrartechnik und Landeskultur, Bodenkunde und Pflanzenernährung, Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz, Ernährungswissenschaften, Tierzucht und Tierhaltung, die Arbeitsgruppe Biometrie und Agrarinformatik (mit Computerpool) sowie die Lehr- und Versuchsstationen Halle (Julius-Kühn-Feld), Bad Lauchstädt und Merbitz verteilen. Darüber hinaus kann die Domäne Görzig für Feldversuche genutzt werden.

Forschen und Studieren auf hohem Niveau

Die Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ist heute eine moderne und zukunftsorientierte Forschungs- und Ausbildungsstätte des Agrar-, Ernährungs- und Umweltsektors für die Länder Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen.

In der Forschung nimmt die Fakultät – gemessen an der Zahl der Publikationen oder der Drittmittelinwerbung (2002: 3,2 Mill. Euro) – einen Spitzenplatz innerhalb der Universität Halle ein. Die Forschung konzentriert sich auf folgende Schwerpunkte, die auf den verschiedenen räumlichen Ebenen (Mikrokosmen, Schlag, Betrieb, Agrarlandschaft, ländlicher Raum) in möglichst intensiver Vernetzung betrieben werden.

- Aufklärung und Steuerung biotischer und abiotischer Prozesse zur effizienten Ressourcennutzung (Boden, Pflanze, Tier),
- Produktionssysteme und Entwicklung



Stuten mit Nachwuchs auf der Weide

der Agrarlandschaft, insbesondere die Schaffung von Grundlagen und praktischen Lösungen,

- Analyse und Politikempfehlungen zum Transformationsprozess der Landwirtschaft und

- Qualität von landwirtschaftlichen Produkten und Lebensmitteln im Erzeugungs- und Verarbeitungsprozess (Ernährungswissenschaften).

Die Fakultät bietet ein Studium der Agrarwissenschaften mit den Studienrichtungen Pflanzenwissenschaften (A), Nutztierwissenschaften (B), Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus (WISOLA, C) sowie Bodenschutz und Landschaftsgestaltung (D) an. Diese Richtungen haben ein viersemestriges Grundstudium gemeinsam und führen nach weiteren fünf Semestern zum Diplom. Außerdem gibt es einen interdisziplinären, neunsemestrigen Diplomstudiengang Ernährungswissenschaften, den die Landwirtschaftliche und die Medizinische Fakultät sowie der Fachbereich Chemie gemeinsam tragen.

Kleine Fakultät mit großem Anspruch

Auch in Zukunft wird die Landwirtschaftliche Fakultät in der Lehre und Forschung der Agrar-, Ernährungs- und Umweltforschung verpflichtet sein. Im Unterschied zu anderen Agrarfakultäten Deutschlands konzentrieren sich die Wirkungsfelder be-

Foto: Schrift der Landwirtschaftlichen Fakultät (1999)

sonders auf die großbetrieblich strukturierte Landwirtschaft der neuen Bundesländer, die mitteldeutsche Agrar- und Industrieregion mit hohem Schwarzerdeanteil und Trockengebietscharakter sowie auf die politischen, ökonomischen und sozialen Transformationsprozesse der Land- und Ernährungswirtschaft der Länder Ostmittel- und Osteuropas. Damit hat sie als die kleinste agrarwissenschaftliche Vollfakultät Deutschlands ein spezifisches Profil.

In Anbetracht der bereits vollzogenen finanziellen und personellen Kürzungen und der allgemeinen Finanzlage wird es auf die Bündelung der Kräfte ankommen. Innerhalb Sachsen-Anhalts betrifft dies vor allem die Kooperation mit der Fachhochschule Anhalt, der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) Bernburg und der Sektion Bodenforschung des Umweltforschungszentrums (UFZ) Leipzig-Halle. Gewächshaus-, Parzellen- und Feldversuche sind zukünftig stärker zwischen den Experimentalstationen der Fakultät, des UFZ und der LLG abzustimmen. Nicht zuletzt sollten die Länder Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen auf der Basis der Dreiländerinitiative ihre Kräfte mehr als bisher auf ihre »gemeinsame« universitäre Agrarforschung und -lehre konzentrieren.

Prof. Dr. Wolfgang Merbach studierte 1958–1964 Landwirtschaft und 1965–66 Chemie in Jena; Promotion 1970 in Jena; Habilitation 1982 in Halle; 1990 Professor an der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Berlin; 1992–98 Institutsdirektor am Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Müncheberg; seit 1998 Professor für Physiologie und Ernährung der Pflanzen an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; 2000–2003 Dekan der Landwirtschaftlichen Fakultät



Der nach seinem Begründer genannte Wohltmann-Schuppen auf dem Julius-Kühn-Feld in Halle

Foto: Archiv/Joachim Wussow

WARUM PLATZEN SÜSSKIRSCHEN?

ÜBER URSACHEN UND MECHANISMEN DIESES PHÄNOMENS

Moritz Knoche, Marco Beyer, Stefanie Peschel und Martin J. Bukovac

Das Platzen von Früchten ist ein weltweites Problem zahlreicher Nutzpflanzen. Eine häufig betroffene einheimische Kultur ist die Süßkirsche, deren Früchte zur Reifezeit bereits nach kurzen Niederschlägen platzen können (s. Abb. unten u. rechts oben). Geplatzte Früchte können nicht vermarktet werden. Sie faulen schnell und stellen Infektionsquellen für benachbarte, noch intakte Früchte dar. Bereits ein Anteil von 25 Prozent geplatzter Früchte macht eine Ernte unrentabel. Bislang stellt eine Folienabdeckung der Obstanlage die einzige wirksame, aber sehr teure Maßnahme zur Verringerung des Platzzrisikos dar.

maß elastischer und plastischer Dehnung und der Häufigkeit der Mikrorisse eine enge Beziehung besteht.

7

Wasseraufnahme als physikalisch-chemischer Transportprozess

Der Transport von Wasser durch die Kutikula der Kirsche kann mit Hilfe klassischer Gesetze des Membrantransportes (Fick'sches Diffusionsgesetz) beschrieben wird. Die Wassertransportrate durch die Fruchtoberfläche ist um so größer, je größer die Fruchtoberfläche und ihr benetzter Anteil, je durchlässiger und leitfähiger die Kutikula für Wasser und je steiler der Wasserpotenzialgradient zwischen Niederschlagswasser und Frucht ist. Da eine hohe Fruchtqualität große Kirschen mit hohen Gehalten an Kohlenhydraten erfordert, ist die Leitfähigkeit der Kutikula der einzige Parameter, der ohne negative Einflüsse auf die Qualität der Früchte optimiert werden kann. Voraussetzung wäre allerdings, dass der größte Teil der Wasseraufnahme über die Fruchtoberfläche erfolgt.



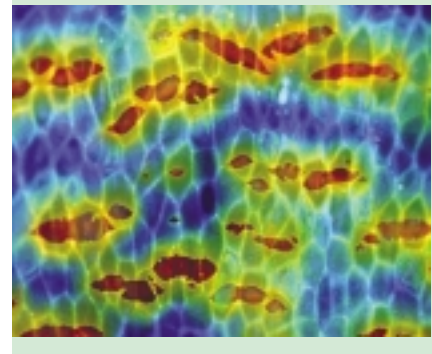
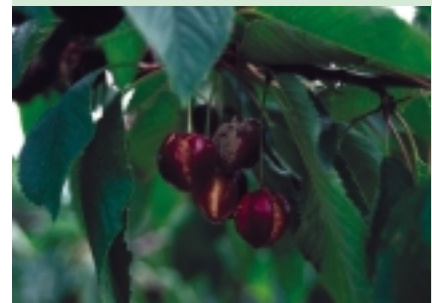
Ursache des Platzens

Als Ursache des Platzens wird der Druck (Turgor) im Fruchtfleisch der Kirsche angesehen, der infolge von Wasseraufnahme in die Frucht zunimmt und die äußeren Gewebeschichten unter Zugspannung setzt (s. Abb. r. u.). Überschreitet der Turgor und damit die Spannung eine kritische Grenze, reißt zunächst die äußere Fruchthaut (Kutikula) ein. Bei weiterer Belastung dehnen sich die Risse in die darunter liegenden Zellschichten aus. In extremen Fällen platzt die Kirsche bis auf den Stein. Damit hängt das Platzen von der Geschwindigkeit der Wasseraufnahme und den mechanischen Eigenschaften der Frucht ab.

Wachsen, der – von Spaltöffnungen, Griffel- und Stielansatz unterbrochen – die gesamte Frucht überzieht. Im Gegensatz zu Tomaten oder Äpfeln, stellen Kirschen bereits wenige Wochen nach der Blüte den Aufbau dieser Kutikula ein. Während die Oberfläche der Frucht ab diesem Zeitpunkt bis zur Ernte noch um bis zu 400 Prozent zunimmt, bleibt die Masse der Kutikula konstant.

Das Resultat dieses Zuwachses an Fruchtoberfläche bei konstanter Kutikulamasse ist die plastische und elastische Dehnung der Kutikula, deren Dicke dabei von 3 bis 4 μm auf 1 μm abnimmt.

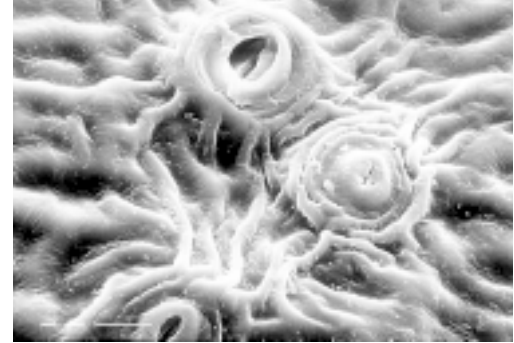
Die wachsende Kirsche verhält sich offenbar ähnlich einem Luftballon, dessen Oberfläche durch Aufblasen zwar zunimmt, dessen »Hüllmasse« jedoch konstant bleibt. Isoliert man die Kutikula der reifen Kirsche und bestimmt deren Fläche, so beträgt sie nur ca. 50 Prozent der Fruchtoberfläche. Die aus elastischer Dehnung resultierende Spannung führt zum Auftreten kleiner, die Barrierefunktion der Kutikula einschränkender Risse. Jüngste Untersuchungen belegen, dass zwischen dem Aus-



Die Fruchthaut der Kirsche

Die Fruchthaut (Kutikula) hat eine wichtige Rolle als Barriere für den Wassertransport und für Pathogene. Sie besteht aus einem natürlichen Hydroxyfettsäurepolyester (Kutin) mit auf- und eingelagerten

Bild links oben: Süßkirschen während eines Niederschlagsereignisses;
Bild rechts oben: geplatzte Süßkirschen wenige Tage nach Niederschlägen;
Bild rechts unten: Risse in der Fruchthaut der Kirsche im Fluoreszenzmikroskop nach Infiltration mit einer Farbstofflösung



Spaltöffnungen auf der Fruchtoberfläche einer reifen Kirsche im Rasterelektronenmikroskop

8

Regionen bevorzugter Wasseraufnahme

Durch Eintauchen von Kirschen in Wasser kann ein Niederschlagsereignis unter kontrollierten Bedingungen im Labor simuliert werden. Wird für dieses Experiment schweres Wasser (D_2O) verwendet, kann das aufgenommene D_2O vom »normalen« Wasser in der Frucht unterschieden und seine Verteilung durch das Verfahren der nuklearmagnetischen Resonanz (NMR) abgebildet werden.

Das Ergebnis eines solchen Experimentes zeigt die Abbildung rechts, die in Kooperation mit dem Fachbereich Physik der Martin-Luther-Universität entstand.

Erkennbar ist, dass die Stielgrubenregion stärker markiert ist und offenbar Wasser schnell aufnimmt. Nicht markiert dagegen ist die Region um die Verwachsungsnaht des Fruchtblattes oder der Griffelansatz an der Spitze der Kirsche.

Quantitative Untersuchungen ergaben, dass ca. 30 Prozent der Wasseraufnahme entlang

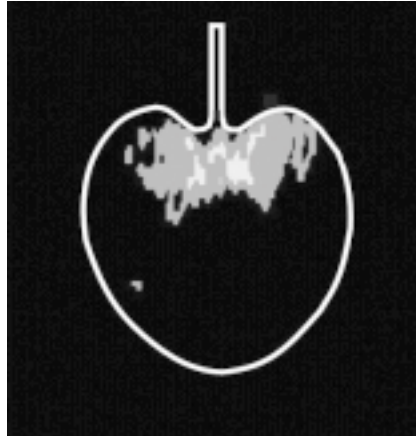
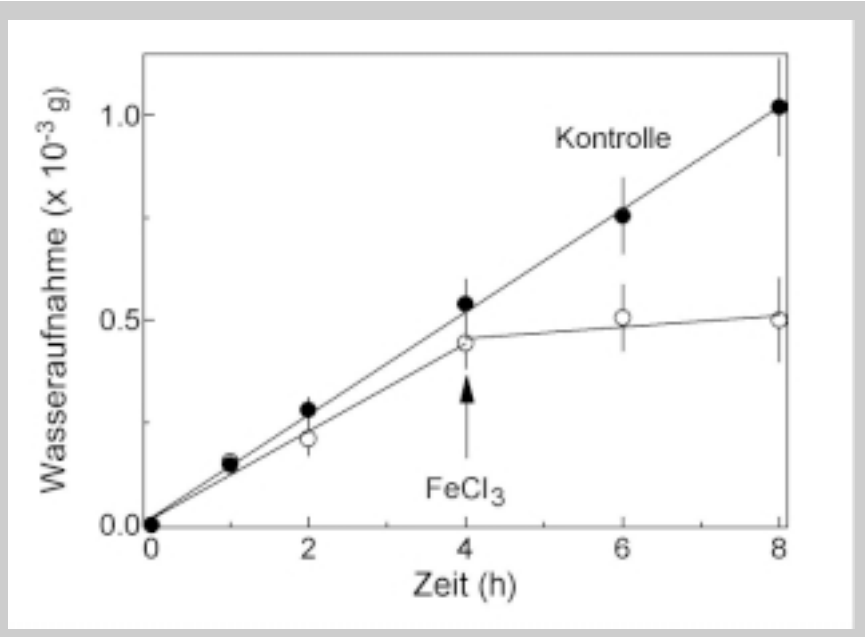


Bild oben: Verteilung von schwerem Wasser in Süßkirschen (heller Umriss) nach Inkubation in D_2O (aus Beyer et al., 2002: HortScience, 37, 637–641); Bild unten: Einfluss von Eisensalzen auf die Wasseraufnahme durch die Oberfläche der Kirsche (aus Beyer et al., 2002: Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 7600–7608)



dem Stielansatz und 70 Prozent der Wasseraufnahme durch die verbleibende Fruchtoberfläche erfolgt.

Wasseraufnahme durch die Fruchthaut

Die Transporteigenschaften der Kutikula der Kirsche weisen einige Besonderheiten auf, die für das Platzen von Bedeutung sind. Im Vergleich zu Früchten anderer Arten ist die Leitfähigkeit für die osmotische

Wasseraufnahme sehr hoch und um den Faktor 10 bis 100 Mal größer als für den umgekehrten Vorgang der Wasserabgabe durch Transpiration. Interessant ist auch, dass die osmotische Wasserleitfähigkeit bis zu 20 Mal größer ist als diejenige der Selbstdiffusion, die mit radioaktiv markiertem Wasser (3H_2O) bestimmt wird. Aus diesem Ergebnis ist abzuleiten, dass die Kutikula bei der Wasseraufnahme von einem Wasserkontinuum durchzogen sein muss, das parallel zur Diffusion eine

schnelle Aufnahme durch viskosen Fluss von Wasser ermöglicht. Gestützt wird diese Hypothese durch die geringere Temperaturabhängigkeit der osmotischen Wasseraufnahme im Vergleich zur Selbstdiffusion. Da die Kirschoberfläche Spaltöffnungen aufweist und die Leitfähigkeit der osmotischen Wasseraufnahme mit zunehmender Spaltöffnungszahl zunimmt, sind Spaltöffnungen direkt oder indirekt an der Aufnahme durch viskosen Fluss beteiligt. Potenziell wirtschaftlich nutzbar ist die kürzliche Entdeckung, dass manche Eisensalze die osmotische Wasseraufnahme und damit die Leitfähigkeit der Kirschhaut um bis zu 70 Prozent verringern können (s. Abb. links unten). Erste Ergebnisse von Laborexperimenten zeigen bei Behandlung mit diesen Eisensalzen eine verbesserte Platzzfestigkeit.

Ausblick

Zukünftige Forschungsarbeiten werden sich auf die Untersuchung der Wege, Mechanismen und Manipulationsmöglichkeiten der Wasseraufnahme durch die Kutikula und der genetischen Variabilität und Beeinflussbarkeit der Kutinsynthese konzentrieren.

Moritz Knoche studierte 1980–1986 Agrarwissenschaften an der Universität Bonn, wurde 1989 promoviert und habilitierte sich 1994. 1989–1991 war er als PostDoc im Department of Horticulture, Michigan State University, USA, und 1991–1995 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DLO-Institut für Agrobiologie, Wageningen, NL, tätig. Er wurde 1995 nach Halle berufen. Marco Beyer studierte an der Universität Hannover Gartenbau. 1999–2002 war er als Doktorand am Institut für Acker- und Pflanzenbau in Halle tätig, wo er 2002 promoviert wurde.

Stefanie Peschel studierte 1985–1990 Biochemie an der Martin-Luther-Universität, wurde 1995 am Institut für Pflanzen- und Zellphysiologie promoviert und war bis 1997 als wissenschaftliche Mitarbeiterin dort beschäftigt. Seit 1997 ist sie als wissenschaftliche Assistentin am Institut für Acker- und Pflanzenbau tätig.

Martin J. Bukovac ist Professor emeritus am Department of Horticulture der Michigan State University, East Lansing/U.S.A.

IST UNSERE LANDWIRTSCHAFT ZUKUNFTSFÄHIG?

DISKUSSION UM DIE NACHHALTIGKEIT LANDWIRTSCHAFTLICHER SYSTEME

Olaf Christen und Kurt-Jürgen Hülsbergen

An eine zukunftsfähige Landwirtschaft werden hohe Anforderungen gestellt: Sie soll umweltgerecht und ressourcenschonend hochwertige Nahrungsmittel und nachwachsende Rohstoffe produzieren, einen Beitrag zum Erhalt der Kulturlandschaft, deren Biotop- und Artenvielfalt leisten und zugleich dem internationalen Wettbewerb gewachsen sein. Diese vielfältigen Aspekte werden häufig unter dem Begriff »nachhaltige Landwirtschaft« zusammengefasst.

Es gibt viele theoretische Abhandlungen über nachhaltige Landwirtschaft, aber nur wenige Arbeiten, in denen die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme quantitativ bewertet wird. Die Gestaltung nachhaltiger Bewirtschaftungssysteme erfordert aber deren Analyse und Bewertung mit wissenschaftlich fundierten Methoden. Die Entwicklung hierfür geeigneter Instrumentarien stellt eine wissenschaftliche Herausforderung dar. Weltweit wird an der Ableitung abgestimmter Nachhaltigkeitsindikatoren gearbeitet. Aufgrund regionaler Bezüge und spezifischer Einsatzgebiete entstanden verschiedene Indikatorenmodelle, die sich in ihrer Komplexität, der Indikatorenauswahl, den Analysemethoden und der Grenzwertsetzung unterscheiden. Trotz des erreichten Entwicklungsstandes sind grundsätzliche methodische Fragen zu klären.

Der Bedarf an praktisch anwendbaren Indikatorenssystemen wird in den kommenden Jahren deutlich steigen. Viele Landwirte stehen dieser Entwicklung noch skeptisch gegenüber: Man befürchtet zusätzlichen Aufwand, erhebliche Kosten und verschärfte Umwelt- und Qualitätsstandards, welche die Wettbewerbsfähigkeit negativ beeinflussen könnten. Demgegenüber setzt sich aber auch die Erkenntnis durch, dass die Einführung derartiger Systeme langfristig unvermeidbar ist, da die Anforderungen der Verbraucher, des Handels und der verarbeitenden Industrie an die Transparenz der Produktionsprozesse steigen.

REPRO – ein Umweltmanagementsystem für die Landwirtschaft

Basierend auf Grundlagenarbeiten in Dauerfeldexperimenten wurde im Institut für Acker- und Pflanzenbau das Indikatorenmodell REPRO entwickelt. In langjähriger interdisziplinärer Entwicklungsarbeit entstand eine wissenschaftlich anspruchsvolle, zugleich aber auch praxisanwendbare

Software, die inzwischen deutschlandweit zum Einsatz gelangt. Das Modell weist Besonderheiten auf, durch die es sich von anderen Konzepten deutlich unterscheidet: REPRO erlaubt es, den Landwirtschaftsbetrieb als System vernetzter Stoff- und Energieflüsse zu beschreiben (siehe Beispiel in der Abb. rechts unten). Die Indikatoren werden nicht mehr isoliert abgebildet, sondern stehen in Beziehung zueinander.

Leistungsumfang der Software

Die mit einer graphischen Nutzeroberfläche ausgestattete, unter WINDOWS laufende Software dient dazu,
- die Bewirtschaftung auf Betriebsebene (Standortbedingungen, Betriebsstruktur, Intensität, Verfahrensgestaltung) detailliert und umfassend zu dokumentieren,
- Betriebssysteme tiefgründig zu analysieren (z. B. Schwachstellenanalysen),

- Umweltwirkungen mit Indikatoren und Zielwerten zu bewerten,
- Planvarianten und Szenarien abzuleiten und diese ökologisch-ökonomisch zu beurteilen.

REPRO ist modular aufgebaut und kann an unterschiedliche Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen angepasst werden. Mit der Software REPRO werden u. a. folgende Landwirtschafts- bzw. Umweltbereiche analysiert:

- der Stoffkreislauf im System Boden-Pflanze-Tier-Boden,
- der Einsatz fossiler Energie und die Energieeffizienz, der Humushaushalt ackerbaulich genutzter Böden,
- die Erosionsgefährdung und Bodenschadverdichtung, die Intensität des Pflanzenschutzes,
- die möglichen Auswirkungen der Bewirtschaftung auf die Biodiversität.

Der Stoff- und Energiehaushalt stellt in nahezu allen Indikatorenkonzepten einen der wichtigsten Kriterienkomplexe dar. In REPRO werden nicht nur die In- und Outputs über die Betriebsgrenze (Black-Box-Ansatz), sondern die innerbetrieblichen Stoff- und Energieflüsse analysiert. Durch Anwendung eines N-Umsatzmoduls sind potenzielle N-Verluste zu ermitteln. In das Modell REPRO sind graphische

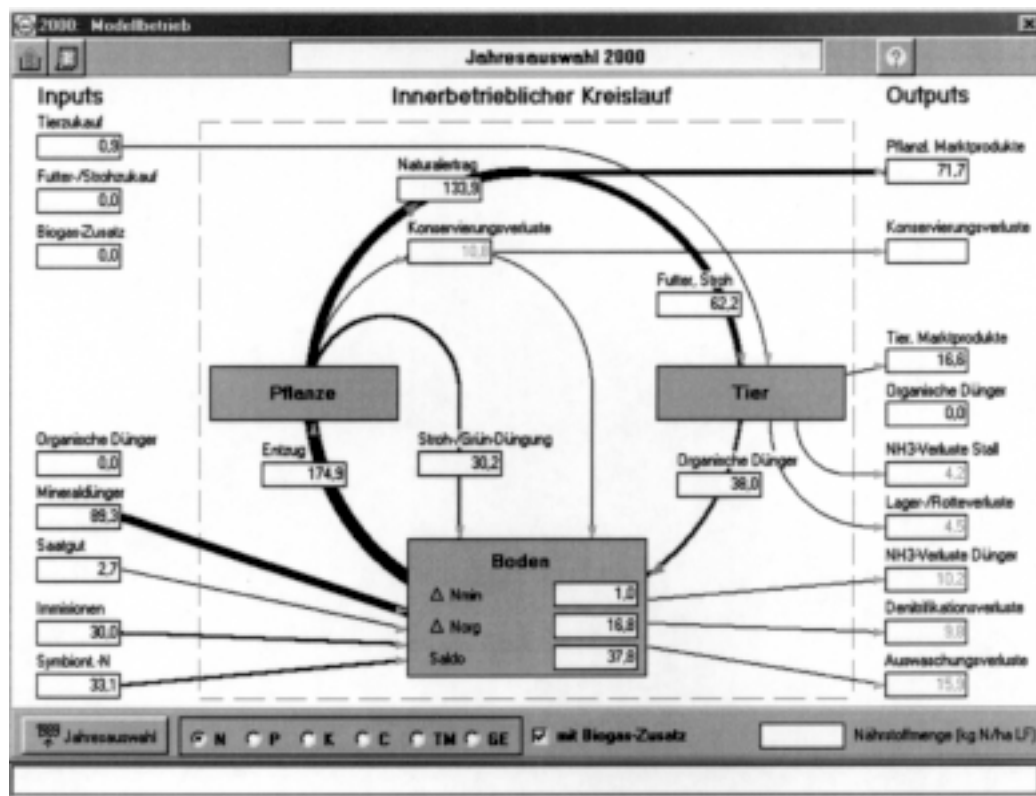


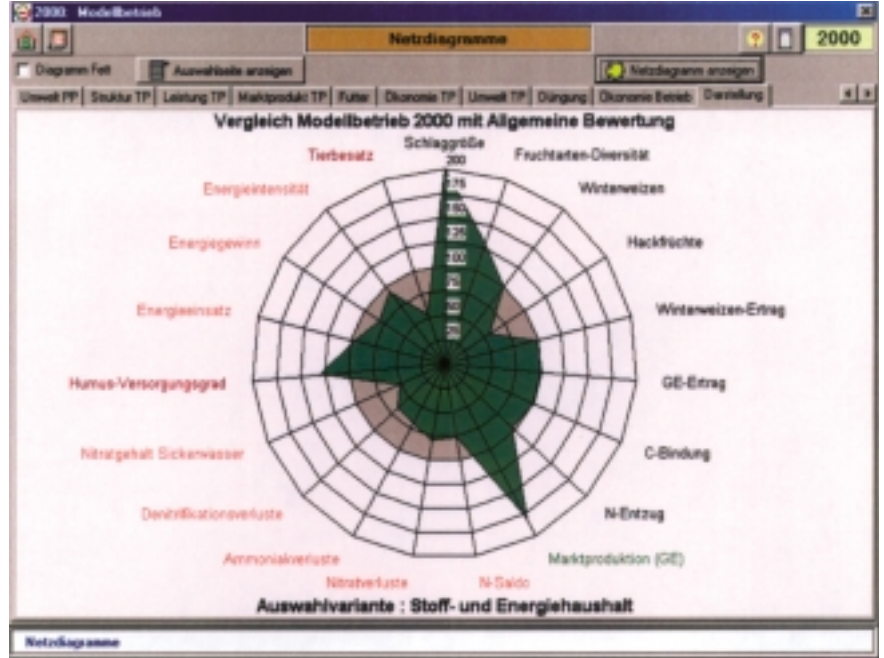
Abbildung rechts: Graphische Darstellung des betrieblichen Stoffkreislaufs im Modell REPRO

10

Darstellungen der Stoffkreisläufe integriert (siehe Abb. Seite 9). Flächen- und teilflächenbezogene Informationen wie Standortdaten, Bewirtschaftungsmaßnahmen, Bilanz- und Simulationsergebnisse sind als thematische Betriebskarten darstellbar (siehe Abb. unten). Die erforderlichen GIS- und GPS-Daten können über Schnittstellen importiert und exportiert werden.

Bewertung von Betriebssystemen

Die vielfältigen Informationen, die das Modell REPRO liefert, sind mit verschiedenen Techniken in einer Gesamtaussage zu integrieren. Zur Bewertung von Betriebssystemen werden die auf unterschiedliche Art ermittelten und in verschiedenen Maßeinheiten angegebenen Indikatoren mit Hilfe der Netzdiagrammtechnik (siehe Abb. rechts oben) sowie von Bewertungsfunktionen (siehe Abb. Seite 11) in eine einheit-

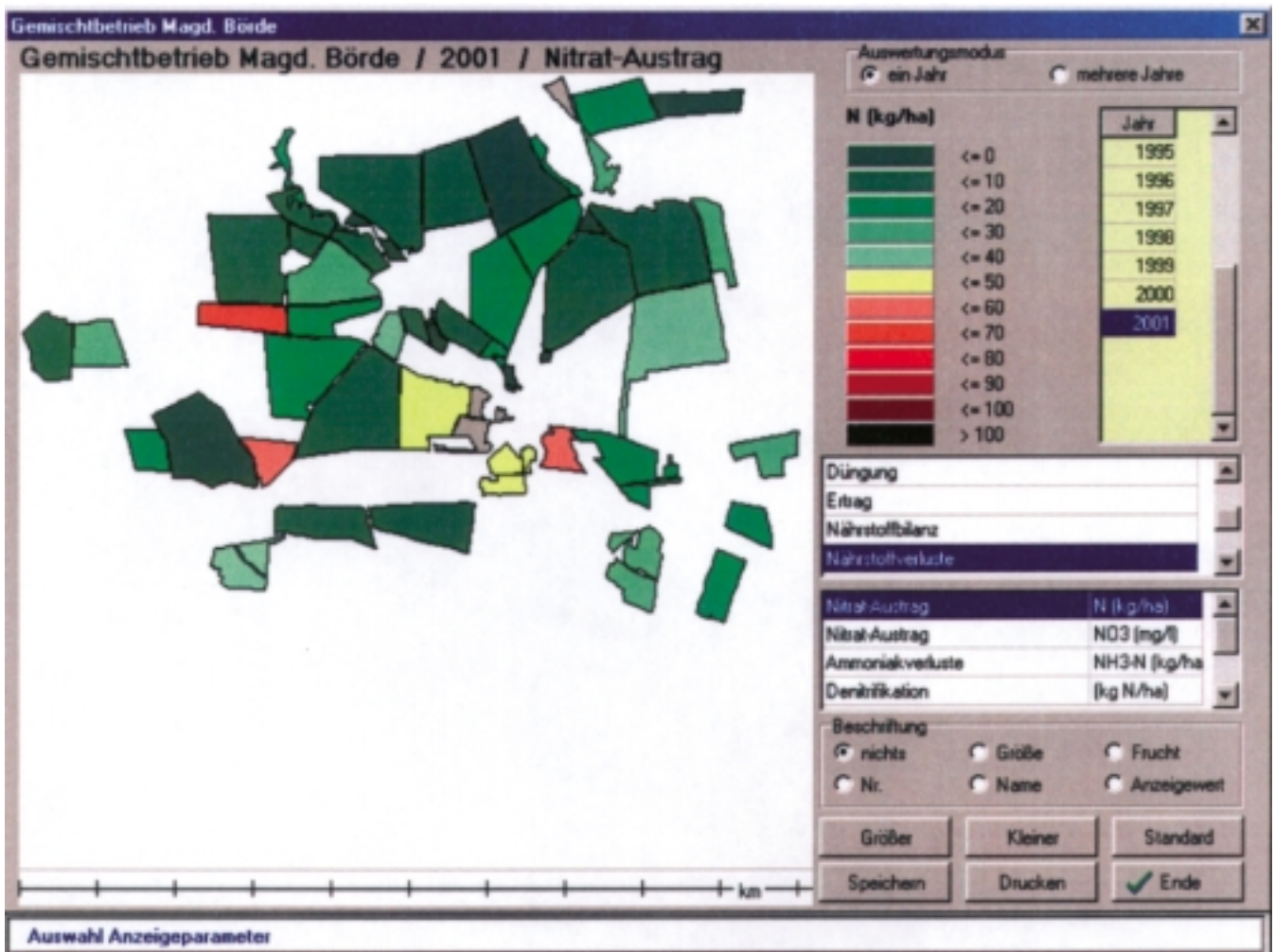


Netzdiagramm zur Bewertung eines Landwirtschaftsbetriebs

liche Skala überführt. Bei der Anwendung von Bewertungsfunktionen (siehe Abb. Seite 11) kennzeichnet der Wert 0 die ungünstigste (nicht nachhaltige), 1 die günstigste Situation (nachhaltig). Um eine hohe Transparenz zu sichern, wird für jeden Indikator das Bewertungsergebnis als Diagramm angezeigt. Zur Bestimmung der Bewertungsfunktion des flächenbezogenen N-Saldo wurde ein

Optimalbereich definiert (0 bis 50 kg N/ha), in der Annahme, dass N-Verluste nicht vollständig vermeidbar sind, bis zu einer Höhe von 50 kg N/ha aber keine gravierenden ökologischen Schäden hervorrufen. Mit Über- und Unterschreiten des optimalen Wertebereiches tritt eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung ein. Bei langjährig negativen N-Salden ist eine Abreicherung der Boden-N-Vorräte zu erwarten, was letzt-

Abbildung unten: Thematische Betriebskarte zum Nitrat-Austrag



lich zur Verminderung der Ertragsfähigkeit der Böden führt. Mit steigenden N-Salden steigt die Gefahr der Verluste an reaktiven N-Verbindungen.

Bei der Festlegung der Bewertungsfunktionen sind gleichermaßen die Umweltwirkungen, die ökonomischen Effekte sowie die Umsetzbarkeit zu beachten.

Die Bewertungsfunktionen sind unbedingt regional anzupassen. Im Land Sachsen-Anhalt besteht seit Mitte 2001 eine Arbeitsgruppe »Agrar-Umweltindikatoren« am Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt. In der Expertenkommission, der Vertreter der Agrarwissenschaft, der Verwaltung, der landwirtschaftlichen Praxis, des Umwelt- und Naturschutzes angehören, geht es darum, die Indikatoren und Zielwerte an die spezifischen Bedingungen der Agrarregionen des Landes anzupassen. Die Zusammensetzung der Gruppe garantiert, dass unterschiedliche Interessen und Kenntnisse einfließen, dass die Ergebnisse konsensfähig und umsetzbar sind. Durch die Abstimmung der Indikatoren wird eine hohe Verbindlichkeit erreicht.

Anwendungsgebiete

Auf Grund der flexiblen Modellstruktur kann REPRO für spezifische Anwendungen zugeschnitten werden. In Brandenburg laufen Pilotvorhaben in den Biosphärenreservaten Spreewald und Schorfheide-Chorin. Im Vordergrund steht die Bewertung von Umwelteffekten der Landwirtschaft. In Sachsen bildet REPRO die methodische Grundlage für Ausgleichszahlungen an Betriebe in den Trinkwasserschutzgebieten der Stadt Leipzig. Ziel ist die dauerhafte Begrenzung der Nitratreinträge in das Grundwasser. In Sachsen-Anhalt findet das Modell REPRO bei der Evaluierung der Agrar-Umweltprogramme des Bundeslandes Anwendung.

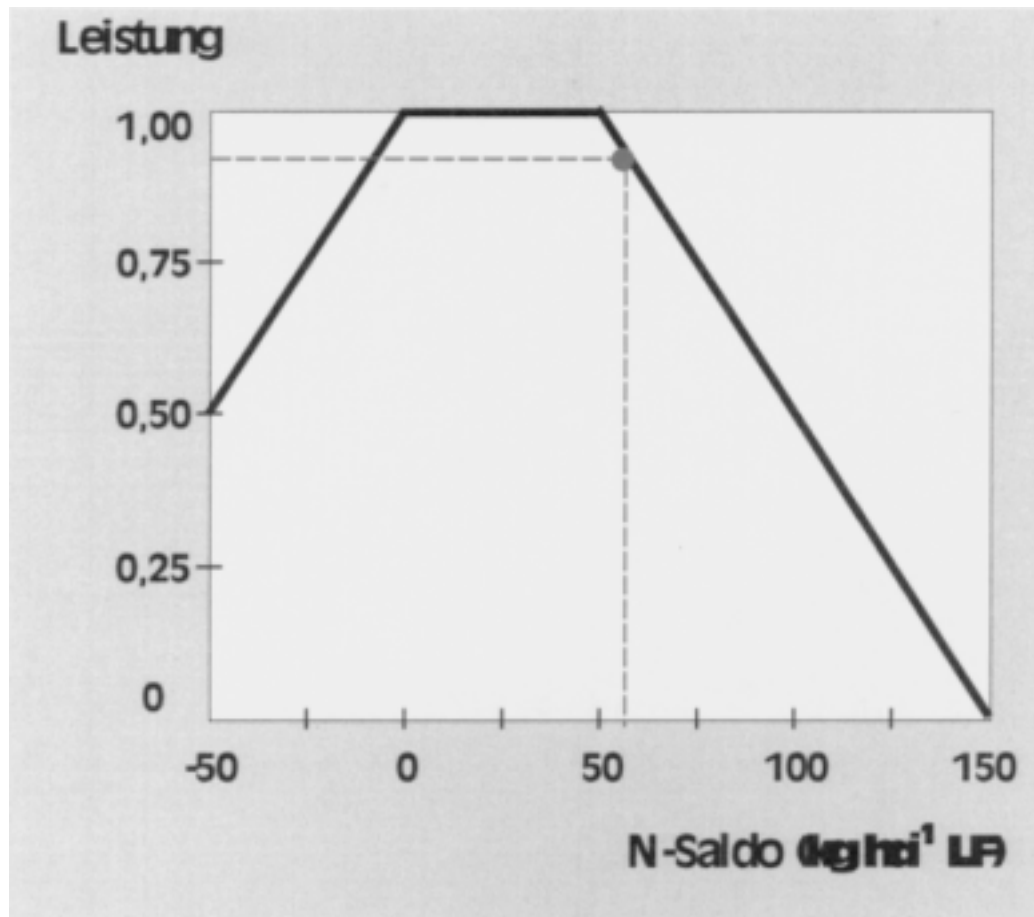
Ausblick

Um die Akzeptanz des Repron-Konzepts zu sichern, ist eine ständige Modellpflege und die Entwicklung neuer Komponenten notwendig. Die naturwissenschaftlichen und ökonomischen Parameter müssen laufend aktualisiert, erweitert und an neue Einsatzbedingungen angepasst werden. Eines der schwierigsten Probleme ist die Regionalisierung von Indikatoren und Ziel-

werten. Es sind weitere Forschungsleistungen zu erbringen, um die Einflüsse von Standort und Bewirtschaftung stärker zu berücksichtigen.

Die derzeit im Modell abgebildeten Emissionspfade (CO₂, NH₃, NO₃, CH₄) wer-

den ergänzt, um zu einer Gesamtab-schätzung und Bewertung aller relevanten Emissionen zu gelangen. Beginnend für den Pflanzenbau, wird REPRO als Basis eines Umwelt- und Qualitätsmanagementsystems ausgebaut.



Bewertungsfunktion für den Indikator »Flächenbezogener N-Saldo«

Prof. Dr. Olaf Christen (Jahrgang 1961) studierte Agrarwissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität Kiel (Promotion 1990, Habilitation 1997). Im Jahre 2000 wurde er auf den Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau/Ökologischen Landbau an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg berufen.

PD Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen (Jahrgang 1960) studierte Agrarwissenschaften an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Promotion 1990, Habilitation 2002). Im Oktober 2003 folgt er dem Ruf auf den Lehrstuhl für Ökologischen Landbau an der Technischen Universität München.

ANZEIGE IMMOHALDAT

STARKER WIND IN SACHSEN-ANHALT!

PROBLEME UND PERSPEKTIVEN DER WINDKRAFTNUTZUNG IN SACHSEN-ANHALT

Hans-Friedrich Wollkopf, Jürgen Döring, Karl-Heinz Daehre und Peter Bauch

12

Mehr und mehr bestimmen »Windräder« das Bild der ländlichen Regionen Sachsen-Anhalts. Ihr Beitrag zur Energiebilanz ist bereits bemerkenswert groß. Die technischen Möglichkeiten zur Erschließung der einheimischen Naturressource Wind wachsen ständig weiter. Allerdings ist nicht jedermann über die »Verspargelung« der Landschaft glücklich, positive und negative Umwelteffekte gilt es abzuwägen. So muss nach »Ordnung« gefragt werden, aber auch nach fundierten Untersuchungen und Konzepten, nach Koordinierung, Interessenausgleich und Vorsorge. Raumplaner Sachsen-Anhalts haben sich dieser wichtigen ländlichen Entwicklungsaufgabe gestellt.

Windverhältnisse in Sachsen-Anhalt

Wind wird seit jeher vom Menschen gefürchtet und genutzt. Alljährlich sind auf der Welt zahlreiche Menschenleben als direkte oder indirekte Folge hoher Windgeschwindigkeiten zu beklagen und gewaltige Sachschäden werden durch Sturm verursacht. Andererseits dient Wind dem Menschen teils ohne sein Zutun – z. B. durch Bestäubung von Pflanzen – als wesentliche Grundlage für die Nahrungsmittelerzeugung oder Trocknung verschiedenster Materialien. Der Wind wird aber auch schon seit früher Menschheitsgeschichte bewusst als Energiequelle genutzt (Segelschiffahrt, Windmühlen).

Gegenwärtig kommt dem Wind als einer möglichen Alternative zu den fossilen Energieträgern und der Kernenergienutzung eine zunehmende Bedeutung zu. Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern gehört Wind zu den regenerativen, also nicht endlichen Energiequellen.

Der größte Teil der Fläche Sachsen-Anhalts ist kaum bewaldetes Flach- und Hügelland. In Verbindung mit der nicht allzu großen Entfernung von der Nordseeküste bestehen daher gute Voraussetzungen für eine nur wenig gebremste Ausbreitung der überwiegend vom Atlantik kommenden westlichen Winde. Besonders prädestiniert für hohe Windgeschwindigkeiten sind die Altmark,

die gehölz- und strukturarmen Gebiete der Magdeburger Börde und des Halle-Köthener Ackerlandes sowie die waldfreien Höhenzüge im südlichen Sachsen-Anhalt. In diesen Gebieten werden in 100 Meter Höhe mittlere Windgeschwindigkeiten von 5 bis 6 m/s als Voraussetzung für die Errichtung von Windkraftanlagen gerade erreicht.

Die mittlere Windgeschwindigkeit kann aber nur beschränkt zur Kennzeichnung der Verteilung der Häufigkeit von Windgeschwindigkeiten genutzt werden, denn diese folgt der sogenannten Weibull-Verteilung mit einem Häufigkeitsmaximum unterhalb des Mittelwertes.

Windkraftanlagen erreichen im Bereich von 4 bis 12 m/s zunehmend ihre volle Leistungsfähigkeit. Ab etwa 13 m/s wird die Nennleistung erbracht. Die jahreszeitliche Verteilung der Windgeschwindigkeit zeigt ein Maximum von Dezember bis März und ein ausgeprägtes Minimum von Juni bis August. In letztgenanntem Zeitraum werden in ca. 50 Prozent der Zeit Windgeschwindigkeiten unter 3 m/s gemessen (Stillstand der Windräder). Windgeschwindigkeiten von 4 bis 12 m/s werden überwiegend mit einer Häufigkeit von 50 bis 70 Prozent registriert (Juni: 48 Prozent; August 49 Prozent), wobei aber der weitaus größte Anteil im unteren Drittel dieses Bereiches liegt. Die Zeiteile mit mehr als 12 m/s (volle Leistung) liegen in den Sommermonaten unter 1 Prozent und bei besten Windverhältnissen im Februar bei 6 Prozent.

Bei weiterer Erhöhung des Wirkungsgrades der Windenergieanlagen und Senkung des Windgeschwindigkeitsbereiches für optimale Leistungsausbeute werden sich in Sachsen-Anhalt die technischen Voraussetzungen für die Nutzung der Windenergie als ein Baustein für die Umstrukturierung der Energieversorgung hin zu erneuerbaren Energieträgern weiter verbessern.

Schon ein vertrautes Bild: Windkraftanlagen – hier bei Lützen in Sachsen-Anhalt
Foto: Jürgen Döring

Wind als Energieressource – Probleme und Perspektiven

Die Nutzung von Windenergie zur Stromerzeugung leistet im Hinblick auf die Belange der Luftreinhaltung, des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung einen wichtigen Beitrag. Als erneuerbare Energieressource hat Windkraft genauso wie Wasserkraft, Solarenergie und Biomasse den Vorteil, nahezu unerschöpflich, emissionsfrei, flexibel einsetzbar und dezentral nutzbar zu sein.

Diese Art der Raumnutzung ist jedoch nicht konfliktfrei. Sie ist mit Landschaftsverbrauch, Licht-, Schatten- und Lärmimmissionen verbunden. Windenergieanlagen werden daher von der Bevölkerung zunehmend als Störfaktor empfunden. Sie werden von den Menschen vor allem als Konflikt zum Orts- und Landschaftsbild wahrgenommen und führen zu starken Einschnitten in ihre Lebens- und Wohnqualität. Von dieser Entwicklung besonders betroffen ist der ländliche Raum. Daher wächst der Widerstand auch aus Bereichen der Landwirtschaft und des Tourismus. Denn es sind gerade Freiraum- und Agrarbereiche für die Errichtung von Windenergieanlagen geeignet, sofern sie landesplanerisch nicht gleichzeitig entgegenstehende Funktionen – z. B. zum Schutz von Natur und Landschaft – erfüllen. Vor diesem Hintergrund erscheint eine planmäßige Steuerung dieser Raumnutzung unabdingbar zu sein. Hier ist es Aufgabe der Raumordnung, unterschiedliche Anforderungen an den Raum aufeinander abzustimmen und auf der jeweiligen Planungsebene auftretende Konflikte auszugleichen sowie Vorsorge für einzelne Raumfunktionen und Raumnutzungen zu treffen. Die Landesplanung in Sachsen-Anhalt zielt auf eine planvolle Konzentration von Windenergieanlagen in Windparks, die der Errichtung einer Vielzahl von Einzelanlagen vorgezogen werden soll. In diesem Sinne wurde im Landesentwicklungsplan des Landes Sachsen-Anhalt im Jahr 1999 festgelegt, dass für eine angemessene Nutzung der Windenergie auf der Ebene der Regionalplanung in den Regionalen Entwicklungsprogrammen/-plänen geeignete Gebiete – hier Eignungsgebiete – für die Errichtung von Windenergieanlagen raumordnerisch zu sichern sind. Damit sollen störende Einflüsse auf den Menschen, Konflikte mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes und anderen Raumnutzungen, bei-





Quelle: Regionale Entwicklungsprogramme Sachsen-Anhalt, Stand März 2000

Windeignungsgebiete in Sachsen-Anhalt

Quelle: Regionale Entwicklungsprogramme Sachsen-Anhalt, Stand: März 2000

spielsweise der Erholungsfunktion der Landschaft, vermieden werden. Eignungsgebiete haben unterschiedliche Rechtswirkung nach innen und außen. Während sie nach außen als Ziel der Raumordnung in der Regel eine Ausschlusswirkung für raumbedeutsame Windenergieanlagen entfalten, können sie nach innen durch die Gemeinden gestaltet werden. Diese können die Eignungsgebiete in ihren Flächennutzungsplänen den städtebaulichen Belangen anpassen. Mit der Festlegung von Eignungsgebieten wurde eine planungsrechtliche Grundlage geschaffen, um im Rahmen von Genehmigungsverfahren Einfluss im Sinne einer geordneten Streuung von Windenergieanlagen im Land zu nehmen. Die Regionalen Entwicklungsprogramme für die Regierungsbezirke Dessau, Halle und Magdeburg sind im Jahr 2000 um Festlegungen zur Nutzung der Windenergie ergänzt worden. Durch die Festlegung von 92 Eignungsgebieten mit einer Gesamtfläche von rund 25 000 Hektar wurden die raumordnerischen Grundlagen zur Konzentration von Windenergieanlagen in Windparks getroffen und zugleich für die Ent-

wicklung der Windenergie ein ausreichendes Flächenangebot vorgehalten (siehe Abbildung oben). Die Nutzung der Windenergie in Sachsen-Anhalt erfolgt bereits heute auf einem sehr hohen Ausbauniveau. Die installierte Leistung betrug per 31. März 2003 ca. 1 324 Megawatt bei 1 147 Anlagen. Die mit den Eignungsgebieten festgelegten Flächen sind schon jetzt zu einem großen Teil ausgeschöpft. Damit werden die starken Zuwächse der vergangenen Jahre in Zukunft nicht mehr erreichbar sein. Die weitere Entwicklung wird im Wesentlichen von der Flächengröße der bis zum 30. April 2004 in regionalen Entwicklungsplänen neu festzulegenden Eignungsgebiete beeinflusst werden. Bis zum Jahr 2010 wird ein deutlich geringerer Zuwachs an installierter Windleistung als in den vorangegangenen Jahren zu erwarten sein. Die fünf Regionalen Planungsgemeinschaften Altmärk, Harz, Magdeburg, Halle und Anhalt – Bitterfeld – Wittenberg befinden sich im Prozess der Neuaufstellung der Regionalen Entwicklungspläne. Unter Einbeziehung der am Verfahren Beteiligten werden alle Eignungsgebiete auch unter dem Blickwin-

kel der räumlichen und technischen Weiterentwicklung der Windenergieanlagen geprüft und – falls erforderlich – präzisiert oder ergänzt. Dies kann letztlich dazu führen, dass bestehende Eignungsgebiete in ihrer räumlichen Ausdehnung verändert, aufgehoben oder aber neue Eignungsgebiete festgelegt werden. In das Abwägungsverfahren zur Festlegung der Eignungsgebiete fließen neben den Stellungnahmen der Beteiligten auch unterschiedliche Fachplanungen als informelle Planung ein, u. a. die Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung. Diese trägt so zur Entscheidungsfindung für die Festlegung der Windeignungsgebiete unter agrarstrukturellen, landschaftsplanerischen, kommunalen, regionalwirtschaftlichen und sozioökonomischen Aspekten des ländlichen Raums bei.

Prof. Dr. Hans-Friedrich Wollkopf ist Professor für Agrargeographie und Raumordnung am Institut für Agrarökonomie und Agrarraumgestaltung an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Dr. Jürgen Döring ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Institut und vertritt dort die Agrarmeteorologie. Er studierte 1978–1983 Landwirtschaft an der Martin-Luther-Universität (Fachrichtung Pflanzenproduktion) und wurde 1986 promoviert. Die wissenschaftliche Arbeit konzentriert sich auf die Analyse des Klimas im mitteldeutschen Raum und dessen Wechselwirkung mit der Landschaft.

Dr. Karl-Heinz Daehre studierte Chemie an der Technischen Hochschule Magdeburg, wurde 1983 in Magdeburg promoviert und war 1969–1991 Mitarbeiter im Institut für Lacke und Farben (1990 Laborleiter, 1990/91 Institutsleiter). Von September 1991 bis Juni 1994 war er Minister für Raumordnung, Städtebau und Wohnungswesen des Landes Sachsen-Anhalt und ist seit Mai 2002 Minister für Bau und Verkehr dieses Landes

Ministerialrat Dipl.-Ing. Peter Bauch studierte Technische Gebiets- und Stadtplanung an der Bauhausuniversität in Weimar. Er war bis 1990 in der Territorialplanung im Bezirk Magdeburg tätig und ist seit 1991 in der Landesregierung Sachsen-Anhalt als Referatsleiter für Fragen der Raumordnung zuständig.

PRECISION FARMING – VON DER WISSENSCHAFT ZUR PRAXIS

ÜBER DEN NUTZEN VON »GPS« FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT DER ZUKUNFT

Peter Wagner und Jürgen Heinrich

14

Zunehmend mehr Autofahrer vertrauen in fremden Regionen voll auf ihr GPS-Leitsystem. Nach Eingabe des Zieles wird der Nutzer präzise bis zur angegebenen Adresse geführt. Das Kürzel »GPS« steht für »Global Positioning System«, dieses besteht aus vierundzwanzig Satelliten, die sich auf vorbestimmten Bahnen um die Erde bewegen und ständig ein Signal senden. Ein GPS-Empfänger kann die Signale empfangen und die genaue geografische Position bestimmen. Doch nicht nur Autofahrer haben davon Vorteile als in den achtziger Jahren das zunächst militärisch genutzte Global Positioning System auch für zivile Anwendungen verfügbar wurde, haben Agrarwissenschaftler früh den Nutzen für landwirtschaftliche Anwendungen erkannt.

Ein Sachverhalt – viele Begriffe

Die Idee besteht darin, mittels technischer Hilfsmittel die kleinräumig auftretenden unterschiedlichen Ertragspotenziale eines Ackers zu erkennen und zu dokumentieren (siehe Abbildung Seite 15 oben). Darauf aufbauend lassen sich die Bewirtschaftungsmaßnahmen so gestalten, dass die Belastung der Umwelt sinkt und die eingesetzten Produktionsfaktoren bestmöglich ausgenutzt werden, was sich natürlich auch positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken sollte. Viele Wissenschaftler, Techniker und Landwirte haben sich seit mehreren Jahren mit diesem Thema beschäftigt. Entsprechend vielgestaltig ist die Begriffswelt, die Rede ist u. a. von »Präzisionspflanzenbau« oder »Precision Farming«, von „Präzisionslandwirtschaft« oder »Precision Agriculture«, von »kleinräumiger Bestandesführung« oder »Teilflächenbewirtschaftung«.

Große Vielfalt der Ideen

Grundlage aller methodischen Überlegungen stellt die Erkenntnis dar, dass eine Fläche nicht als homogenes Ganzes zu sehen ist, sondern als die Summe von Teilflächen mit unterschiedlichen Voraussetzungen, z. B. hinsichtlich der Bodengüte und der Wasserversorgung, die wiederum ein unterschiedliches Pflanzenwachstum verursachen. Die Positionierungsverfahren mittels GPS ermöglichen es, schnell und kostengünstig genaue Informationen zur jeweiligen geografischen Position der Teilflächen zu erlangen.

Bei der Datengewinnung gibt es verschiedene Wege, um kleinräumig auftretende Inhomogenitäten auf dem Acker feststellen zu können. So erfolgt einerseits eine Bodenkartierung. Dazu werden beispielsweise die innerhalb eines Ackerschlaes auftretenden Unterschiede in der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens aufgezeichnet

(siehe Abbildung Seite 15 Mitte). Andererseits werden durch entsprechende Einrichtungen an den Erntemaschinen die Erntemengen ermittelt und der jeweiligen Schlagposition zugeordnet. Dadurch ergeben sich Ertragskarten (siehe Abbildung Seite 15 unten). Eine der häufigsten Anwendungen ist die Ertragskartierung bei Mähdruschfrüchten. Damit werden oft erstaunlich große Ertragsunterschiede innerhalb der Flächen aufgedeckt.

Noch wissenschaftlicher Klärungsbedarf

Vielfältige Erkenntnisse konnten schon durch Agrarwissenschaftler in verschiedenen nationalen und internationalen Institutionen oder im Verein mit Praktikern in diversen Arbeitsgemeinschaften geklärt werden. Es wurde nachgewiesen, dass durch Precision Farming vielfach eine erheblich verbesserte Effizienz des Ressourceneinsatzes möglich und die Verschwendung von Produktionsfaktoren reduziert wird. So führt ein durch teilflächenspezifische Düngung deutlich verringertes Austragsrisiko für Stickstoff zu wesentlichen Verbesserungen bezüglich der Umweltverträglichkeit der Landwirtschaft. Eine monetäre Bewertung dieser Umwelteffekte ist allerdings bisher kaum möglich. Hinzu kommen weitere noch nicht quantifizierbare Vorteile, wie einfachere Dokumentation der Bearbeitungsmaßnahmen, bessere Vermarktungsfähigkeit der Produkte sowie der Erwerb detaillierter Standortkenntnisse. Unsicher erscheint häufig auch die Einkommenswirkung.

Notwendige Investitionen für Precision Farming sind nur dann wirtschaftlich, wenn sie mittel- bis langfristig über höhere Erträge und/oder Einsparungen beim Faktoreinsatz kompensiert werden können. Mehrertrag bzw. Minderaufwand an Produktionsfaktoren ergeben sich aus Unterschieden zwischen der bisher üblichen einheitlichen Schlagbewirtschaftung und der kleinräumig differenzierten Bewirtschaftung von Teilschlägen im Rahmen des Precision Farming. Wesentlichen Einfluss auf die Kompensationsmöglichkeiten haben die vorhandene natürliche Heterogenität des Standortes und die Bewirtschaftung



Die Abbildung links zeigt den Bodenscanner EM 38 im Einsatz auf einem Schlag des Lehr- und Versuchsgutes Görzig.

Foto: Jürgen Heinrich



tungsintensität, speziell das praktizierte Niveau der Düngung. Derzeit weisen Lösungen für einzelne Verfahren, z. B. Düngung, Aussaat, Pflanzenschutz, sowie für verschiedene Fruchtarten einen sehr unterschiedlichen Entwicklungsstand auf. Wenn die Technologie in absehbarer Zukunft ausgereift ist, scheint insbesondere bei größeren Betrieben eine Kostendeckung für die zusätzlichen Ausgaben der Precision Farming Technologie im Bereich des Möglichen.

Hinweise für die Praxis

Eine ganze Reihe von Landwirten hat sich relativ früh mit Fragen des Precision Farming auseinandergesetzt. Da es gegenwärtig schwer abzuschätzen ist, ob die zusätzlichen Investitionen, die Precision Farming erfordert, durch den Wert der Mehrerträge oder der eingesparten Betriebsmittel ausgeglichen werden können, wartet der größere Teil der Unternehmer jedoch noch ab.

Um den zukunftsorientierten Landwirten Anregungen zur Nutzung der Precision Farming Technologie zu geben, sollen durch Forschungsarbeiten im Lehr- und Versuchsgut der Landwirtschaftlichen Fakultät in der Domäne Görzig Informationen zu den Potenzialen, aber auch zu den Risiken von Precision Farming erarbeitet werden.

Das Lehr- und Versuchsgut liefert die Ergebnisse von den Versuchsflächen. Außerdem wird die eingesetzte Technik hinsichtlich ihrer Praxiseignung und Kompatibilität geprüft und bewertet. Daneben sind zusätzliche betriebliche und technische Informationen zugänglich, wie Boniturdaten der Versuchsbestände, Anbaudaten, Karten der

Reichsbodenschätzung, topographische Karten verschiedener Maßstäbe sowie die Ergebnisse der Ertragskartierungen. Die Ertragskarten dienen als ein Maßstab für den Erfolg der teilflächendifferenzierten Maßnahmen.

Ziel ist es, neben Ertrags- und Qualitätseffekten auch die Möglichkeiten des optimierten Betriebsmitteleinsatzes für einzelne Kulturen zu bewerten. Außerdem sollen allgemeingültige und übertragbare Bewirtschaftungsregeln – so für die Düngung oder die Aussaatstärke auf Basis von Ertragskarten und Leitfähigkeitsmessungen – gefunden werden, um Standortunterschiede bei der Verfahrensgestaltung zu berücksichtigen. Dazu müssen Daten bzw. Informationen mit einer sehr hohen Güte vorliegen, um ökologische und ökonomische Ergebnisse nachweisen zu können. Deshalb wird für diese Untersuchung gemeinsam mit führenden Dienstleistungsbetrieben ein sehr dichtes Datenraster von Boden- und Nährstoffuntersuchungen sowie Erträgen erarbeitet. Eine solch hohe Beprobungsdichte kann nur im Rahmen von Versuchen verwirklicht werden, für einen rentablen Praxiseinsatz wären die Kosten zu hoch. Neben den Boden- und Schlaginformationen werden detaillierte Daten zur Kostenstruktur bei der Durchführung von teilflächenspezifischen Maßnahmen auf einem landwirtschaftlichen Betrieb erfasst. Jeder verantwortungsbewusste Landwirt wird aus wirtschaftlichen Gründen und auch im Hinblick auf die Schonung der Umwelt die Entwicklung der Methoden und Potenziale von Precision Farming mit Interesse beobachten. Die Untersuchungsergebnisse aus dem Lehr- und Versuchsgut der Landwirtschaftlichen Fakultät Halle können zukünftig Anregungen und Entscheidungshilfen bieten.

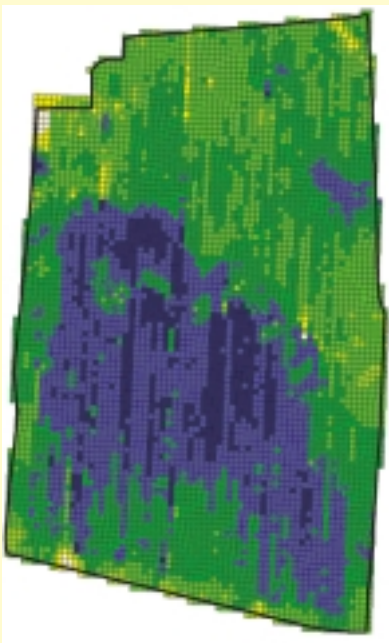


Abbildung oben: Das Luftbild eines Schlages zeigt die differenzierte Ertragssituation auf einzelnen Teilflächen.

Abbildung Mitte: Die innerhalb eines Acker-schlages auftretenden Unterschiede in der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens können in Karten aufgezeichnet werden.

Abbildung unten: Durch entsprechende Einrichtungen an den Erntemaschinen werden die Erntemengen ermittelt und der jeweiligen Schlagposition zugeordnet, dadurch ergeben sich Ertragskarten.

Quelle für alle drei Abbildungen: Archiv der AgriCon GmbH, Bernburger Str. 35a, 06425 Alsleben

Prof. Dr. Peter Wagner wurde in Gießen promoviert und habilitierte sich dort im Fach Agrarökonomik. Seit 1995 war er Professor an der Technischen Universität München. 2002 wurde er als Professor für Landwirtschaftliche Betriebslehre an die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg berufen.

Dr. Jürgen Heinrich studierte an der an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Landwirtschaft, wurde dort promoviert und ist seit 1979 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an dieser Fakultät tätig.

WENIGER IST MEHR!?

ENTKOPPELTE DIREKTZAHLUNGEN AN DIE LANDWIRTSCHAFT

Kathrin Happe und Alfons Balmann

16

Die gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union steht vor erheblichen Veränderungen. Bedingt durch den äußeren Druck der WTO-Verhandlungen, der bevorstehenden EU-Osterweiterung und angesichts knapper Kassen hat sich der Ministerrat am 26. Juni 2003 in Luxemburg auf eine grundsätzliche Reform der Agrarpolitik verständigt. Subventionen an landwirtschaftliche Unternehmen sollen nicht länger an die Produktion gekoppelt werden. Stattdessen fließen künftig feste Zahlungen an die Unternehmen, deren Höhe sich an früheren, d. h. historischen Zahlungen orientiert. Die Gewährung der Prämie wird nach dem Luxemburger Beschluss an eine minimale Bewirtschaftung der Fläche gekoppelt.

Aus wissenschaftlicher Sicht besteht der Vorteil einer solchen Entkopplung darin, dass Landwirte mit eher ungünstigen Produktionsvoraussetzungen (z. B. zu kleinstrukturiert oder ungünstige Standortbedingungen) nicht länger gezwungen sind, etwas zu produzieren, was eigentlich unrentabel ist. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass Produktionsentscheidungen sich stärker an Marktsignalen und weniger an der jeweiligen Subventionshöhe eines Produktionsverfahrens orientieren. Hinzu kommt, dass überlegenere Unternehmen besseren Zugang zu den Produktionsfaktoren wie z. B. Boden, erhalten, weil die Aufgabebereitschaft unrentabler Betriebe erhöht wird. Nachteile werden darin gesehen, dass auf ungünstigen Standorten

viele Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausfallen und Arbeitsplätze in der Landwirtschaft verloren gehen, was dem Anspruch der EU-Agrarpolitik auf eine nachhaltige und multifunktionale Landwirtschaft entgegensteht.

AgriPoliS: Modell einer Agrarstruktur

Leider ist die Quantifizierung der einzelnen Effekte nicht so einfach. Deshalb wurden auf der Grundlage des 6. EU-Forschungsrahmenprogramms Studien ausgeschrieben, die sich explizit mit Fragen der Entkopplung beschäftigen. Einige der geförderten Projekte basieren auf dem am Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteu-

ropa angesiedelten Modell AgriPoliS (Agricultural Policy Simulator).

AgriPoliS ist ein räumlich-dynamisches Modell einer Agrarstruktur, in dem eine Vielzahl individuell abgebildeter landwirtschaftlicher Unternehmen in einer vereinfacht dargestellten Agrarregion agiert und beispielsweise um begrenzt verfügbare landwirtschaftliche Grundstücke konkurriert.

AgriPoliS ermöglicht es, den landwirtschaftlichen Strukturwandel endogen abzubilden, so dass die Strukturwirkungen von Politiken untersucht werden können.

Entkopplung beschleunigt Strukturwandel

Modellrechnungen mit AgriPoliS für die Region Hohenlohe in Baden-Württemberg zeigen, dass eine völlige Entkopplung der Prämienzahlungen, bei der keine Gegenleistungen mehr für die Gewährung von Zahlungen verlangt würden, den Strukturwandel deutlich beschleunigt, allerdings unter der Annahme, dass landwirtschaftliche Arbeitskräfte außerhalb der Landwirtschaft Arbeit finden.

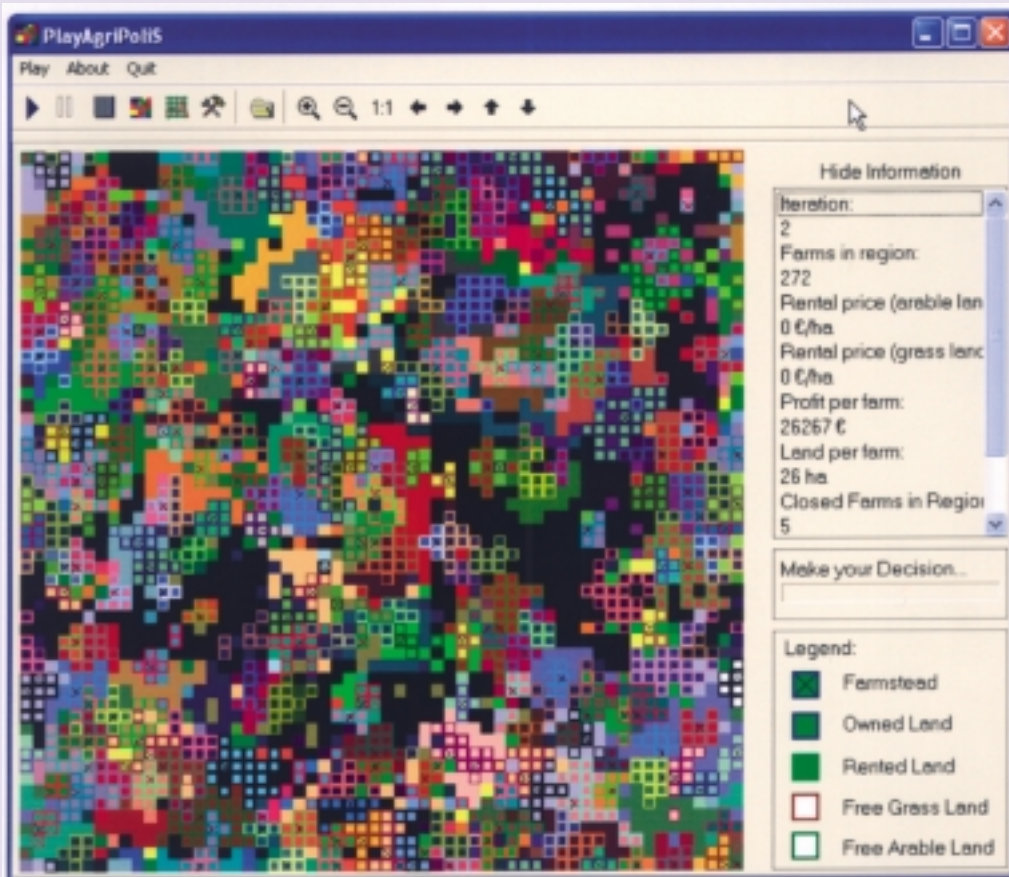
Verglichen mit der aktuellen Agrarpolitik würde sich die durchschnittliche Betriebsgröße innerhalb von fünfzehn Jahren mehr als verdoppeln, das heißt, ca. die Hälfte aller Betriebe würde aus der Produktion ausscheiden. Auch Struktureffekte gäbe es für den Arbeitskräfteeinsatz, der ebenfalls deutlich zurückginge.

Hervorgerufen würde dieser Rückgang durch Einschränkungen bei arbeitsintensiven Produktionsverfahren, wie zum Beispiel für Milch, aber auch durch Abwanderung von Arbeitskräften. Nochmehr profitieren die Unternehmen jedoch von einem drastischen Pachtpreiseinbruch.

Weil Betriebe für Prämienzahlungen nicht länger Fläche benötigen, sinkt der Wert der Flächen aus Sicht der wirtschaftenden Betriebe deutlich.

Geht man davon aus, dass Betriebe mit Wachstumsperspektiven bereits heute den größten Teil ihrer Flächen gepachtet haben, ist dieser Vorteil erheblich. Hinzu kommt, dass ein solcher Betrieb seine Prämienzahlungen weiterhin erhält. Kleinere und ausscheidende Betriebe leiden unter einer Ent-

Abbildung links: Grafische Darstellung einer Agrarregion in AgriPoliS
Abbildung rechts: Ergebnisübersicht für einen repräsentativen Betrieb
(Quelle für beide Abb.: Screenshots des Programms)





Das Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa

Foto: Archiv IAMO (2003)

kopplung grundsätzlich ebenfalls nicht. Dies beschränkt sich jedoch auf die Einkommen. Anders sieht es jedoch bei der Vermögenssituation aus. Es ist nämlich davon auszugehen, dass die Kaufpreise für landwirtschaftliche Nutzflächen ebenfalls drastisch sinken, was zu einem Vermögensverlust bei den Eigentümern von Flächen führen würde.

Zusammenfassend kann die Entkopplung von Direktzahlungen als sinnvolles Instrument betrachtet werden, damit sich die landwirtschaftliche Produktion längerfristig an Marktsignalen ausrichtet. Allerdings sollte, um übermäßige Störungen des Bodenmarktes zu vermeiden, eine Entkopplung schrittweise und mit rechtzeitiger Ankündigung eingeführt werden.

Kathrin Happe MA(Econ) ist seit April 2003 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO), Abteilung Betriebs- und Strukturentwicklung ländlicher Räume. Sie hat Agrarökonomie an den Universitäten Hohenheim und Manchester studiert und war von 1998 bis 2003 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Hohenheim.

Prof. Dr. Alfons Balmann ist seit 2002 am IAMO tätig und dort Leiter der Abteilung Betriebs- und Strukturentwicklung ländlicher Räume. Er studierte in Göttingen Agrarwissenschaften und wurde dort 1994 promoviert. Nach seiner Habilitation an der Humboldt-Universität zu Berlin war er Vertretungsprofessor an der FH Neubrandenburg und an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

The Representative Farm:

Farmsize:		
Arable land:	21.4 ha	
Grass land:	5.3 ha	
Labour		
Hired labour:	0 h	
Off farm labour:	948 h	
Family labour:	2.843 h	
Crop rotation:		
Crops:	73.7 %	
Sugar beets:	2.4 %	
Rape seed:	18.1 %	
Eiweisspflanzen:	0.0 %	
Set aside:	0.5 %	
Maize silage:	5.2 %	
Intensive grass:	14.5 %	
Extensive grass:	37.2 %	
Livestock: Capacity: Used:		
Dairy:	5	5
Int. cattle:	21	2
Ext. Cattle:	4	3
Turkey:	147	147
Sows:	54	54
Pigs:	42	39

Manure Market
 sold: 0.0 ha
 bought: 6.5 ha

Finance
 Income: 37,238 €
 Ag. income: 24,496 €
 Non ag. inc.: 12,742 €
 Equity cap.: 477,219 €
 Lt. borrowed c.: 67,054 €
 Premium rec.: 8,443 €
 Livestock Dens.: 1.8 LU/ha

Select type of Income:
 All (272)
 Full-time (149)
 Part-time (123)

Select a farmclass:
 All farms (272)
 Pig & Poultry (133)
 Dairy & Forage (35)
 Grain cropping (76)
 Mixed (26)

Income per LU
 Value added per ha
 Av. farm sizes
 Farm sizes
 Rent exp. per ha
 Ag. income
 Non-ag. income
 Farm classes
 Land Rent
 Units Prod. per ha
 Livestock density
 Av. Livestock density
 Av. Transfers per ha
 Representative farm

LANDWIRTSCHAFTLICHES
INSTITUT DER UNIVERSITÄT

Martin - Luther - Universität
Halle - Wittenberg
Landwirtschaftliche
Fakultät

AV
71
20

Das Hauptgebäude der Landwirtschaftlichen Fakultät in der Ludwig-Wucherer-Straße
Foto: Kai-Uwe Dietrich/konzeptundform

ENERGIE SPAREN MIT ÖL ALS DRUCKMEDIUM – GEHT DAS?

DIE GRENZEN HYDROSTATISCHER ANTRIEBE ÜBERWINDEN

Peter Pickel

Vor fast 2 300 Jahren erfand Archimedes die Wasserschnecke («Archimedische Schraube»), die erste hydraulische Maschine, die nach dem Verdrängerprinzip – also hydrostatisch – arbeitete. Die Hydrostatik war damit als technisches Gebiet begründet, auch wenn sie erst mit der Entwicklung von Mineralölen als Druckmedium in großem Umfang Teil unseres Lebens wurde. Fast kein motorisiertes Fahrzeug kommt heute noch ohne hydrostatisch arbeitende Systeme wie Servolenkung, hydropneumatische Federungen, Bremskraftverstärker, Schmier- und Kraftstoffpumpen aus.

Seit den fünfziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts werden bei Nutzfahrzeugen hydrostatische Antriebe für Hauptarbeitsfunktionen eingesetzt. Geschätzt wird ihre hohe Kraft- und Leistungsdichte. Bei Land- und Baumaschinen werden vielfach vollhydrostatische Getriebe verwendet, was neben einer Fülle von Vorteilen (stufenlose und hohe Übersetzungsverhältnisse, niedrige Bewegungsgeschwindigkeiten, kompakte Bauform) auch eklatante Probleme mit sich bringt. Allen voran ist der sehr schlechte Wirkungsgrad zu nennen, der – je nach Betriebszustand – bei nur 50 bis 80 Prozent liegt. Selbst im nur betriebsbereiten Zustand verbrauchen die Maschinen beträchtliche Energiemengen. Daneben müssen die hohe Lärmemission (auch verstärkt durch den erforderlichen Kühlluftstrom zur Motor- und Ölkühlung) und mögliche Ölleckagen als Problemfelder des hydrostatischen Antriebs genannt werden.

Die Vorteile von Hydrostatik und Mechanik verbinden

Ein guter Antrieb für eine mobile Arbeitsmaschine oder ein Fahrzeug verbindet die Vorteile der Hydrostatik mit dem guten Wirkungsgrad eines mechanischen Getriebes. Bei Traktoren wurden seit Mitte der neunziger Jahre hydrostatisch-mechanisch leistungsverzweigte Getriebe in den Markt eingeführt. Die Grundidee ist dabei einfach: Der Hauptteil der Leistung wird über einen (z. B. mechanischen) Getriebezweig übertragen und nur ein (möglichst) geringer Teil der Leistung über einen stufenlosen hydrostatischen Getriebezweig. Beide Teilgetriebe werden dann vor dem Endantrieb mit Überlagerungsgetrieben zusammengeführt. Während stufenlos-leistungsverzweigte Getriebe bei Traktoren heute Stand der Technik sind, konnte diese Technologie aus Kostengründen noch nicht auf andere Maschinen übertragen werden, bei denen neben dem Fahrtrieb weitere Arbeitsorgane mit ähnlich hohem Leistungsniveau mechanisch angetrieben werden müssen. Beispiele sind Kartoffel- oder Rübenernter aus



dem Landmaschinenbereich oder Straßenfertiger aus dem Baumaschinensektor, die jeweils neben dem Fahrtrieb noch umfangreiche Förderorgane haben.

Neues Antriebskonzept für Landmaschinen entwickelt

Am Institut für Agrartechnik und Landeskultur der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wurde zusammen mit dem Forschungs- und Beratungszentrum Merseburg e. V. ein neues Antriebskonzept entwickelt, das für viele Landmaschinen anwendbar ist. Ausgangspunkt der Entwicklung ist ein mehrfach leistungsverzweigter Antrieb, wobei mehrere Abtriebe der Maschine einen gemeinsamen (mechanischen) Getriebezweig als Hauptgetriebe nutzen. Für ein solches Getriebe sind fast unendlich viele Schaltungs- und Steuerungsstrategien denkbar. Ein Konzept wäre die energetisch optimale Ausführung des Antriebs.

Abbildung unten:

Baumaschinen haben eine Vielzahl hydrostatischer Antriebe. Insbesondere Straßenfertiger – wie hier beim Einsatz auf dem Frankfurter Flughafen – sind Kandidaten für mehrfach leistungsverzweigte Getriebe.

Foto: Kurt Kaiser (Joseph Vögele AG, Mannheim)

19

Eine Abweichung von dieser Zielsetzung der Energieoptimierung erlaubt jedoch den insgesamt wesentlich kostengünstigeren Aufbau des Antriebs bei immer noch guter Energieausbeute.

Aber die Hydraulik kann nicht nur optimiert werden. Sie kann auch genutzt werden, um aktiv Energie zu sparen. Der Betrieb von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ist häufig durch hohe Stillstandszeiten mit laufendem Motor geprägt – also mit energetisch unnötigen Motorbetriebszeiten. Beispiele sind etwa PKW, Busse und Transportfahrzeuge im Stadtverkehr, aber auch Umschlagfahrzeuge. Weitere im Grunde unnötige Leerlaufbetriebszeiten des Motors kommen bei nur rollendem Fahrzeug oder bei Bremsvorgängen hinzu.

Die Fahr- oder Stillstandszeiten mit aus energetischer Sicht unnötiger Weise laufendem Motor sind grob umrissen die Phasen, in denen das Gaspedal nicht betätigt wird. Meist sind diese Zeiten mit einem Abbremsen bzw. mit einer gewollten Verringerung

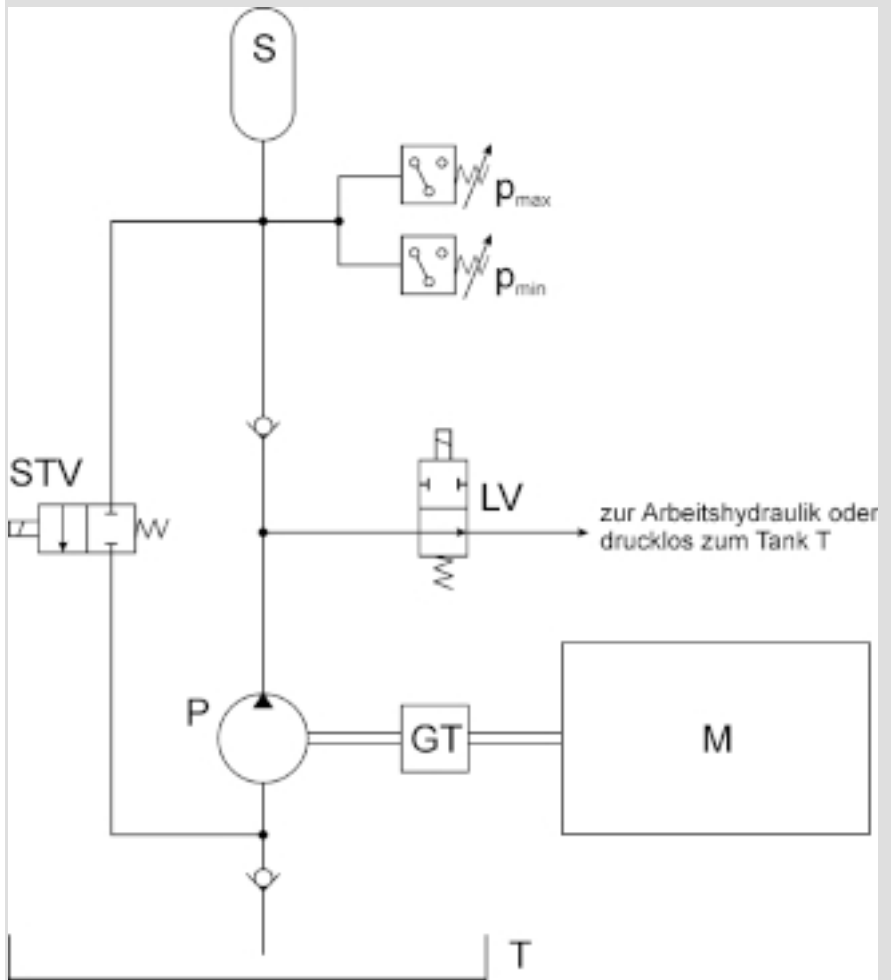
der Fahrgeschwindigkeit verbunden. Das Abbremsen oder Verlangsamen geschieht entweder über das Motorschleppmoment oder durch eine Betätigung der Betriebsbremsen beziehungsweise durch beides. Beim Abbremsen der Fahrzeuge geht Energie verloren. Um den Energieverlust zu minimieren, wäre es sinnvoll, den Motor in diesen Fahrzuständen wie auch im Stillstand abzuschalten. Der Motor wird aber nicht abgeschaltet, um ihn dann nicht neu starten müssen, denn ein Neustart ist mit erheblichen Einbußen im objektiven und subjektiven Fahrempfinden verbunden.

Kurzfristiges Abschalten des Motors – nicht nur sinnvoll, sondern gut möglich

Eine Reihe von Entwicklungen und Erfindungen beschäftigen sich mit der Problematik des kurzfristigen Abschaltens von Verbrennungsmotoren.

Die grundlegenden technische Probleme beim Wiederstart eines (noch warmen) Verbrennungsmotors sind die Speicherung der benötigten Energie zum Wiederanlassen und vor allem die Bereitstellung kurzzeitig hoher Leistungen und Drehmomente beim Anlassvorgang. Bekannte Konzepte benutzen Schwungradscheiben oder elektrische Speicherung von Energie.

Nun verfügen zahllose Fahrzeuge ohnehin über eine hydrostatische Pumpe. Da solche Pumpen im Grunde auch als Motor verwendet werden können (man spricht vom Mehrquadrantenbetrieb), ist es möglich, mit der Pumpe den Verbrennungsmotor anzutreiben bzw. zu starten. Als Energiespeicher kann ein hydropneumatisches Speicherelement – wie von Fahrzeugfederungssystemen bekannt – verwendet werden. Weiterhin werden einige zusätzliche Ventile benötigt. Ein solches System lässt sich sehr kostengünstig realisieren, wenn Komponenten einer ohnehin vorhandenen Arbeitshydraulik genutzt werden können. Es funktioniert so: Eine hydrostatische Pumpe P wird vom Verbrennungsmotor M über ein optionales Zwischengetriebe GT im Motorbetrieb angetrieben. Wenn das Ladeventil LV geschlossen wird, wird ein hydrostatisches Speicherelement S von der Pumpe P geladen. (Das geschieht z. B. im Bremsbetrieb des Fahrzeugs.) Der Ladevorgang wird spätestens bei Erreichen des maximalen Betriebsdrucks beendet. Der p_{\max} -Druckschalter sorgt in diesem



Vereinfachter Schaltplan für das hydrostatische Start-Stopp-System. Der einfache und kostengünstige Aufbau bringt 10 Prozent Kraftstoffersparnis.

Bild: Peter Pickel

Sinn dafür, dass das Ladeventil LV wieder geöffnet wird.

Wegen eines Rückschlagventils kann der Entladevorgang nur über das Starterventil STV erfolgen. Der Neustart des Verbrennungsmotors M erfolgt aus dem Stillstand bei Betätigung des Gaspedals durch Öffnen des Starterventils STV. Wegen eines weiteren Rückschlagventils erfolgt dann der Entladevorgang des Speichers S über den Sauganschluss der Pumpe P. Der Ausgang des offenen Ladeventils LV muss entweder direkt drucklos zum Tank T oder über ein Ventil der zusätzlich anschließbaren Arbeitshydraulik indirekt drucklos zum Tank zurückgeführt werden (siehe Abbildung oben). Je nach Bauart ist der Motor in 0,2 bis 0,3 s wieder in Gang gesetzt – fast unmerklich für den Fahrer. In Extremfällen,

so bei Bussen, kann über 10 Prozent Kraftstoff gespart werden. Das Ausbleiben des Motorgeräusches im Stillstand erhöht den Fahrkomfort. Leider arbeiten Nebenverbraucher – beispielsweise die Klimaanlage – dann auch nicht mehr.

Prof. Dr. Peter Pickel studierte 1982–1988 an der TU Berlin Maschinenbau, wo er 1993 auch promoviert wurde (Dr. Ing.) Anschließend war er in verschiedenen Industrieunternehmen in leitender Position tätig, zuletzt als Entwicklungsleiter der Vögele AG Mannheim, bevor er im Jahr 2000 dem Ruf an die Martin-Luther-Universität folgte. Er ist hier Direktor des Instituts für Agrartechnik und Landeskultur und Dekan der Landwirtschaftlichen Fakultät.

ANZEIGE IMMOHALDAT

MOORFORSCHUNG IM HARZ

ENTWICKLUNG UND SCHUTZ DER MOORE IM NATIONALPARK HOCHHARZ

Sabine Bernsdorf, Nadine Böhlmann, Ralph Meissner und Wolfgang Merbach

»Lassen wir die Natur unverändert, können wir nicht existieren. Zerstören wir sie, gehen wir zugrunde. Der schmale sich verengende Gratweg zwischen Verändern und Zerstören wird auf Dauer nur einer Gesellschaft gelingen, die im Umgang mit der Natur ethische Normen akzeptiert.« (Reimar Gilsenbach, 1925–2001)

Moore sind wesentlicher Bestandteil von Landschaften in humidem Klima und treten hier in der gesamten Fülle der ökologischen und hydrogenetischen Moortypen auf. Moore erfüllen wichtige Funktionen im Landschaftshaushalt bei der Festlegung von Kohlenstoff, Nähr- und Schadstoffen. Darüber hinaus tragen sie zur Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes bei und dienen als Ausgleichsräume für das Klima. Unter der Voraussetzung ständig wassergesättigter Bedingungen werden Kohlenstoff, Stickstoff und weitere Nährstoffe in Form von Torf akkumuliert. Auf diese Weise sind seit dem Ende der letzten Eiszeit weltweit auf einer Fläche von etwa 4,8 Mio. km² etwa 430 GT Kohlenstoff im Torf gebunden. Dies entspricht etwa einem Anteil von 20 Prozent an den Gesamtkohlenstoffvorräten der terrestrischen Ökosysteme.

Moore sind Ökosysteme mit positiver Stoffbilanz, in denen die Gesamtproduktion höher ist als der mikrobielle Abbau der organischen Substanz und der Bilanzüberschuss in Form von Torf akkumuliert wird. Je nach klimatologischen Bedingungen und nach anthropogenen Beeinflussungen kann der Entwicklungsstand der Moore durch eine Stillstands-, Wachstums- bzw. Regenerationsphase definiert werden.

Moore werden nach ihrer Trophie, Hydrologie und Vegetation klassifiziert. Succow beschreibt die hydrogenetischen Moortypen und bewertet sie aus naturschutzfachlicher Sicht hinsichtlich möglicher Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen. Grundsätzlich werden die Moore in regenwassergespeiste (ombrogene) nährstoffarme Hochmoore und in grundwasserernährte (minerogene) nährstoffreiche Niedermoore eingeteilt.

Der Flächenanteil von Mooren wird weltweit auf etwa drei Prozent geschätzt. In der Bundesrepublik Deutschland nehmen sie eine Fläche von etwa 14 350 km² ein und bilden wertvolle Landschaftseinheiten.

Die Moore im Harz

Die Harzmoore als typische Mittelgebirgsmoore unterscheiden sich wesentlich von den Flachlandmooren und weisen eine sehr hohe Diversität auf.

Neben exzentrischen Hochmooren sind soli-ombrogene Hanghochmoore, soligene Hangniedermoore vorhanden; sie bedecken in jeweils charakteristischer Ausprägung Hanglagen, Sättel, Gipfel oder Kämme. Die topographische Diversität ist verbunden mit einer ökologischen, vegetationskundlichen und faunistisch-floristischen Mannigfaltigkeit. »In der BRD steht das Hochharzer Moorgebiet mit seinen 17 000 ha

vermoorter Fläche einsam da und kann sich in seiner Größe und Diversität mit den großen skandinavischen Moorgebieten messen. Unter den in ihrer Topographie dem stark modellierten Gesteinsuntergrund angepassten Moortypen der Mittelgebirge (Sattel-, Gipfel-, Kamm- und Hangmoore) gibt es in ganz Europa nichts Vergleichbares«, schrieb Jensen 1987. Insgesamt weist der Hochharz 54 Vermoorungen aus, hiervon sind rund 500 ha waldfreie Fläche. Erste Moorbildungen werden vor ca. 10 000 Jahren angenommen; die Hauptvermoorung ist noch relativ jung mit 4 000 Jahren.

21



Das Ilsemoor

Foto: Nadine Böhlmann

Die besonderen klimatischen Verhältnisse des Hochharzes infolge hoher Niederschläge (langjähriges Mittel 1990–2000: 1 889 mm) und niedriger Jahresdurchschnittstemperaturen (3,7 °C) bieten optimale Voraussetzungen für die Moorbildung.

Moorforschung im Nationalpark Hochharz

Atmosphärische Einträge können als nasse oder trockene Deposition über Niederschläge und Stäube in Ökosysteme gelangen und wirken sich insbesondere auf nährstofflimitierten Standorten nachhaltig auf den Stoffhaushalt aus, indem sie zur Eutrophierung beitragen und damit die Vegetation verändern und somit auch das Moorbewuchs beeinflussen.

Die N-Einträge über die nasse Deposition variieren in der Bundesrepublik Deutschland zwischen 11 und 40 kg/ha und Jahr (Enquete-Kommission 1994). Die tatsächlichen Stoffeinträge aus der Atmosphäre sind dagegen höher.

Die Aufgabe bisheriger laufender Forschung besteht darin, die Stickstoffein- und austräge zu quantifizieren sowie Aussagen zur Retention der Stickstoffparameter im Moor (Torf und Vegetation) zu treffen. Die Untersuchungen werden an einem soligen Hangmoor, dem Ilsemoor durchgeführt. Das Ilsemoor ist ein etwa 1,5 ha großes ungestörtes Moor und befindet sich östlich der Brockenkuppe in 850 m ü. NN. Die Quantifizierung des N-Eintrages erfolgt in Abhängigkeit vom Eintragspfad (Freifläche, Bestand, Nebel und Schnee). Freiflächen- und Bestandesniederschlag (Kronendurchlauf und Stammablauf) werden kontinuierlich über Datenlogger aufgezeichnet. In gleicher Weise wird in einem Thomson-Dreiecküberfallwehr mit Hilfe eines kapazitiven Pegelsensors der Abfluss gemessen. Der Nachweis der N-Parameter im Torf und in der oberirdischen Vegetation dient zum Verständnis der gesamten N-Stoffflüsse in einem Hangmoor und zum Aufstellen einer entsprechenden Stoffbilanz.

Durch regelmäßige Bestimmung der hydrochemischen N-Parameter ist die jeweilige Fracht zu berechnen. Im Vergleich zur Messung des atmosphärischen N-Eintrages über die Bulk-Methode (nasse Deposition) wurde das ITNI-System (Integral Total Nitrogen Input) nach Russow 1999 ange-

wandt und auf die extremen Standortbedingungen bei Verwendung von *Callamagrostis villosa* (Wolliges Reitgras), einer am Standort wachsenden Pflanze, modifiziert.

Die 15 N-Isotopenverdünnungsmethode ermöglicht es, die direkte Aufnahme von gasförmigen N-Verbindungen aus der Luft durch oberirdische Pflanzenorgane zu erfassen. Es wird damit der gesamte N-Eintrag in das System Boden-Pflanze ermittelt.

Bisherige Ergebnisse zeigen atmosphärische N-Einträge von etwa 27 bis 30 kg/ha und Jahr, die langfristig für die sensiblen Moorökosysteme als kritisch einzuschätzen sind.

Forschungsbedarf und praktische Relevanz

Untersuchungen zum Nährstoffeintrag und -umsatz sowie zur Nährstoffdynamik auf Hangmooren liegen nicht vor. Es sind die am Beispiel erzielten einjährigen Ergebnisse zu sichern und die critical loads für genannte Standorte zu ermitteln. Dazu sind in Gefäßversuchen die Mechanismen des N-Stoffwechsels bei Torfmoosen (Sphagnum) als entscheidende Voraussetzung zur Einschätzung der künftigen Entwicklung der Hangmoore nachzuweisen, um damit Prognosen über deren langfristige künftige Entwicklung abzuleiten. Weiterhin sollten die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse bei der Renaturierung entwässerter Hangmoore Anwendung finden.

Die erzielten Ergebnisse sind relevant für den Erhalt und die Entwicklung der Moorökosysteme des Hochharzes, analoger Standorte auf dem Harzhochland, für das Wachstum der Moore auf dem Brocken-gipfel sowie für die Bergfichtenwälder und deren forstwirtschaftliche Bewirtschaftung.

Derartige Forschung bedarf einer stark interdisziplinären Zusammenarbeit, die mit dem Nationalpark Hochharz, der Georg-August-Universität Göttingen, dem Institut für Bodenkunde und Pflanzenphysiologie der Martin-Luther-Universität, dem Umweltforschungszentrum und den Behörden des Landes gegeben ist. Gleichzeitig sind aus den gewonnenen Erkenntnissen Schlussfolgerungen für das Management des Nationalparks hinsichtlich der Interessen von Naturschutz, Wasser- und Forstwirtschaft sowie Tourismus abzuleiten.



Die Abbildung oben zeigt das ITNI-Meßsystem (Integral Total Nitrogen Input). Auf der Abbildung unten ist ein Meßwehr zur Erfassung der Abflussmenge zu sehen.

Fotos (2): Nadine Böhlmann

Sabine Bernsdorf studierte Biologie und Chemie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 1974 wurde sie an der Landwirtschaftlichen Fakultät promoviert und ist seitdem im Bereich Landeskultur und Kulturtechnik wirksam (Institut für Agrartechnik und Landeskultur). In Lehre und Forschung vertritt sie den Gewässerschutz und die Abfallwirtschaft. Dipl. Agraring. Nadine Böhlmann studierte an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Bodenschutz und Landschaftsgestaltung und diplomierte 2000. Seitdem beschäftigt sie sich im Rahmen ihrer Promotion mit der Stickstoffdynamik in Hangmooren und wird von Prof. Dr. Ralph Meißner (UFZ Leipzig – Halle GmbH) betreut. Ralph Meißner hat die Professur „Landschaftswasserhaushalt“ am UFZ inne. Prof. Dr. Wolfgang Merbach siehe Beiträge S. 5/6, 23/24 u. 25/26.

WASSER- UND NÄHRSTOFFTRANSPORT BEI HÖHEREN PFLANZEN ÜBER XYLEMFERNTRANSPORT UND NÄHRSTOFFVERTEILUNG IN BLÄTTERN

Wolfgang Merbach, Dietmar Lüttswager, Katja Hüve und Rainer Remus

Analog zu den Blutgefäßen bei Mensch und Tier erfolgt bei höheren Pflanzen die Wasser- und Nährstoffversorgung durch ein Leitgefäßsystem. Man unterscheidet zwei Leitsysteme: Über das Phloem (Siebröhren) gelangen Assimilate (das sind organische Kohlenstoffverbindungen) von den Blättern zu anderen Organen. Wasser und die darin gelösten Nährionen werden im Ferntransport über das Xylem (tote, oft verholzte Gefäßelemente) von den Wurzeln zu den Blättern transportiert, die den größten Teil des Wassers verdunsten.

Phloem und Xylem befinden sich in Blättern räumlich eng nebeneinander in den Bündelscheiden. Größere dieser sogenannten Blattnerven lassen sich schon mit bloßem Auge erkennen. Die Nährelemente unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Mobilität. Da manche Nährelemente wie Eisen und Phosphor auf Grund ihrer begrenzten Pflanzenverfügbarkeit häufig das Pflanzenwachstum begrenzen, ist ihr Transportverhalten sowohl für die wissenschaftliche Erkenntnis als auch für die praktische Pflanzenernährung von großem Interesse. Das gilt besonders bei gestörter Wasserleitung in den Pflanzen. Es wurden deshalb Verteilungsgeschwindigkeiten und Verteilungsmuster von Wasser und Nährelementen im Zellgewebe und in Gefäßen unterschiedlicher Areale von Ackerbohnenblättern (*Vicia faba* L.) gemessen. Das erfolgte durch eine Kombination von Radionuklidanwendung und elektronischer Bildauswertung. Dabei gab es zwei experimentelle Ansätze:

- a) Radionuklide von Nährelementen wurden über den Blattstiel oder auf die Blattflächen appliziert, um deren räumliche und zeitliche Verteilung zu verfolgen.
- b) Zur Simulation von Wasserstress wurde durch Zerschneiden der Hauptnerven der Wasserferntransport im Blatt stark behindert.

Wassertransport

In Vorversuchen wurde eine unerwartete Toleranz der Blätter gegenüber einer Schädigung der Blattneratur beobachtet. Bei moderaten Klimabedingungen (18–25°C, 60–80 Prozent Luftfeuchtigkeit) blieben Blätter, an deren Blattgrund die größten Nerven durchtrennt und damit 70–80 Prozent der Xylemquerschnittsfläche ausgeschaltet waren, tagelang ohne äußerlich erkennbare Schäden. Messungen der Transpiration zeigten, dass diese in nervaturgeschädigten Blättern noch immer 60–80 Prozent im Vergleich zu intakten Kontrollblättern betrug. Ein über den Blattstiel zugeführter Farbstoff (Neutralrot) verursachte eine rasche und nachhaltige Anfä-

rbung aller am Transport beteiligten Gefäße. Nach Durchtrennen großer Blattnerven konnte ein „Umfließen“ des verletzten Bereiches über Feinnerven durch den Farbstoff sichtbar gemacht werden, wobei sich die Geschwindigkeit vervielfachte (siehe Abb. rechts oben). Hauptnerven waren unmittelbar vor und auch hinter der Verletzung angefärbt, was darauf schließen lässt, dass eine Wiederbeladung unterbrochener Hauptnerven über das Feinnervensystem möglich ist.

Da die Transportgeschwindigkeit des Farbstoffes geringer als die des Wassers, und sehr geringe Farbstoffkonzentrationen im Gewebe visuell nicht mehr erkennbar sind, wurden die Experimente mit radioaktiv markiertem Wasser (Tritium) wiederholt. Untersuchungen am gleichen Blatt ergaben für Tritium eine etwa zwei- bis dreifache Transportgeschwindigkeit im Vergleich zu Neutralrot. Leichter als mit Neutralrot war mit Tritium die Wasserverteilung über die Spreite von Blättern mit verletzten Leitbahnen zu beobachten (siehe Abbildung rechts unten).

Im verletzten Fiederblatt befanden sich besonders in der durchtrennten Mittelrippe wesentlich geringere Tritiumkonzentrationen. Am Blattrand waren die Unterschiede undeutlicher.

Obwohl Wasser für Nährionen das Transportmedium darstellt, besitzen Ionen jedoch wegen ihrer Größe und Ladung häufig andere Verteilungsmuster.

Nährstofftransport

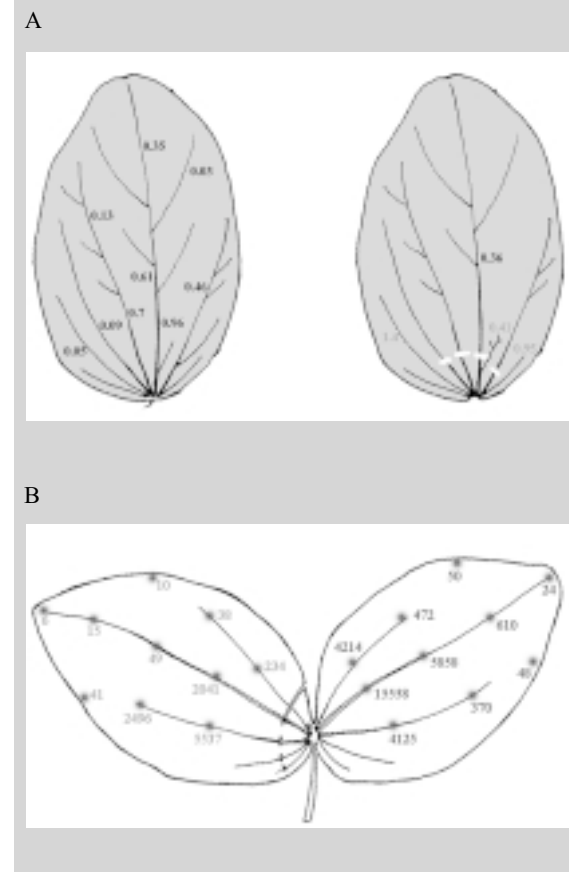
Auf Grund ihrer häufig begrenzten Pflanzenverfügbarkeit sowie ihrer unterschiedlichen Mobilität in Pflanzen wurden Phosphat (P), Eisen (Fe), und Kalzium (Ca) untersucht.

Ihre Verteilung wurde mit Hilfe des Bildanalysegerätes BAS 1800 autoradiographisch dargestellt (Falschfarbendarstellung). Nachfolgend werden Resultate für den Makronährstoff P gezeigt.

Bei Fütterung über den Blattstiel zeigt sich eine rasche Verteilung von radioaktivem Phosphor (³²P). Innerhalb von 15 Minuten

Abbildung unten (A): Transportgeschwindigkeit von Neutralrot (m/h) in Ackerbohnenblättern (*Vicia faba* L.) als Maß für den Wassertransport. Links: intaktes Blatt; nach Durchtrennen großer Blattnerven (rechts) umfließt die Farbstofflösung über Feinnerven den verletzten Bereich, dabei erhöht sich die Fließgeschwindigkeit, und das Blatt wird trotzdem weitgehend versorgt.

Abbildung unten (B): Verteilung von Tritium (³H)-markiertem Wasser in der Blattspreite von Ackerbohnen: (Bq/mg Frischmasse) 30 min nach Applikation über den Blattstiel. Im linken Fiederblatt sind die Hauptnerven und ein Teil der Feinnerven durchtrennt.



war das Nuklid in Leitgefäßen aller Blattregionen nachweisbar (siehe Abbildung S. 24 oben). ³²P wurde auch nach 24 Stunden im distal (d. h. zur Blattspitze hin) zum durchgehenden Schnitt befindlichen Gewebereich und in der Blattspitze nur in geringerer Konzentration gefunden (siehe Abb. S. 24 unten, links). Distal zum Schnitt in die Blattspreite applizierter ³²P verteilte sich im Vergleich zum unverletzten Blatt ausgedehnter und erreichte auch die Blattspitze (siehe Abb. S. 24 Mitte). Eisen (nicht dargestellt) verhielt sich ähnlich wie

der Phosphor. Deutlich langsamer bewegte sich Kalzium im Xylem.

Auf die Epidermis der Blattspreite aufgebracht ^{32}P verteilte sich zunächst lokal. Er wurde auch nach unten (basipetal, wahrscheinlich über das Phloem) aus dem Blatt abtransportiert. In der Blattspitze hingegen fand sich nur eine sehr geringe Konzentration (siehe Abb. Mitte, links). Eisen (nicht dargestellt) wurde ebenfalls sowohl in akropetaler (nach oben) als auch in basipetaler Richtung transportiert, jedoch überwog der Transport zur Blattspitze hin. Das als phloemimmobil geltende Kalzium wurde fast ausschließlich akropetal transportiert. Wie bei Wasser ließ sich auch mit allen Nährionentracern nachweisen, dass zerstörte Hauptnerven keine wesentlichen Transportbarrieren darstellen, sich jedoch das Verteilungsmuster im Blatt ändert. Die Kombination aus Isotopentechnik und Bildauswertung erwies sich als geeigneter methodischer Ansatz zur Darstellung des Transportverhaltens verschiedener Nährelemente in pflanzlichen Geweben. ■

Prof. Dr. Wolfgang Merbach (siehe auch Beitrag S. 5/6) studierte 1958–1964 Landwirtschaft und 1965–66 Chemie in Jena; Promotion 1970 in Jena, Habilitation 1982 in Halle, 1990 Professor an der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Berlin, 1992–98 Institutsdirektor am Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Müncheberg, seit 1998 Professor für Physiologie und Ernährung der Pflanzen an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2000–2003 Dekan der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität;

Dr. Dietmar Lüttschwager studierte 1978–1983 Biologie an der Humboldt Universität zu Berlin; 1990 Promotion, seit 1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZALF;
Dr. Katja Hüve studierte 1986–1993 an der Bayerischen Julius-Maximilians Universität Würzburg Biologie, 1993 Diplom, 1997 Promotion, danach wissenschaftliche Mitarbeiterin am ZALF Müncheberg, an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und seit 2002 an der Universität Tartu (Estland).

Dipl.-Agr.-Ing. Rainer Remus studierte im Fernstudium 1989–94 an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und ist seit 1992 Mitarbeiter am ZALF Müncheberg,

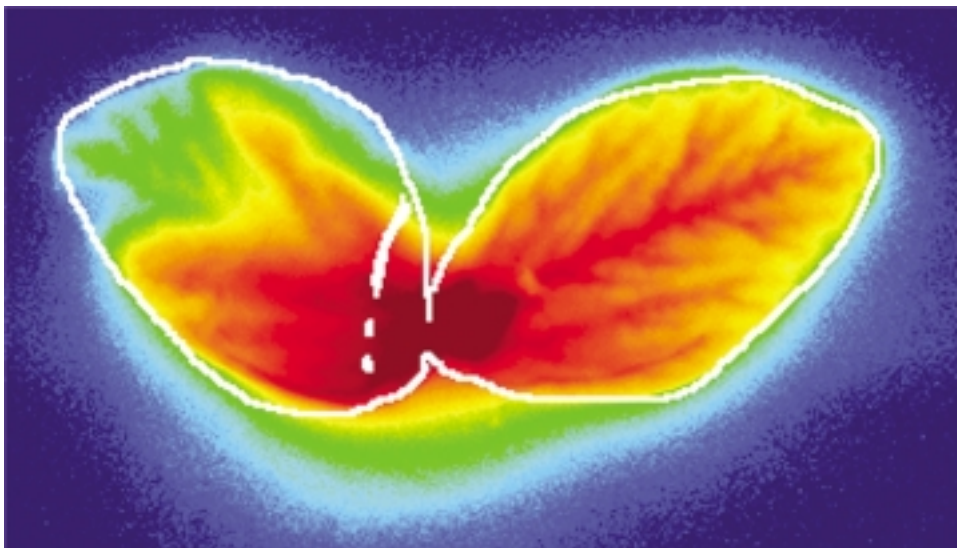
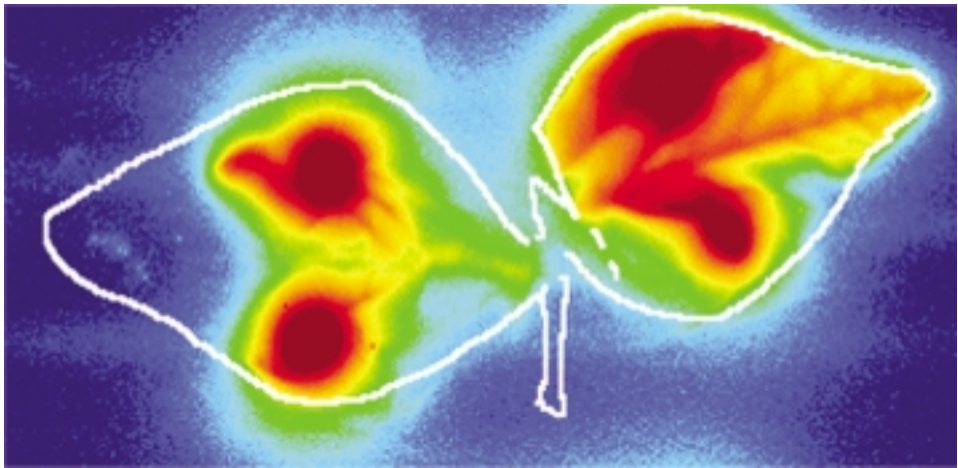
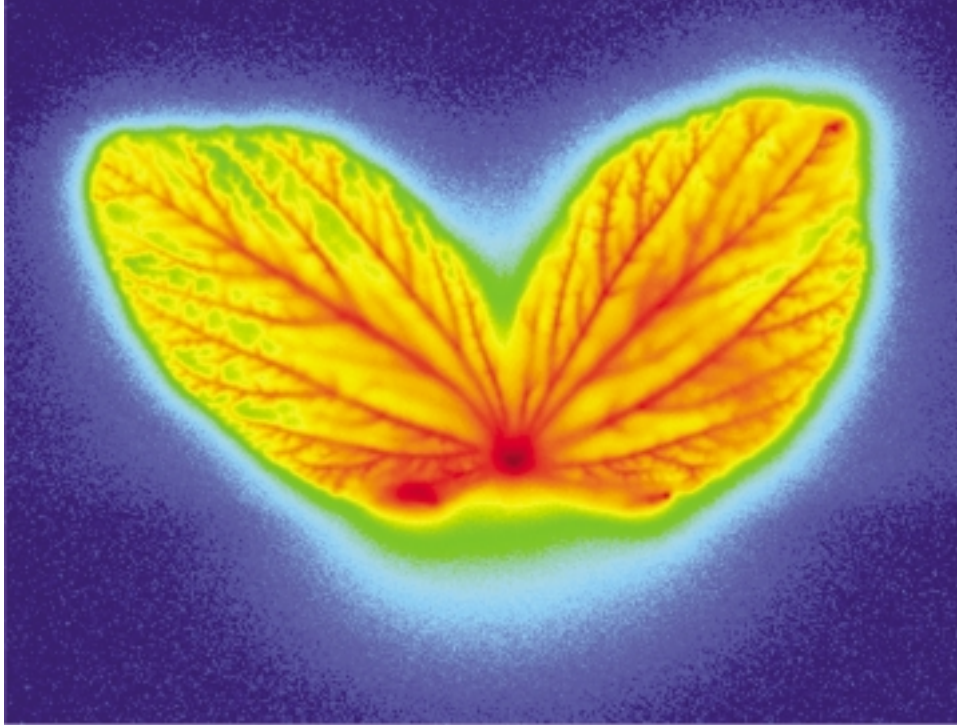


Abbildung oben: Verteilung von ^{32}P in der Spreite von Ackerbohnenblättern nach Aufnahme über den Blattstiel (Autoradiographie nach 15 min., Falschfarbendarstellung: je höher die Radioaktivität, um so intensiver die Rotfärbung)

Abbildung Mitte: Verteilung von ^{32}P 6 Stunden nach Applikation auf die Blattspreite von Ackerbohnen; Nerven am linken Fiederblatt intakt, am rechten Fiederblatt teilweise durchtrennt

Abbildung unten: Verteilung von ^{32}P in der Spreite 24 h nach Aufnahme über den Blattstiel; Nerven im linken Fiederblatt teilweise durchtrennt

DIE DAUERDÜNGUNGSVERSUCHE IN HALLE

IHRE BEDEUTUNG UND IHRE BESONDERHEITEN

Wolfgang Merbach und Lothar Schmidt

Da die Effekte menschlicher Tätigkeit (z. B. unterschiedliche Düngung) wegen der Pufferwirkung der Böden bzw. Ökosysteme erst sehr allmählich sichtbar werden, sind Dauerversuche eine einzigartige Möglichkeit, langfristige Veränderungen bei Böden und Pflanzen durch nebeneinandergelegte unterschiedliche Düngungs- oder Bewirtschaftungsvarianten zu erkennen und zu dokumentieren. Dies betrifft u. a. die Dauer und das Ausmaß des Nährstoffnachlieferungsvermögens, die Abpufferung von Schädwirkungen durch Böden, den Zeitraum und das Niveau für die Erstellung neuer Fließgleichgewichte oder den Verlauf von Bodenentwicklungsprozessen.

Die Bedeutung von Dauerversuchen

Sie ermöglichen die Folgeabschätzung gegenwärtiger Maßnahmen und die Bewertung zukünftiger Entwicklungen und können daher fundierte Entscheidungshilfen für die Agrar- und Umweltpolitik liefern. Sie stellen darüber hinaus, beispielsweise durch das Sichtbarwerden von Nährstoffgehaltsunterschieden oder durch auftretende Mangelsymptome, ein einzigartiges Lehrmaterial dar. Dauerversuche erlauben es schließlich, allmählich zutage tretende Unterschiede zwischen verschiedenen Landnutzungsverfahren zu quantifizieren. Dadurch wird es möglich, Boden- und Pflanzenmaterial für verschiedene Labor- und Vegetationsuntersuchungen zur Aufklärung der Mechanismen zu erhalten, was auf andere Art nicht zu beschaffen ist. Beispielsweise kann man an der langfristigen

Ertragsentwicklung von Düngungsvarianten prüfen, ob Methoden zur Boden- und Pflanzenanalyse die Nährstoffbelieferung der Pflanzen hinreichend widerspiegeln. Oder man kann untersuchen, wie sich langfristig unterschiedliche Düngung auf die Bildung organisch-mineralischer Komplexe im Boden und somit auf die Bodenstruktur auswirkt. Solche Untersuchungen tragen zur wissenschaftlichen »Belastbarkeit« von Prognosen bei. Gleichzeitig fallen dabei auch Materialien für andere Wissenschaftszweige an, ohne dass dies in der ursprünglichen Versuchsfrage enthalten war. Bei Publikationen wird die Herkunft des Materials zwar genannt, doch wird der Öffentlichkeit dabei meist nicht deutlich, dass die gewonnenen Erkenntnisse nur durch die Existenz entsprechender Dauerversuche möglich gewesen sind.

Die haleschen Dauerdüngungsversuche 25

Zu ihnen zählt erstens der 1878 von Julius Kühn begründete Versuch »Ewiger Roggenbau«. Er umfasst 0,6 ha und ist nach dem Weizenversuch in Rothamsted (England) der weltweit zweitälteste Dauerdüngungsversuch (siehe Abbildung unten).

Zweitens gehören hierzu die von Karl Schmalfuß 1949 eingerichteten Dauerdüngungsversuche. Sie umfassten ursprünglich 4,8 ha mit folgenden Teilversuchsreihen:

- Feld A mit dem Kalkdüngungsversuch: 252 Parzellen
- Feld B mit dem Versuch zur physiologischen Reaktion der Düngemittel: 72 Parzellen
- Feld C mit dem Kaliumdüngungsversuch: 240 Parzellen
- Feld D mit dem Phosphatdüngungsversuch: 144 Parzellen
- Feld E mit dem Stickstoffdüngungsversuch: 192 Parzellen
- Feld F mit dem Versuch zur organischen Düngung: 216 Parzellen
- Insgesamt: 1116 Parzellen

Abbildung unten: Der »Ewige Roggen« auf dem Julius-Kühn-Feld in Halle ist der zweitälteste Dauerdüngungsversuch der Welt.

Foto: Günther Schilling



Die Versuche Feld B und Feld E wurden inzwischen eingestellt, und im Fall von Feld A, Feld C und Feld D ist der Versuchsumfang erheblich eingeschränkt worden (auf 108, 120 bzw. 72 Parzellen). Drittens gehört der 1948 von Karl Schmalfuß eingerichtete Dauerversuch zur Bodenbildung im Campus Adam-Kuckhoff-Straße 17 b zu den halleschen Dauerdüngungsversuchen.

Bedeutung und Besonderheit der halleschen Versuche

Die halleschen Dauerdüngungsversuche haben in ihrer bisherigen Laufzeit wichtige Erkenntnisse bzw. Entscheidungshilfen für die Agrar- und Umweltpolitik geliefert. Zunächst belegen sie eindrucksvoll die Langfristigkeit agroökosystemarer Reaktionen auf Bewirtschaftungsveränderungen. Es zeigte sich, dass Veränderungen bei der Umstellung des Anbausystems oder der Einstellung der Düngung frühestens nach dreißig Jahren messbar werden und neue Fließgleichgewichte oft erst nach siebzig Jahren eintreten. So wirkt z. B. die von 1893 bis 1953 erfolgte jährliche Stallmistgabe im N-Nachlieferungsvermögen noch heute nach.

Derartige Resultate gewinnen unter anderem bei der Bewertung der Flächenstilllegungsproblematik an Aktualität. Weiterhin zeigte sich, dass die N- und C-Gehalte der Böden auf die Dauer vor allem von der mit der organischen Düngung zugeführten Menge an schwer zersetzbarer Substanz abhängig und unter praktischen Bedingungen die Möglichkeiten zur Steigerung des Humusgehaltes begrenzt sind. Außerdem beweist der »Ewige Roggenbau«, dass eine nährstoffäquivalente Mineraldüngung die organische Düngung hinsichtlich einer nachhaltigen Ertragsfähigkeit ersetzen kann, und er beweist auch ein außerordentlich hohes P-Nachlieferungsvermögen aus dem Boden, das sich in herkömmlichen Methoden der Ermittlung des pflanzenverfügbaren P nicht hinreichend widerspiegelt. Mit Abstrichen gilt dies auch für Kalium. Schließlich haben die Versuche einen regelmäßigen Kalkbedarf mitteldeutscher Schwarzerden nachgewiesen und waren die Grundlagen für die in Sachsen-Anhalt entwickelte Stickstoffbedarfsanalyse. Nicht zuletzt aber dienten die halleschen Dauerversuche verschiedenen Grundlagenuntersuchungen. So wurde mit Hilfe von ^{15}N der



Eine Besuchergruppe vor dem »Ewigen Roggen« auf dem Julius-Kühn-Feld. Oft lassen sich Gäste der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität den Dauerdüngungsversuch an Ort und Stelle erläutern

Foto: Margarete Wein

Weg des Dünger-N im Agroökosystem verfolgt; ferner wurde die K-Dynamik im Boden untersucht oder den Einflussfaktoren der Freisetzung des klimarelevanten Methans nachgegangen.

Julius-Kühn-Feld ist repräsentativer Standort

Zu fragen blieb aber nach der allgemeinen Gültigkeit der dargestellten Resultate und Aussagen. Wie alle acker- und pflanzenbaulichen Experimente sind natürlich auch die halleschen Versuche hinsichtlich ihrer Gültigkeit standortgebunden. Prinzipiell kann man aber die Befunde auch auf andere Gebiete übertragen, die vergleichbare Boden-, Klima- und Witterungsbedingungen besitzen.

Das Julius-Kühn-Feld liegt am Rande des mitteldeutschen Löß-Schwarzerdegebietes, das für das östliche Harzvorland typisch ist und das an die Schwarzerden des Thüringer Beckens sowie der Magdeburger Börde grenzt.

Der Standort ist durch geringe Niederschläge bei hoher Einstrahlung gekennzeichnet und ist damit repräsentativ für ähnlich geartete Gebiete zwischen Saale, Elbe und Mulde. Die Abweichung gegenüber ande-

ren Trockenstandorten des mitteleuropäischen Raumes sowie osteuropäischer Gebiete, bei denen ebenfalls mit wenig Auswaschung, aber einer Verlagerung von Nähr- und Schadstoffen in tiefere Schichten gerechnet werden kann, ist nicht groß. Die Dauerversuche in Halle liefern wertvolle Ratschläge, die von der Landwirtschaft unter sich ändernden Marktbedingungen gebraucht werden. In den westlichen Bundesländern gibt es weder derartige Umweltbedingungen noch vergleichbare Versuche. Letzteres gilt, was insbesondere das systematisch aufgebaute Spektrum der Varianten angeht, sogar für ganz Europa. Die halleschen Dauerversuche sollen daher auch zukünftig weitergeführt und – wo notwendig – behutsam modifiziert werden.

Prof. Dr. Wolfgang Merbach (Vita siehe Beiträge auf den Seiten 5/6 und 23/24); Doz. Dr. Lothar Schmidt studierte 1965–68 Landwirtschaft (Fernstudium) in Jena und Pädagogik in Erfurt; 1971 Promotion in Jena, 1980 Habilitation in Halle; Dozent an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg seit 1985, Gastdozent an der Universität Tananarivo (Madagaskar) 1987–1990; Arbeitsgebiete: Futterbau, nachwachsende Rohstoffe, Dauerdüngungsversuche

DIE ARCHITEKTUR DES BODENS

BAUHERREN DER PEDOSPHERE: ZU IHRER AGRONOMISCHEN BEDEUTUNG

Georg Guggenberger

Strukturbildung ist ein wesentlicher Prozess der Pedogenese (Bodenbildung). Der Aufbau des Bodens ist geprägt durch eine räumlichen Anordnung von Partikeln nach Größe, Form, Orientierung und von Poren zwischen ihnen. Das Rückgrat der Bodenstruktur bilden dabei Aggregate. Diese sind aus lebenden und toten organischen Materialien sowie Sand (63–2000 μm), Schluff (2–63 μm) und Ton (<2 μm) aufgebaut. Neben einigen abiotischen Prozessen sind v.a. Aktivitäten der Lebewesen im Boden (das Edaphon) für die Strukturbildung verantwortlich. Pflanzenwurzeln, die Bodenfauna und die Bodenmikroflora gestalten aktiv ihren Lebensraum und gelten daher als Architekten des Bodens. Die Auswirkungen dieser Aktivitäten sind vielfältig.

Regenwürmer als Architekten des Bodens

Regenwürmer sind hinsichtlich der Masse des aufgenommenen und verarbeiteten Bodens am bedeutendsten. Diese kann in temperierten Böden bis zu 100 Mg ha⁻¹ Jahr⁻¹ und in tropischen Böden bis zu 2600 Mg ha⁻¹ Jahr⁻¹ betragen. Entsprechend ihrer Ökologie lassen sich epigäische (Streu bewohnende), endogäische (horizontal bohrende) und anözische (vertikal bohrende) Regenwürmer unterscheiden. Hinsichtlich der Architektur des Bodens sind die endogäischen und anözischen Vertreter bedeutend. Die endogäischen Spezies bilden ein ausgeprägtes Netzwerk an Gängen in den oberen Mineralbodenhorizonten, während die anözischen Spezies ausgeprägte Tiefgräber (bis zu mehreren Metern) sind. Insbesondere die anözischen Vertreter beeinflussen daher den Gas-, Wasser- und Lösungsstrom im Boden.

So konnte in Feldversuchen gezeigt werden, dass die Eliminierung von Regenwürmern die Infiltrationsrate um den Faktor 3 reduziert, was eine deutliche Erhöhung des Oberflächenabflusses und somit der Erosion zur Folge hat. Auch dienen Regenwurmrohre als bevorzugte Wurzelbahnen (siehe Abbildung rechts). Dies gilt insbesondere für verdichtete Bodenhorizonte. Dadurch können die Pflanzen größere Bereiche im Boden für die Wasser- und Nährstoffaufnahme erschließen, die ihnen ansonsten verwehrt blieben. In trockenen Jahren wie diesem ist das entscheidend für einen zufriedenstellenden Ertrag.

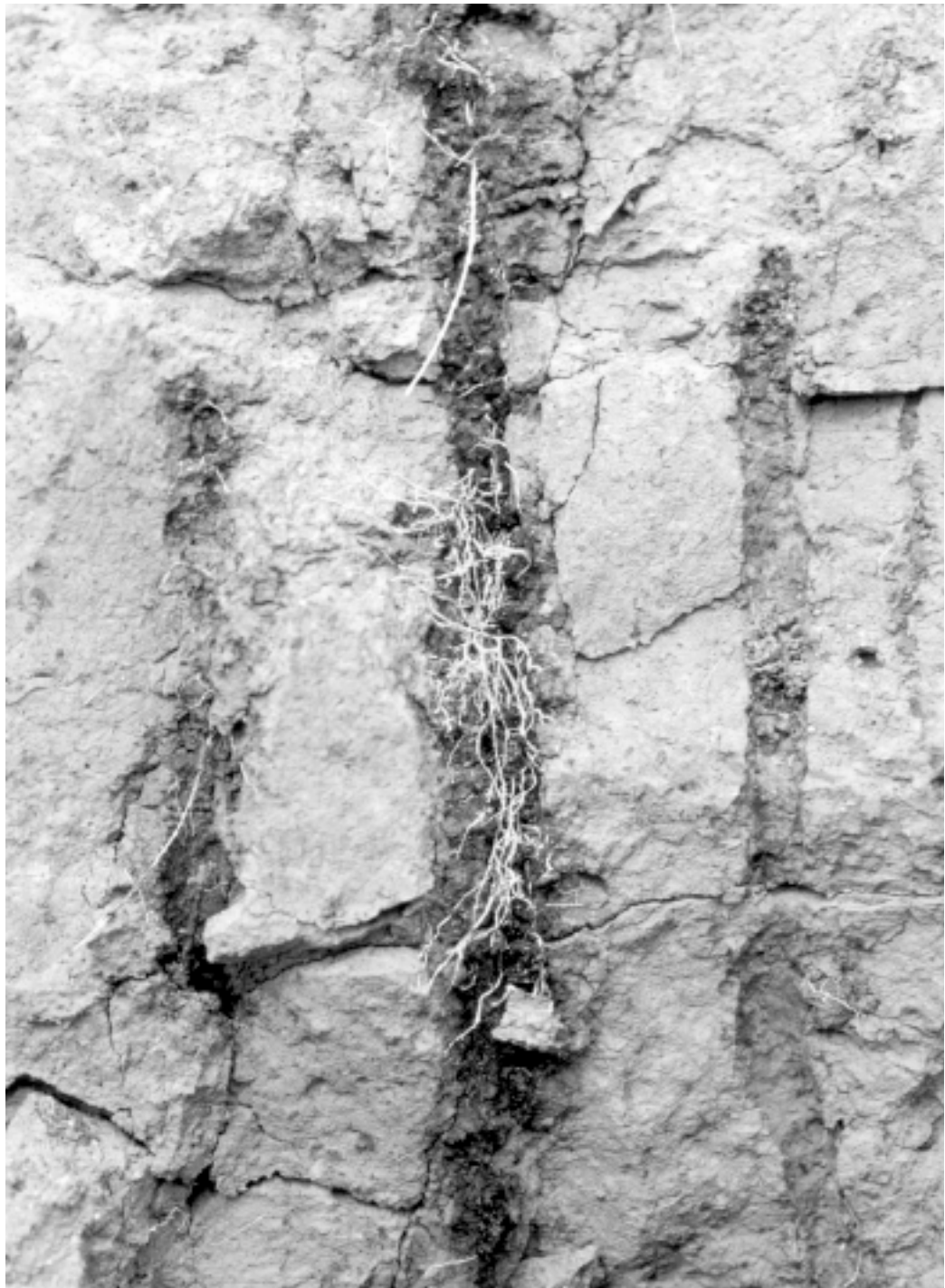
Für den Pflanzenstandort von hoher Bedeutung ist auch die Lockerung und Durchmischung des Bodens durch Regenwürmer. Negative Konsequenzen einer hohen Regenwurmaktivität können sich bei Starkregenereignissen auf Grund eines bevorzugten Wasserflusses durch die Regenwurmrohre ergeben. Agrochemikalien können bei unsachgemäßer Anwendung über diesen Pfad und unter Umgehung der Bindung an Bodenpartikel in das Grundwasser gelangen. Zu erwähnen ist, dass natürlich neben

den Regenwürmern noch eine Vielzahl weiterer Vertreter der Makro- und Mesofauna im Boden an der Bildung von Bioporen beteiligt sind (beispielsweise Enchyträiden und Insekten).

Die Abbildung unten zeigt eine durchwurzelte Regenwurmrohre

Foto: Otto Ehrmann

27



28 Bodenfauna und Bodenqualität

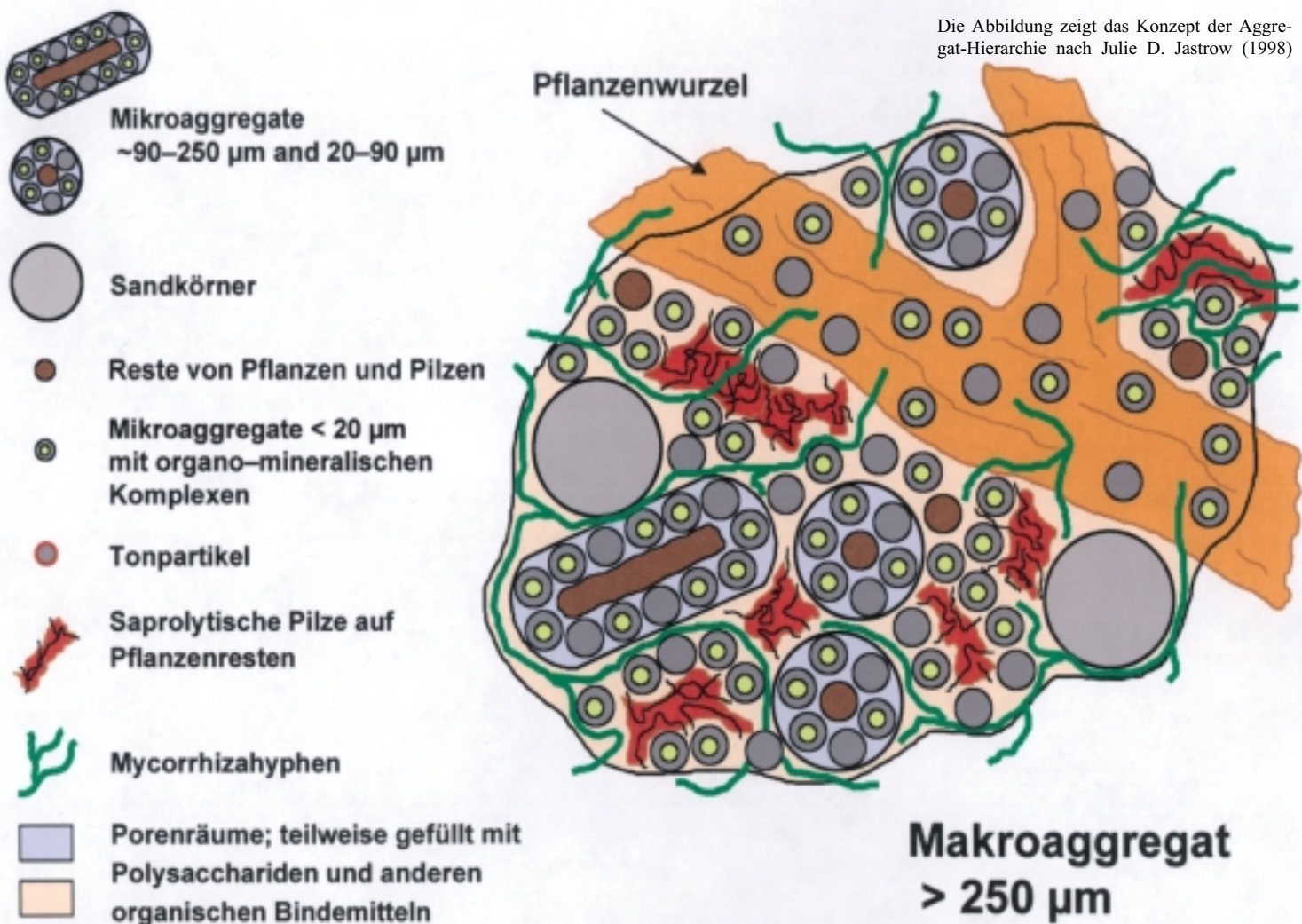
Im Darmtrakt der Regenwürmer und vielen anderen Vertretern der Bodenfauna kommt es zur Bildung organo-mineralischer Komplexe (Aggregate), welche als Losungen auf oder im Boden ausgeschieden werden. Biogene Aggregation findet jedoch auch im Boden selbst statt. Während des Abbaus von Pflanzenstreu durch Mikroorganismen scheiden diese Polysaccharide aus, welche Bodenpartikel miteinander verkleben. Pilzhypen, insbesondere von Mykorrhizapilzen, vernetzen zusätzlich Bodenpartikel physikalisch. Pflanzenwurzeln fördern die Aggregation sowohl direkt durch physikalische Vernetzung als auch indirekt durch Wurzelabscheidung, welche die mikrobielle Aktivität fördert. Das Ergebnis dieser Prozesse sind hierarchisch aufgebaute Aggregate, in welchen Einzelpartikel zu Mi-

kroaggregaten und Mikroaggregate zu Makroaggregaten aufgebaut sind (siehe Abbildung unten). Poren innerhalb der Aggregate sind für das pflanzenverfügbare Wasser wichtig, während Poren zwischen den Aggregaten für Wasser- und Gasflüsse entscheidend sind.

Böden mit biogenem Gefüge (Krümelgefüge) besitzen eine gute Bodenstruktur und zeichnen sich durch rasche Infiltration, gute Belüftung, hohe Wasserspeicherung, geringe Erosionsanfälligkeit und eine gute Durchwurzelbarkeit für Pflanzen aus. Da außerdem die Aggregate organische Bindesubstanzen enthalten, weist ein gegebener Boden bei verbesserter Aggregation meist mehr organische Substanz und organisch gebundene Nährstoffe auf. Deshalb besitzen gut aggregierte Böden meist auch eine bessere Nährstoffnachlieferung als schlecht aggregierte Böden. Bei einem

schonenden Management des Bodens übernehmen die Architekten der Pedosphäre Aufgaben, welche durch den Menschen nur schwer oder gar nicht bewältigt werden können. Insofern ist dem leider verstorbenen Edward T. Elliott (Colorado State University) nur zuzustimmen: »Let the soil work for us«.

Der Verfasser studierte 1982–1987 Geoökologie an der Universität Bayreuth. Anschließend lehrte und forschte er an der Universität Bayreuth und der Colorado State University (Natural Resources Ecology Laboratory); Promotion und Habilitation 1992 und 1998 an der Universität Bayreuth. Seit 2002 ist er Professor für Bodenbiologie und Bodenökologie am Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung der Martin-Luther-Universität.



Die Abbildung zeigt das Konzept der Aggregat-Hierarchie nach Julie D. Jastrow (1998)

ROBUSTES QUALITÄTSGETREIDE

GETREIDEZÜCHTUNG AM INSTITUT FÜR PFLANZENZÜCHTUNG UND PFLANZENSCHUTZ

Eberhard Weber

Pflanzenzüchtung ist so alt wie der Ackerbau, da von Anfang an immer das beste Erntegut wieder zur Saat verwendet wurde. Dieser Ausleseprozess hat auch zur Entstehung unserer Getreidearten aus grasähnlichen Wild- und Primitivformen geführt. Jedoch sind auch heute noch Wildgräser wichtige Quellen für die Einführung neuer Merkmale. Die Pflanzenzüchtung an unserer Universität bearbeitet dieses Gebiet schon über viele Jahrzehnte, aber es stellen sich immer wieder neue Aufgaben. Zwei Bereiche, die Einführung von Krankheitsresistenzgenen aus Wildgräsern in den Weizen und die Verbesserung der Qualität des Nackthafters, einer Sonderform beim Hafer, sollen hier vorgestellt werden.



Deutliches Lager im Feld zeigt die Halmbrucherkrankung beim Weizen an

Foto: Annelies Thiele

Getreide ist die wichtigste Nahrungsquelle weltweit. Zum einen dient es direkt der menschlichen Ernährung in Form von Brot, Feingebäck, Bier (Biersuppe war im Mittelalter Volksnahrungsmittel), Teigwaren oder Haferflocken, zum anderen ist Getreide (einschließlich Mais) die Basis für die Tierfütterung. Als Nebenprodukt dient Getreidestroh für die Einstreu.

In der Diskussion ist Getreide auch als nachwachsender Rohstoff, und zwar für die Energiegewinnung als Festbrennstoff, Bioäthanol oder Biogas und für biologisch

abbaubare Werkstoffe. Gegen die Verwendung des Nahrungsmittels Getreide als industrieller Rohstoff bestehen allerdings auch ethische Bedenken.

Gesundes Getreide mit hoher Kornqualität

Die herausragende Stellung des Getreides ist Grund genug, dass sich die Pflanzenzüchtung intensiv um Verbesserungen bemüht. Dies kommt dem Landwirt, der

nachgelagerten Verarbeitungsindustrie und letztlich dem Verbraucher zugute. Die Anforderungen hängen dabei vom Verwendungszweck ab.

Eindeutig im Vordergrund stehen neben dem Ertrag die Gesundheit des Pflanzenbestandes und die Kornqualität. Genetische und pflanzenbauliche Komponenten müssen sich hierbei ergänzen.

Am Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz der Martin-Luther-Universität werden die Qualität und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten bei den klassischen Getreidearten Weizen, Roggen, Gerste und Hafer schwerpunktmäßig bearbeitet.

Widerstandsfähigkeit gegenüber wichtigen Krankheiten kann bei Weizen durch das Einkreuzen von verwandten Wildgräsern übertragen werden. Da bei der Einkreuzung auch viele unerwünschte Eigenschaften der Wildgräser mit übertragen werden, bedarf es umfangreicher Rückkreuzungs- und Selektionsprogramme, um diese Eigenschaften wieder zu eliminieren.

Am Institut werden Resistenzen für Mehltau, Braun- und Gelbrost sowie Halmbruch aus verschiedenen Wildgräsern in den Weizen überführt. Zunächst sind bei der Kreuzung zwischen Weizen und Wildgras die zwischen den Arten vorhandenen natürlichen Barrieren zu überwinden. Erfolgreiche Kreuzungen können mit den modernen Methoden der Zytogenetik (in situ Hybridisierung) und der Molekulargenetik (Markeranalyse) nachgewiesen werden. Diese Techniken eignen sich auch sehr gut, wenn nach mehreren Rückkreuzungen wieder Weizentypen vorliegen. Die so entstandenen Pflanzen lassen sich äußerlich nicht mehr vom Saatweizen unterscheiden. Über die in situ Hybridisierung lassen sich die Chromosomen aber spezifisch färben und damit die vom Wildgras beigesteuerten Anteile nachweisen. Noch genauer ist der Einsatz von molekularen Markern, die mit dem zu übertragenden Merkmal eng gekoppelt sind. Darauf baut auch in der Züchtung die markergestützte Selektion auf. Etwas eingehender soll dies für den Halmbruch dargestellt werden.

Forschung wider den Halmbruch

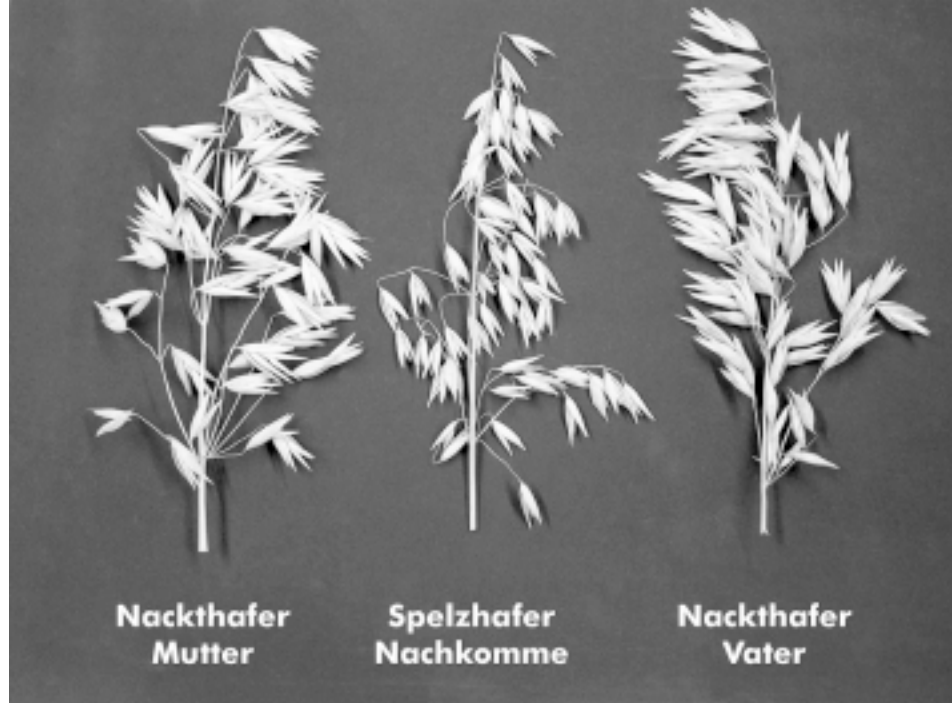
Als Folge der pfluglosen Bodenbearbeitung spielen Erkrankungen der Halmbasis heute wieder eine große Rolle. Für den Weizenhalmbruch wurde schon vor gut dreißig

Jahren eine Resistenzquelle in dem Wildgras *Aegilops ventricosa* gefunden und in den Weizen eingelagert. Die damit verbundenen Probleme waren erheblich, und erst in neuerer Zeit haben sich Weizensorten mit dieser Resistenzbasis etablieren können. Sie ist weitgehend durch ein Hauptgen bestimmt. Solch eine Situation ist für die Züchtung und den Anbau sehr gefährlich, da jederzeit damit gerechnet werden muss, dass der Erreger der Halmbruchkrankheit diese Resistenz durchbrechen kann. Daher ist unerlässlich, zusätzlich andere Resistenzquellen zu erschließen. Eine solche wurde in dem Wildgras *Aegilops kotschyi* gefunden. Dieses Gras besitzt aber andere Genome als Saatweizen. Trotzdem gelang es auch hier, nach mehreren Rückkreuzungen zu Weizenformen zu gelangen, die wieder die Genomstruktur von Saatweizen besaßen, aber im Resistenzverhalten gegenüber Halmbruch deutlich besser als anfällige Hochleistungsarten abschnitten. Es konnte in Labor- und Feldversuchen gezeigt werden, dass hiermit eine neue Resistenzquelle für die Züchtung erschlossen worden ist.

Die weiteren Schritte, nämlich die Entwicklungen leistungsfähiger Sorten, liegen nicht im Aufgabenbereich der universitären Forschung. Daher wurde das Material an interessierte Pflanzenzüchter abgegeben.

Forschung für verbesserten Nackthafer

Einen ganz anderen Aspekt verfolgt unser Institut bei Hafer. Üblicherweise werden Hafersorten angebaut, bei denen das Korn von einer festen Spelze umgeben ist. Darin unterscheidet sich Hafer deutlich vom Weizen, bei dem das nackte Korn bei der Reife ausfällt. Die Spelze schützt das Korn, aber



Spelzhafer als Nachkomme aus der Kreuzung zweier Nackthafereltern

Foto: Barbara Leithold

für die Nutzung als Nahrung muss der Hafer entspelzt werden. Wie bei den anderen Getreidearten auch, gibt es bezüglich der Bespelzung natürlicherweise eine Variation. Auch beim Weizen gibt es eine bespelzte Variante, nämlich den Dinkelweizen oder Spelt. Ebenso gibt es beim Hafer Nacktformen. Bei diesen Formen ist die Spelze nur noch ein dünnes Häutchen und kann beim Dreschen leicht entfernt werden. Trotzdem ist die Anbaufläche für Nackthafer äußerst gering, und es gibt in Deutschland nur einen Nackthaferzüchter, der seinen Zuchtbetrieb ganz in der Nähe von Halle in Salzmünde hat. Für die geringe wirtschaftliche Bedeutung von Nackthafer gibt es mehrere Gründe. Zum einen stört bei der Verwendung als Pferdefutter die Spelze nicht, zum anderen ist der Ertrag von Nackthafer auch dann noch geringer, wenn der Spelzenanteil berücksichtigt wird. Mit den veränderten Konsumgewohnheiten hat aber Nackthafer im ökologischen Anbau für die Ganzkornverwendung eine feste Nische und verdient mehr Aufmerksamkeit in der Züchtung. Hinzu kommt aus wissenschaftlicher Sicht, dass sich bei der Nacktform an einem Ährchen – anders als beim Spelzhafer – mehr

als zwei bis drei Blüten zu Körnern entwickeln. Es handelt sich hierbei um einen Steuerungsprozess, der genetisch noch nicht genau verstanden ist.

Am Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz wird nun versucht, das Ertragspotenzial von Nackthafer anzuheben und so eine bessere Ausgangsbasis für den Anbau zu schaffen. Dazu kommt, dass die Korninhaltsstoffe Nackthafer zu einer hochgeschätzten und besonders energiereichen Nahrungsquelle machen. Diese Aufgabe wird zusammen mit dem Züchter in Sachsen-Anhalt bearbeitet, so dass sich hier eine für beide Seiten fruchtbare Kooperation ergeben hat. Darüber hinaus ist beabsichtigt, genaueres zur genetischen Basis der Nacktkörnigkeit zu erfahren. Hierbei handelt es sich ja um einen Vorgang, der in der Natur mehrfach aufgetreten ist. Im einzelnen soll untersucht werden, ob es auch für den im Anbau befindlichen Hafer mit seinen sechs Chromosomensätzen aus drei Genomen mehrere Nacktformquellen gibt, zumal bei Haferformen mit nur zwei Chromosomensätzen eine andere Quelle für die Nacktform existiert. Um dieser Frage nachzugehen, wurden Kreuzungen zwischen verschiedenen Nackthaferherkünften der Kulturpflanzenbank in Gatersleben durchgeführt. Erste Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass in der Tat verschiedene Gene für die Nacktform existieren und sich so neue Ansätze für die Züchtung von Nackthaferarten ergeben.

Prof. Dr. Eberhard Weber studierte von 1963 bis 1967 in Hannover Gartenbau, wurde in Biometrie promoviert und habilitierte sich für Angewandte Genetik. Seit 1994 ist er Professor für Pflanzenzüchtung und Direktor des Institutes für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität.

**Wir vermitteln kostenlos
Praktika, Abschlussarbeiten
und Nebenjobs.**

Projekt: "Wissenstransferbund-Studierende in die regionalen Unternehmen"

**Informationen und Kontakt unter:
<http://www.koop-dgb.uni-halle.de>**



Wissenstransfer

Wissenstransferbund
Koop für 2004/05
Pflanzung 7
06099 Halle (Saale)

ERHITZTE SPEISEFETTE UND STOFFWECHSEL

UNTERSUCHUNG IHRER WIRKUNGEN BEI MODELLTIEREN

Klaus Eder

Die Fette unserer Nahrung bestehen aus gesättigten und ungesättigten Fettsäuren. Ungesättigte Fettsäuren, die besonders reichlich in pflanzlichen Fetten vorkommen, haben für den Stoffwechsel des Menschen eine Reihe günstiger Wirkungen, allerdings sind sie auch oxidationsstabil. Besonders unter dem Einfluss hoher Temperaturen, begünstigt durch Licht, Sauerstoff und Schwermetallionen, entstehen aus ungesättigten Fettsäuren eine Vielzahl verschiedener Abbauprodukte, sogenannte Lipidperoxidationsprodukte. Diese Stoffe tragen auch zum ranzigen Geruch erhitzter und verdorbener Fette bei. Erhitzte Fette spielen in der Ernährung des Menschen in den Industrieländern eine bedeutende Rolle.

Die Wirkungen von Abbauprodukten ungesättigter Fettsäuren, die in erhitzten Fetten reichlich vorkommen, auf den Stoffwechsel des Menschen sind bislang aber nur wenig bekannt. Untersuchungen der Arbeitsgruppe des Autors gingen daher der Frage nach, welche Auswirkungen eine Ernährung, die reich an erhitzten Fetten ist, auf den Stoffwechsel haben kann. Derartige Versuche lassen sich beim Menschen aus ethischen und versuchstechnischen Gründen nicht durchführen. Daher wurden die eigenen Studien an Ratten, Meerschweinchen und Schweinen als Modelltieren durchgeführt.

Erhitzte Fette erhöhen den Vitaminbedarf

Der Bedarf an Vitamin E, Vitamin C und Selen wird durch die Aufnahme erhitzter Fette erhöht. So hatten Ratten und Meerschweinchen, deren Futter ein erhitztes Fett erhielt, in Blut und verschiedenen Organen deutlich niedrigere Konzentrationen an den Vitaminen E und C sowie Selen als Kontrolltiere, deren Futter ein frisches Fett enthielt. Diese drei Nährstoffe spielen eine wichtige Rolle im antioxidativen Schutzsystem, das den Organismus vor Schäden durch reaktive Substanzen wie freier Radikale schützt. Daher war es nicht überraschend, dass bei den Tieren, deren Futter erhitzte Fette enthielt, auch vermehrt zelluläre Schädigungen aufgetreten sind. Die Konzentrationen der beiden Vitamine und des Selen im Organismus konnten durch eine drei bis viermal so hohe Zufuhr an die-

Die Abbildung rechts zeigt Schilddrüsenschnitte von Ratten. Zu sehen sind Schilddrüsenfollikel, die von einem Epithel ausgekleidet sind. Es wurde die Art des Fettes und die Höhe des Jodgehaltes des Futters variiert. Bild oben links: erhitztes Fett, ausreichende Jodversorgung; Bild unten links: frisches Fett, ausreichende Jodversorgung; Bild oben rechts: erhitztes Fett, geringe Jodversorgung; Bild unten rechts: frisches Fett, geringe Jodversorgung. Sowohl geringe Jodversorgung als auch ein erhitztes Fett führen zu einer Erhöhung des Schilddrüsenepithels.

sen Stoffen mit dem Futter wieder normalisiert werden; dann zeigten sich auch keine vermehrten zellulären Schädigungen durch erhitzte Fette. Deren Wirkungen auf das antioxidative Schutzsystem können durch eine erhöhte Zufuhr an antioxidativen Vitaminen und des Selen also wieder ausgeglichen werden.

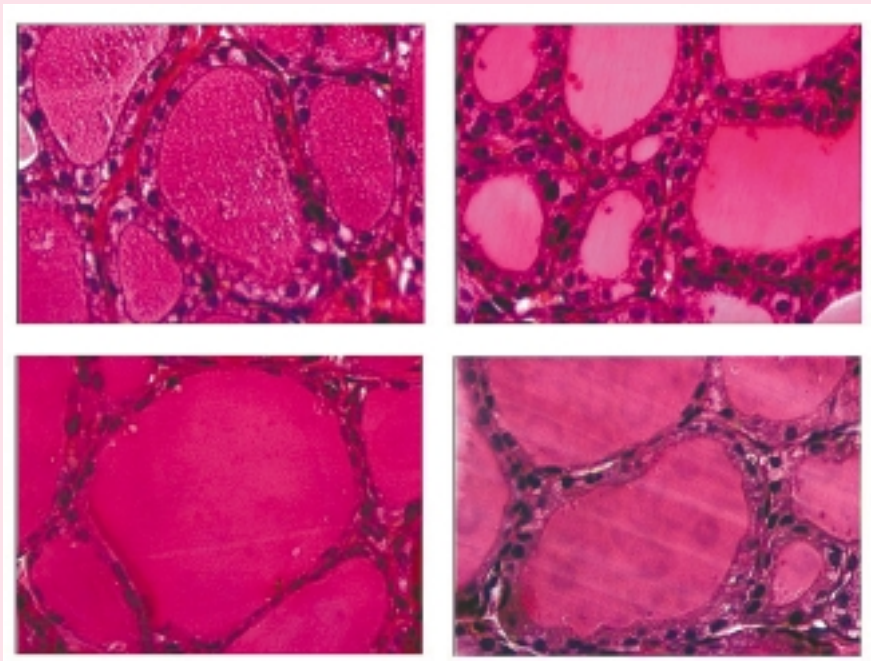
Erhitzte Fette verringern die Fettkonzentration in Blut und Leber

Ratten, die ein Futter mit einem erhitzten Fett erhielten, hatten in der Leber und im Blut geringere Gehalte an Neutralfetten (Triglyceriden) als Kontrollratten, die das gleiche Futter mit einem frischen Fett erhielten. Dieser Befund, der sich in mehreren Versuchen wiederholen ließ, war sehr überraschend, da viele Befunde in der Literatur bislang darauf hindeuteten, dass erhitzte Fette zu einer Fettleber führen können. In mehreren umfangreichen Experi-

menten konnten wir nachweisen, dass Oxidationsprodukte, die in erhitzten Fetten enthalten sind, einen Rezeptor im Zellkern, den Peroxisomenproliferations-aktivierenden Rezeptor α , aktivieren. Infolge dessen kommt es zu einem erhöhten Abbau von Fettsäuren und gleichzeitig zu einer verminderten Neusynthese von Fettsäuren in der Leber. Durch das geringere Angebot an Fettsäuren werden in der Leber auch weniger Neutralfette gebildet und an das Blut abgegeben. Bei Ratten, deren Futter erhitztes Fett enthielt, war auch die Konzentration des Cholesterins im Blut und insbesondere in den Lipoproteinen geringer Dichte (LDL) vermindert. Diese Befunde sind bedeutungsvoll, weil Cholesterin und Neutralfette im Blut beim Menschen eine wichtige Rolle für die Entstehung der Gefäßverkalkung spielen und damit auch das Herzinfarktisiko beeinflussen.

Erhitzte Fette beeinflussen die Schilddrüsenfunktion

Ratten und Schweine, die ein Futter mit erhitzten Fetten erhielten, hatten im Blut deutlich höhere Gehalte an Thyroxin, einem Schilddrüsenhormon, als Kontrolltiere, die ein Futter mit einem frischen Fett erhielten. Dieser Effekt war überraschend, da ein Zusammenhang zwischen der Zu-



fuhr an Fetten und den Schilddrüsenhormonen in der Literatur bislang noch nicht beschrieben wurde. Schilddrüsenhormone spielen eine wichtige Rolle in der Regulation des Energiestoffwechsels bei Mensch und Tier. Erhitzte Fette führten auch zu einer Veränderung der Struktur der Schilddrüse (siehe Abb. S 31). Ähnlich wie bei einer unzureichenden Zufuhr an Iod war das Schilddrüsenepithel, der Ort an dem Schilddrüsenhormone produziert werden, bei Fütterung erhitzter Fette deutlich erhöht. Durch gleichzeitigen Iodmangel wurden diese Symptome noch verstärkt. Bei Fütterung erhitzter Fette war auch die Bildung verschiedener Enzyme in der Schilddrüse, die eine Rolle bei der Synthese von Schilddrüsenhormonen spielen, verändert. Ganz aufgeklärt sind die molekularen Zusammenhänge zwischen erhitzten Fetten und der Bildung von Schilddrüsenhormonen derzeit noch nicht; diese Ergebnisse lassen aber den Schluss zu, dass eine Ernährung, die reich an erhitzten Fetten ist, auch beim Menschen zu einer Störung der Schilddrüsenfunktion führen könnte.

Erhitzte Fette vermindern den Fettgehalt in der Milch von Ratten

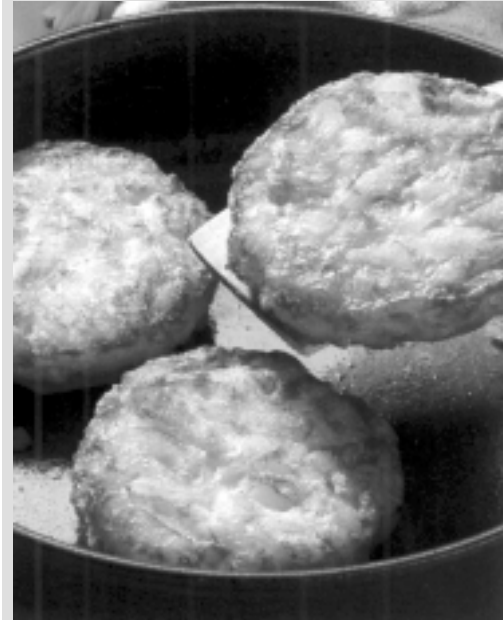
In einem kürzlich abgeschlossenen Versuch erhielten trächtige und laktierende weibliche Ratten erhitzte Fette. Die neugeborenen jungen Ratten der Mütter, deren Futter erhitztes Fett enthielt, waren bei der Geburt gesund und vital. Allerdings nahmen sie während der Säugephase deutlich weniger an Gewicht zu als die neugeborenen Jungen der Kontrollmütter, deren Futter ein frisches Fett enthielt. Das Wachstum säugender Ratten wird von Menge und Zusammensetzung der Muttermilch beeinflusst. Mit Hilfe einer eigens konstruierten Rattenmelkmaschine gewannen wir Milch von den Rattenmüttern. Während die Gehalte an Eiweiß und Milchzucker in der Milch nicht verändert waren, enthielt die

Milch der laktierenden Ratten nach Fütterung erhitzter Fette deutlich weniger an Fett als nach Fütterung frischer Fette. Diese Ergebnisse zeigen, dass erhitzte Fette auch die Fettsynthese in der Milchdrüse beeinträchtigen. Erhitzte Fette während der Phase der Laktation können daher zu einer verminderten Nährstoffversorgung und zu einem langsameren Wachstum der neugeborenen, säugenden Nachkommen führen.

Fazit

Unsere Untersuchungen an Modelltieren zeigten neue und überraschende Wirkungen erhitzter Fette, besonders auf die Gehalte wichtiger Antioxidanzien im Organismus, die Fettsynthese in Leber und Milchdrüse sowie die Bildung und den Stoffwechsel der Schilddrüsenhormone. Die Ergebnisse von Tierstudien können nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen werden. Wir vermuten aber, dass manche der Wirkungen erhitzter Fette, die wir bei Ratten und Meerschweinchen beobachteten, auch beim Menschen relevant sein dürften.

Der Verfasser (Jahrgang 1964) hat Ernährungswissenschaften an der Technischen Universität München studiert und wurde dort auch promoviert und habilitiert. 1997 wurde er Professor an der Georg-August-Universität Göttingen für das Fachgebiet »Qualität tierischer Produkte«. 1998 übernahm er an der Martin-Luther-Universität die Professur für Ernährungsphysiologie. Den Ruf an die Friedrich-Schiller-Universität Jena (2003) lehnte er ab. Seit 2001 ist Prof. Dr. Klaus Eder Mitglied der Akademie der Naturforscher LEOPOLDINA und in deren Sektion »Agrar- und Ernährungswissenschaften« seit 2002 stellvertretender Obmann und Senator.



ANZEIGE IMMOHALDAT

Bilder, die wir alle kennen: Lebensmittel, die in heißem Fett zubereitet werden. Sie haben stark erhöhte Gehalte an Lipidperoxidationsprodukten.

Fotos: Archiv

VOM GRASHALM ZUM MILCHTROPFEN – FASZINATION PANSEN

WIE EINZELLER UND KÜHE GEMEINSAM MILCH »PRODUZIEREN«

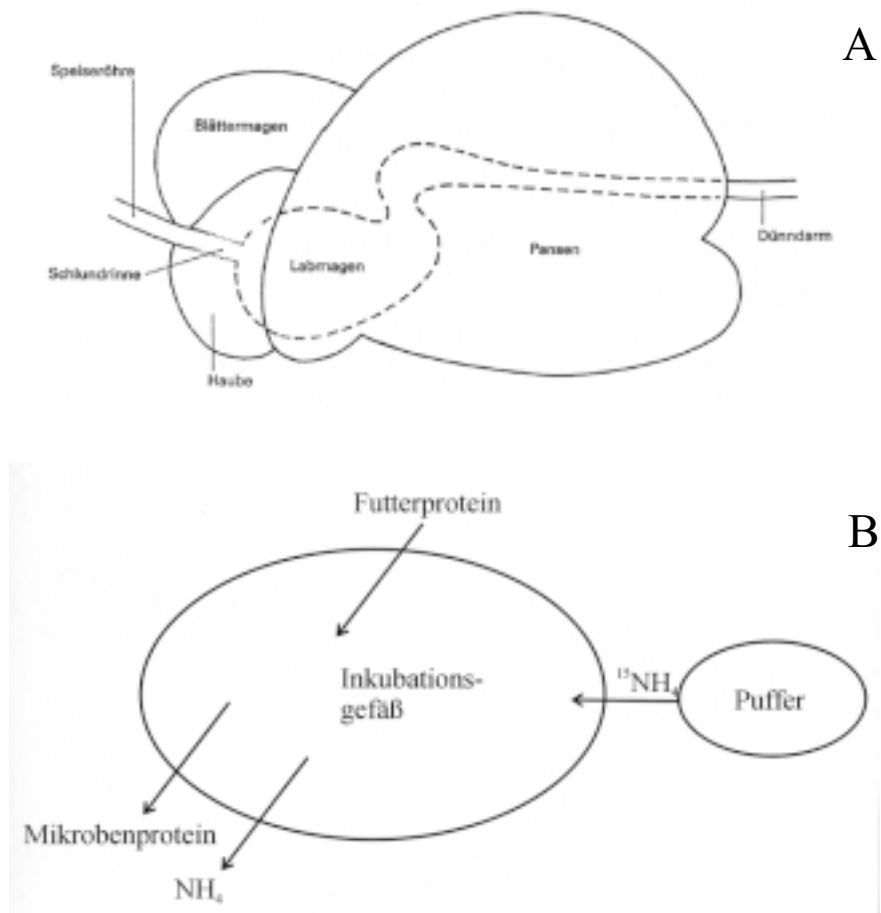
Jeannette Boguhn und Markus Rodehutsord

Grasende Milchkühe auf einer grünen Wiese – ein gern gesehenes Bild. Doch was befähigt die so genannten Wiederkäuer eigentlich dazu, das für uns Menschen und alle anderen Monogastrier unverdauliche Pflanzenmaterial zu verwerten und Milch mit wertvollen Proteinen, Mineralstoffen, Vitaminen und anderen Nährstoffen zu bilden? Die Antwort ist einfach: Mikroorganismen bewerkstelligen im Vormagen der Wiederkäuer einen vielseitigen Umbau der Nahrung und liefern somit notwendige chemische Bausteine für die Ernährung des Wirtstieres.

Die »Hilfe« der Mikroorganismen

Das Vormagensystem der Wiederkäuer besteht aus Haube (Netzmagen), Psalter (Blättermagen) und Pansen (siehe Abb. r. o./A). Letzterer macht mit einem Volumen von 100 bis mehr als 200 Litern bei den heutigen Milchkührassen den mit Abstand größten Teil aus. Er kann als eine Gärkammer angesehen werden, in der eine kontinuierliche mikrobielle Fermentation abläuft. Schätzungen zufolge leben dort ca. 10^{15} Mikroorganismen pro Milliliter Pansenflüssigkeit. Dies sind in der Hauptsache Bakterien unterschiedlichster Gattungen ($\sim 10^{10}/\text{ml}$) und Protozoen ($\sim 10^5/\text{ml}$) aber auch pilzliche Einzeller. Die Vielzahl der Spezies (die genaue Zahl der Arten ist bis heute ungeklärt) und das damit verbundene Enzymrepertoire erklären das breite Spektrum der Ab-, Um- und Aufbauvorgänge im Pansen. Dabei sind „Spezialisten“, die nur ein oder wenige Substrat(e) hydrolysieren, ebenso beteiligt wie »Generalisten«, die mehrere Substrate nutzen können.

Ruminobacter amylophilus nutzt z. B. ausschließlich Stärke als Nährstoffquelle. *Fibrobacter succinogenes* hydrolysiert überwiegend Cellulose. Im Gegensatz dazu vermag *Butyrivibrio fibrisolvens* durch Abbau von Stärke, Cellulose und/oder Pektin Energie und Nährstoffe zum eigenen Wachstum zu gewinnen. Mikroorganismen, die in den nachgelagerten Verdauungstrakt gelangen (Labmagen, Dünndarm, siehe Abb. r. o./A), können – ebenso wie unverdauliche Futterbestandteile – enzymatisch hydrolysiert werden. Von den Proteinen und Aminosäuren, welche die Kuh benötigt, stammt der überwiegende Teil aus dieser mikrobiellen Quelle. Auch die Bausteine des Milchfettes und des Milchzuckers oder die benötigte Energie bezieht die Kuh hauptsächlich aus Stoffwechselprodukten der Mikroorganismen, vornehmlich Essig- und Propionsäure. In der Konsequenz sind die Wiederkäuer hierdurch in der Lage, Energie und Nährstoffe aus ansonsten kaum nutzbaren Quellen aufzuschließen und in eine für den Menschen sehr hochwertige Form (Milch, Fleisch) zu überfüh-



Die Abbildung unten (A) zeigt Teile des Verdauungstraktes des Wiederkäuers und deren räumliche Anordnung, auf der Abbildung B ist die schematische Darstellung des RUSITEC-Systems (rumen simulation technique) zu sehen

ren. Global gesehen ist dies ein Beitrag zur Schließung der Lücke in der Versorgung der Weltbevölkerung mit Protein. Die mikrobiellen Umsetzungen bringen unausweichlich auch die Freisetzung von Kohlendioxid und Methan mit sich. Methanfreisetzung stellt einen energetischen Verlust dar und ist nicht ohne Relevanz für das Klima. Wie zahlreiche Forschungsergebnisse der letzten Jahre gezeigt haben, besteht in gewissem Umfang die Möglichkeit, über Fütterungsmaßnahmen die Zusammensetzung der Mikrobenpopulation und damit die Methanbildung zu beeinflussen. Je Einheit Produkt ist die Methanfreisetzung umso geringer, je höher die Intensität der Fütterung ist. Vollständig vermeiden lässt sich die Methanfreisetzung aber nicht.

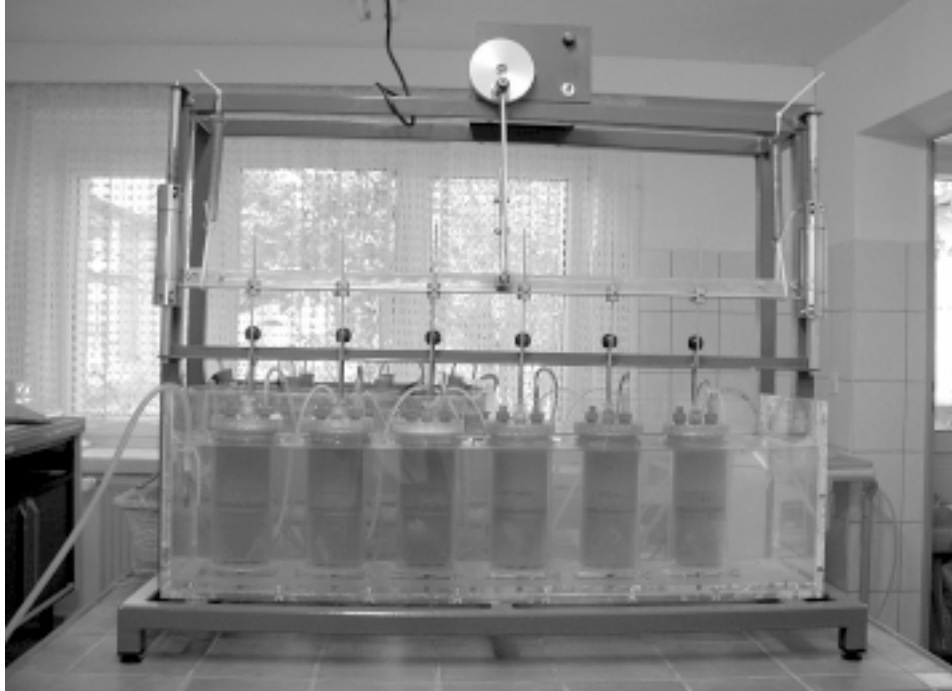
Auf die Mischung kommt es an

Unter den heimischen Bedingungen der Milcherzeugung ist es heute keine Seltenheit, dass eine Kuh täglich mehr als 40 Liter Milch bildet. Hier reichen Gras und Wasser allein nicht mehr aus, um den Bedarf der Tiere zu decken. Vielmehr ist eine fein abgestimmte Kombination von verschiedenen Futtermitteln in einer Gesamtration erforderlich, damit sowohl die Ansprüche der Kuh als auch die der Mikroorganismen des Pansens berücksichtigt werden können. Von einer solchen Gesamtration müssen täglich immerhin etwa 20 kg Futtertrockenmasse von der Kuh gefressen werden. Für das Tier ist es unter diesen Bedingungen von zentraler Bedeutung, wie

sich die Gestaltung der Futterration und ein Futterwechsel auf die Menge und das Aminosäureprofil des gebildeten Mikrobenproteins auswirken. Dieser Frage widmen wir uns im Rahmen eines aktuellen Forschungsprojektes, in das nachfolgend ein kleiner Einblick gegeben werden soll.

Simulation des Vormagens

Untersuchungen zu diesem Problemkreis sind am Tier nur unter großem Aufwand möglich und erfordern operative Eingriffe. Wir verwenden daher im ersten Schritt ein in vitro-Verfahren, mit dem die prinzipiellen Abläufe im Pansen simuliert werden können (RUSITEC, rumen simulation technique, siehe Abb. S. 33 unten/B). Das System wird mit natürlicher Pansenflüssigkeit betrieben. Ammonium, das für die quantitativen Untersuchungen zur Proteinsynthese mit dem natürlichen Isotop ^{15}N angereichert ist, wird über eine Pufferlösung (Speichellersatz) den künstlichen Fermentern mittels Dosierpumpe (siehe Abb. unten) zugeführt. Im Fermentationsgefäß befindet sich ein perforierter Behälter, in dem das Futter in zwei Nylonbeuteln untergebracht ist. Jeweils einer dieser Beutel wird täglich gegen einen Neuen ausgetauscht, so dass jeder Beutel 48 Stunden im Fermenter verbleibt und die Mikroorganismen somit kontinuierlich „gefüttert“ werden. Die natürliche Pansenmotorik wird durch Auf- und Abbewegen des Innenbehälters mittels Hubmotor nachgeahmt. Die Abbildung rechts oben zeigt eine Ansicht von sechs Inkubationsgefäßen in



Die Abbildung oben zeigt die sechs Fermentationsgefäße in einem warmen Wasserbad. Die in der Abbildung unten links gezeigte Dosierpumpe fördert kontinuierlich eine Pufferlösung (Speichellersatz) in die Fermenter.

Fotos: Jeannette Boguhn

dem 39°C warmen Wasserbad. Der sogenannte »Überlauf« simuliert den Abfluss in den Labmagen und Dünndarm. Diese Flüssigkeit enthält u. a. Mikroben und gelöstes NH_4^+ . Zur Unterbrechung des Stoffwechsels der Mikroorganismen stehen die Überlaufgefäße in einem gekühlten Wasserbad. Die oben angesprochene Markierung des

Pflanzen durch die Symbiose von Einzelnern und Wiederkäuern zu hochwertigem Protein umgewandelt werden. Die zukunftsorientierte Landwirtschaft setzt auf die Erzeugung hochwertiger Nahrungsmittel für den Menschen unter Beachtung der Ansprüche des Tieres und der Umweltwirkung der Erzeugung. Sie benö-

$$\text{Mikrobenprotein (mg / Tag)} = \frac{{}^{15}\text{N}_{\text{input}} (\mu\text{g} / \text{Tag}) - {}^{15}\text{N}_{\text{output}} (\mu\text{g} / \text{Tag})}{{}^{15}\text{N}_{\text{Plateauanreicherung}} (\mu\text{g} {}^{15}\text{N} / \text{mgN})} \cdot 6,25$$

Puffer-Stickstoffs mit ^{15}N bewirkt eine Anreicherung dieses Isotops in den Bakterien, die nach etwa fünf bis sieben Tagen kontinuierlicher Isotopengabe ein Plateau erreicht. Durch die Bilanzierung der ^{15}N -Gehalte im Zu- und Abfluss kann nach folgender Gleichung die gebildete Menge an Mikrobenprotein berechnet werden (siehe Formel oben).

Durch die beschriebene Markermethode ist es also möglich, die Proteinsynthese der Bakterien bei definierter Futtermenge und -qualität zu quantifizieren. Darüber hinaus lassen sich durch Analyse des Aminosäurenmusters in isolierten Mikroben Vorhersagen über das Aminosäureprofil des der Kuh zur Verfügung stehenden Proteins treffen.

Wie dieser kleine Exkurs in die faszinierende Welt des Pansens zeigt, können für uns Menschen als Nahrung minderwertige

tigt zur Weiterentwicklung die ständige Begleitung durch grundlegende Ergebnisse aus der universitären Forschung, in die mit diesem Beispiel ein kurzer Einblick gegeben wurde.

Dipl.-Ing. agr. Jeannette Boguhn studierte Agrarwissenschaften an der Martin-Luther-Universität und fertigte ihre Diplomarbeit zu Fragen der energetischen Futterbewertung an. Sie ist dort derzeit mit einem Stipendium der Studienstiftung des Deutschen Volkes als Doktorandin am Institut für Ernährungswissenschaften tätig und arbeitet an dem in diesem Beitrag skizzierten Themenkomplex.

Prof. Dr. habil. Markus Rodehutschord hat seit 1999 die Professur für Tierernährung inne. Die Wiederkäuerernährung ist einer seiner Arbeitsschwerpunkte.

ANZEIGE IMMOHALDAT

AUCH DIE FÜSSE SIND WICHTIG!

FORSCHUNG AN DER MILCHKUH

Hermann H. Swalve

Ein gewichtiger Teil der Fortschritte in den Leistungsmerkmalen landwirtschaftlicher Nutztiere ist im 20. Jahrhundert auf den Einsatz züchterischer Mittel zurückzuführen. Mittlerweile stehen aber das Tier und seine Ansprüche selbst weit mehr im Vordergrund als die Verbesserung der Leistungseigenschaften. Tierzüchter sprechen dabei von funktionalen Merkmalen und meinen damit alle Merkmale, die das Tier in die Lage versetzen, neben seiner Leistung für das Produkt (z. B. Fleisch, Milch, Eier), seine Funktionalität (Gesundheit, Fruchtbarkeit, Langlebigkeit) aufrechtzuerhalten. Bei den funktionalen Merkmalen ergibt sich einerseits eine weitgehende Deckungsgleichheit der Interessen des Tierbesitzers, das Tier als Mitgeschöpf zu schützen, und andererseits der Interessen der Tierhalter, da sich Verbesserungen in der Funktionalität Kosten sparend auswirken.

Tierzuchtwissenschaft heute

Der heutigen Tierzuchtwissenschaft steht ein breites Methodenspektrum zur Verfügung. Forschung findet beispielsweise im Labor statt, wobei Schwerpunkte die Analyse der Produktqualität, Untersuchungen auf Zellebene und molekularbiologische Methoden sind. Laboruntersuchungen werden ergänzt durch geplante Experimente mit Nutz- oder Modelltieren auf Versuchs- und Forschungsstationen und insbesondere spielt auch die Analyse von Felddaten für genetisch-statistische Untersuchungen eine wichtige Rolle. Unter Felddaten sind dabei diejenigen Daten zu verstehen, die außerhalb geplanter Versuche in landwirtschaftlichen Rechenzentren gespeichert werden und ursprünglich in landwirtschaftlichen Betrieben, meist zum Zwecke der sogenannten Leistungsprüfung als Hilfe zum Management, erhoben worden sind. Der Umfang der Leistungsprüfungen ist erheblich. Allein beim Milchrind sind ca. 70 Prozent der 4,5 Millionen lebenden Milchkühe Deutschlands in der Milchleistungsprüfung erfasst.

Die Rolle der Felddaten ist deshalb so bedeutsam, weil gerade für genetische Analysen – beispielsweise im Vergleich zur humangenetischen Forschung – folgende Vorteile existieren: Die Abstammung der Tiere lässt sich über viele Generationen (mindestens drei, meist aber deutlich mehr) fast lückenlos zurückverfolgen. Die Familienstrukturen sind für genetische Analysen ausgesprochen günstig (viele Voll- und Halbgeschwister je Familie). Durch die umfassenden Datenerhebungen der Leistungsprüfungen sind je Tier eine Fülle von Informationen erschließbar (Geburts- und Abgangsdaten, Daten zur Leistung, Produktqualität, Fruchtbarkeit, Abgangsgründe, etc.) und weil eine extreme Diversität der Nutztierassen innerhalb der Arten existiert. Letzteres kann in Vergleichs- und Kreuzungsversuchen genutzt werden. Tierzucht befasst sich mit der genetischen



Verbesserung von Populationen. Auf der DNA-Ebene bedeutet dies, dass versucht wird, diejenigen Allele (Genvarianten) in der Population anzureichern, die erwünschte Effekte haben. Methodisch kann dieses Ziel mit den klassischen Mitteln der Populationsgenetik erreicht werden, die im Wesentlichen beinhalten, diejenigen Individuen mit Hilfe genetisch-statistischer Verfahren zu

Abbildung unten: Auch zwischen Rinderrassen existiert eine große Variation hinsichtlich der Klauenform und -härte. Hier als Beispiel die »Bergrasse« Pinzgauer mit hohen, harten Klauen an ihrem natürlichen Standort, einer steinig Almwiese in 1 700 m Höhe in Österreich.

Foto: Hermann H. Swalve

36 Die Füße tragen die Kuh!

Wichtige Gründe für Abgänge von Kühen sind chronische Eutererkrankungen, Fruchtbarkeitsstörungen und Probleme des Fundaments. Mit Fundament bezeichnet der Tierzüchter die Gliedmaßen und Füße. Bei Rindern und Schweinen sind harte und hohe Klauen erwünscht, da sich gezeigt hat, dass die Härte einen Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber eindringenden Bakterien hat. Die Höhe der Klaue (man nennt sie auch Trachtenhöhe), die meist als Lot von der Behaarungsgrenze (Kronsaum) am hinteren Rand der Klaue gemessen wird, hat einen Effekt auf die Fußstellung. Bei höheren Klauen werden die Gelenke des Beines, insbesondere das Sprunggelenk, entlastet.

In einem laufenden Forschungsprojekt der Arbeitsgruppe Tierzucht an der halleischen Landwirtschaftlichen Fakultät in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Molekularbiologie des Tierärztlichen Institutes der Universität Göttingen (Professor Bertram Brenig) wird der Einfluss eines Gens untersucht, welches mit verantwortlich für den Sulfattransport in Zellen ist.

Beim Menschen hat sich gezeigt, dass bestimmte seltene Varianten dieses Gens zu schweren Störungen, insbesondere der Skelettbildung, führen können. Im laufenden Projekt gelang es, dieses Gen auch beim Rind zu lokalisieren und einen Polymorphismus zu finden, der zu einem Austausch einer Aminosäure führt. Dieser Polymorphismus beeinflusst hoch signifikant die Sulfataufnahme von bovinen Zellen, was in einem Zellkulturversuch nachgewiesen werden konnte. Die Verbindung zum Problem „Klauen“ ergibt sich aus der Tatsache, dass Sulfat ein wichtiges Strukturelement im Klauenhorn ist.

Es lag also nahe, im Rahmen einer Assoziationsstudie den Einfluss des Poly-

morphismus (A oder B) an den damit beim Rind existierenden drei Genotypen AA, AB und BB zu untersuchen. Es sei angemerkt, dass beim Rind alle drei Genotypen vital sind.

Für die Assoziationsstudie wurden zunächst Daten aus einem Verbundprojekt genutzt, in dem die Füße von Jungbullen auf Besamungsstationen exakt vermessen wurden. Beim Milchrind ist die künstliche Besamung mit Sperma, das tiefgefroren gelagert werden kann, seit den Sechziger Jahren das Standardverfahren zur Reproduktion. Daraus resultiert eine überragende Bedeutung der im Verhältnis zur gesamten Kuhpopulation kleinen Anzahl von Bullen, die für die Nachkommen in der nächsten Generation sorgen.

An einer Stichprobe von 300 Jungbullen von drei Besamungsstationen konnte zunächst festgestellt werden, dass die Frequenz der Allele A und B 0,6 bzw. 0,4 betrug und mithin der Genotyp BB deutlich seltener ist als die beiden anderen Genotypen. Für den Genotyp BB wurde festgestellt, dass die Trachtenhöhe gegenüber dem Genotyp AA hochsignifikant in der Größenordnung einer halben Standardabweichung erhöht war. Die Nutzung des Polymorphismus wurde bereits patentrechtlich geschützt.

Die Assoziationsstudie wurde weiter auf Daten ausgedehnt, die auf der visuellen morphologischen Klassifikation von Kühen (mittels Vergabe von Noten) auf landwirtschaftlichen Betrieben beruhen. Hier zeigte es sich, dass diese Methode hinsichtlich der Trachtenhöhe nur in der Tendenz aussagefähig war; für die Benotung des Sprunggelenks und des gesamten Fundaments ließen sich aber auf Grund der o. a. Zusammenhänge ebenfalls hoch signifikante Unterschiede zu Gunsten des BB-Genotyps absichern.

In der Arbeitsgruppe Tierzucht wird das Projekt derzeit noch ausgeweitet. Die Ausweitung betrifft die Vergrößerung der Stichprobe von Jungbullen, die Verwendung weiterer Felddaten zu pathologischen Befunden an Klauen, die Untersuchung weiterer Rinderrassen und die Ausweitung auf die Spezies Schaf und Schwein. Die Ausichten für eine Nutzung des Polymorphismus in der praktischen Rinderzucht sind schon jetzt als gut einzuschätzen und damit dürfte zukünftig ein weiteres Hilfsmittel zur Verbesserung der Funktionalität von Kühen zur Verfügung stehen.



Die Abbildungen zeigen Beispiele für unterschiedliche Trachtenhöhen des Rindes, dargestellt an drei Jungbullen (von oben nach unten: hoch – mittel – niedrig).

Fotos: Wolfhard Schulze

ANZEIGE ENGLISH
LANGUAGE SCHOOL

Der Autor studierte Agrarwissenschaften an der Universität Göttingen, wo er auch promoviert wurde und sich habilitierte. Längere Forschungsaufenthalte führten ihn an die Cornell University in den USA, das Nationalinstitut für Landwirtschaftliche Forschung (INRA) in Jouy-en-Josas, Frankreich und an die Animal Genetics and Breeding Unit der Universität Armidale in Australien. 1999 wurde er Forschungsbereichsleiter für Genetik und Biometrie am Forschungsinstitut für die Biologie Landwirtschaftliche Nutztiere in Dummerstorf bei Rostock. Im Februar 2002 folgte er dem Ruf auf die Professur für Tierzucht an die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

BERUFUNGEN, EHRUNGEN, GREMIEN ETC.

Internationaler Garbis-Papazian-Preis 2003 in Paris an Hallenser verliehen

Ende November 2003 erhielt der Direktor des Zentrums für Armenische Studien (MESROP) in der Sektion Kultur- und Religionswissenschaften an der Stiftung Leucorea in der Lutherstadt Wittenberg, **Prof. Dr. theol. Hermann Goltz** (Institut für Historische Theologie der Theologischen Fakultät der Martin-Luther-Universität) den mit 5 000 \$ dotierten seit 1988 alljährlich an nicht-armenische Forscher vergebenen Garbis-Papazian-Preis für Verdienste auf dem Feld der Armenologie und der armenischen Kultur. Dabei wurde insbesondere sein Engagement für das Dr.-Johannes-Lepsius-Archiv, bei der Weltkonferenz »Armenien 2000« und für die Ausstellung »Der gerettete Schatz der Armenier aus Kilikien« gewürdigt.

Hallescher Wissenschaftler Schatzmeister der Europäischen Gesellschaft für Ingenieurwesen und Medizin

Anlässlich der im September 2003 veranstalteten internationalen »ESEM-Konferenz«, bei der WissenschaftlerInnen der ESEM (s. o.), der ESAO (Europäische Gesellschaft für künstliche Organe) und der ESB (Europäische Gesellschaft für Biomechanik) zusammenkamen, wurde **Doz. Dr. rer. nat. habil. Hans-Joachim Hein**, Leiter der AG Biomechanik und Strukturforschung an der Universitätsklinik und Poliklinik für Orthopädie und Physikalische Medizin der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität zum Schatzmeister der ESEM gewählt.

Pharmacia Allergy Research Foundation Award an hallesche Medizinerin

Der renommierte und mit 50 000 \$ dotierte Pharmacia Allergy Research Foundation Award wurde in diesem Jahr in Uppsala von Königin Silvia von Schweden der Leiterin der BMBF Forschungsgruppe Pädiatrische Allergologie (Forschungszentrum Immunologie) an der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität, **PD Dr. med. Gesine Hansen**, für ihre Forschungsergebnisse im Kampf gegen Asthma bei Kindern überreicht.

Preis der Europäischen Gesellschaft für Angewandte Physikalische Chemie 2003 an halleschen Chemiker

Auf der 7. internationalen Konferenz für Pharmazie und Physikalische Chemie im Herbst 2003 in Innsbruck wurde der Dekan des FB Chemie der Martin-Luther-Universität, Prof. Dr. rer. nat. Alfred Blume für seine herausragenden Forschungen – vor allem auf dem Gebiet der Eigenschaften von Biomolekülen und Proteinen – mit dem Preis der Europäischen Gesellschaft für Angewandte Physikalische Chemie geehrt.

Bayer-Chef Honorarprofessor für Wirtschaftschemie an der MLU

Zum Wintersemester 2003/2004 ernannte Sachsen-Anhalts Kultusminister Prof. Dr. Jan-Hendrik Olbertz den Geschäftsführer der Bayer Bitterfeld GmbH, **Dr. Georg Frank**, der seit 1995 in Bitterfeld tätig ist, zum Honorarprofessor für Wirtschaftschemie am FB Chemie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.



LANDWIRTSCHAFTLICHE
 FAKULTÄT

**Prof. Dr. agr.
 Alfons Balmann**

Universitätsprofessor für Betriebs- u. Strukturentwicklung im ländlichen Raum (C4) an der Landwirtschaftl. Fakultät seit 1. Oktober 2003 (gemeins. Berufung mit dem Institut f. Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa). Geb. am 21. Februar 1963 in Holte/Emsland.

Wissenschaftlicher/beruflicher Werdegang:

- 1982–1983 Studium der Physik an der Universität Hannover
- 1983–1989 Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Göttingen
- 1985–1986 Landwirtschaftliches Praktikum
- 1989 Diplom-Agraringenieur
- 1990–1994 Wiss. Mitarbeiter an o. g. Univ.
- 1994 Promotion zum Dr. sc. agr.
- 1994–2000 Wiss. Ass. an der Humboldt-Universität zu Berlin
- 2000 Habilitation in Agrarökonomie und Privatdozent an der HUB
- 2001–2002 Vertretungsprofessuren an der FH Neubrandenburg u. der MLU
- 2003 Universitätsprofessor in Halle

Wissenschaftspreise:

- 1996 Preis der Ges. für Wirtschafts- u. Sozialwiss. des Landbaues e. V.
- 1997 Preis der European Association of Agricultural Economics u. d. European Review of Agricult. Economics f. Autoren unter 35

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte:

Agrarstrukturwandel; Politikanalyse; Agrarmanagement (Neue Investitionstheorie, Organisation); Agentenbasierte Modelle

Publikationen (Auswahl):

- Balmann, A., Happe, K., Kellermann, K. und Kleingarn, A. (2003): Adjustment Costs of Agri-environmental Policy-Switchings. In: Janssen, M.A. (ed.): Complexity and Ecosystem Management. The Theory and Practice of Multi-Agent Systems. Chapter 8. Edward Elgar, Cheltenham UK, 127–157.
- Balmann, A., Czasch, B. und Odening, M. (2002): Employment and Efficiency of Farms in Transition: An Empirical Analysis for Brandenburg. Berlin 2000, XXIVth International Conference of Agricultural Economists. Proceedings, 553–564.
- Happe, K. und Balmann, A. (2002): Struktur-, Effizienz- und Einkommenswirkungen von Direktzahlungen. Agrarwirtschaft 51(8), 376–389.



FACHBEREICH
 BIOLOGIE

**Prof. Dr. rer. nat.
 Helge Bruelheide**

Universitätsprofessor für Geobotanik (C4) am FB Biologie ab 1. Januar 2004. Geboren am 12. Januar 1962 in Bielefeld.

Wissenschaftlicher/beruflicher Werdegang:

- 1981–1986 Studium der Biologie und Geografie an d. Universität Münster
- 1986–1989 Biologiestudium an der Universität Göttingen
- 1989 Diplom
- 1990–1995 Wiss. Mitarbeiter in der Abt. für Vegetationskunde an o. g. Univ. Promotion zu numerischen Klassifikationsansätzen am Beispiel der Grünlandgesellschaften des Harzes
- 1995–2001 Wiss. Ass. an o. g. Univ.
- 2001 Habilitation über experimentelle Untersuchungen zu den klimatischen Ursachen der Begrenzung von Pflanzenarealen
- 2001–2003 Oberassistent an o. g. Univ.
- 2004 Universitätsprofessor in Halle

Wissenschaftspreise:

- 1989 Preis für bes. student. Leistungen des Niedersächsischen Ministers für Wissenschaft und Kunst

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte:

Experimentelle Biogeografie: Herbivorie als Ursache für Arealgrenzen von Pflanzen, ökologische und genetische Differenzierung zentraler und peripherer Pflanzen-Populationen, Invasivität von Pflanzenarten; Sukzessionsforschung: Windwurf-Forschung in mitteleuropäischen Buchenwäldern; Desertifikationsbekämpfung: Förderung der natürlichen Vegetation um Flussoasen in Zentralasien; Ökoinformatik: Entwicklung von Klassifikationsmethoden und Vegetationsdatenbanken

Publikationen (Auswahl):

- Bruelheide, H. & Scheidel, U. (1999): Slug herbivory as a limiting factor for the geographical range of *Arnica montana*. J. Ecol. 87: 839–848.
- Bruelheide, H. (2000): A new measure of fidelity and its application to defining species groups. J. Veg. Sci. 11: 167–178.
- Erfmeier, A. & Bruelheide, H. (2003): Comparison of native and invasive *Rhododendron ponticum* populations. Flora (in press).

WETTEN, SIE WISSEN'S NICHT!

38

Zeigt das Foto:
a) ein seltenes Moos,
b) den Ausschnitt einer Damenfrisur
oder
c) etwas ganz anderes – und wenn ja,
was?



Die Abbildung in der Ausgabe 3/2003 zeigte ein angeschnittenes Modifikatorteilchen in Polystyrol (Abbildung mit Rückstreuелеktronen im ESEM). Die Bildautoren waren Volker Seydewitz, Edeltraud Kühnberger und Dr. Frank Heyroth.

AUTORINNEN DIESER AUSGABE

Landwirtschaftliche Fakultät

Postanschrift

Martin-Luther-Universität

Halle-Wittenberg

Fakultät/Name des betr. Instituts
06099 Halle

Besucherschrift

Ludwig-Wucherer-Str. 2

Dekan: Prof. Dr. Peter Pickel

Tel.: 0345 55-22300/01

E-Mail: dekan@landw.uni-halle.de

Institut für Acker- und Pflanzenbau

Prof. Dr. Moritz Knoche

Tel.: 0345 55-22642

E-Mail: knoche@landw.uni-halle.de

Dr. Stefanie Peschel

Tel.: 0345 55-22645

Marco Beyer

Tel.: 0341 880-4574

Prof. Dr. M. J. Bukovac

Dept. of Horticulture

Michigan State University

East Lansing, MI 48824

U. S. A.

Prof. Dr. Olaf Christen

Tel.: 0345 55-22627

E-Mail: christen@landw.uni-halle.de

Kurt-Jürgen Hülsbergen

Technische Universität München

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau

Wissenschaftszentrum Weihenstephan

Tel.: 08161 71-3033

E-Mail: oekolandbau@wzw.tum.de

Institut für Agrarökonomie und Agrarraumgestaltung

Prof. Dr. Hans-Friedrich Wollkopf

Tel.: 0345 55-22440

E-Mail: wollkopf@landw.uni-halle.de

Dr. Jürgen Döring

Tel.: 0345 55-22444

E-Mail: doering@landw.uni-halle.de

Dr. Karl-Heinz Daehre

Minister für Bau und Verkehr des Landes

Sachsen-Anhalt

und Lehrbeauftragter an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität (Kontakt über die o. g. Tel.-Nummern)
Peter Bauch
Referatsleiter »Infrastruktur und Verkehr« im Ministerium für Bau und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt (Kontakt über die o. g. Tel.-Nummern)

Prof. Dr. Peter Wagner

Tel.: 0345 55-22360

E-Mail: wagner@landw.uni-halle.de

Dr. Jürgen Heinrich

Tel.: 0345 55-22370

E-Mail: heinrich@landw.uni-halle.de

Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO)

Theodor-Lieser-Str. 2

06120 Halle (Saale)

Tel.: 0345 2928-322

Kathrin Happe MA(Econ)

E-Mail: happe@iamo.de

Prof. Dr. Alfons Balmann

E-Mail: balmann@iamo.de

Institut für Agrartechnik und Landeskultur

Peter Pickel

06108 Halle/Saale

Tel.: 0345 55-22761

E-mail: pickel@landw.uni-halle.de

Dr. Sabine Bernsdorf

Tel.: 0345 55-22754

E-Mail: bernsdorf@landw.uni-halle.de

Nadine Böhlmann

Tel.: 0345 55-22754

E-Mail: boehlmamm@landw.uni-halle.de

Prof. Dr. Ralf Meissner

Tel.: 0345 55-22760

E-Mail: meissner@landw.uni-halle.de

Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung

Wolfgang Merbach

Tel.: 0345 55-22420

E-Mail: merbach@landw.uni-halle.de

Dietmar Lüttschwager

Tel.: 033432 82108

E-Mail: dluettschwager@zalf.de

Rainer Remus

Tel.: 033432 82126

E-Mail: rremus@zalf.de

Institut für Primärproduktion und Mikrobielle Ökologie im Zentrum für

Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Müncheberg e. V.

Katja Hüve

Department of Plant Physiology

Institute for Molecular and Cell Biology

University of Tartu, Riia 23

Tartu/Estonia

Fax-Nr.: +372 7 366 021

E-Mail: shueve@gmx.de

Doz. Dr. habil. Lothar Schmidt

Tel.: 0345 55-22271

E-Mail: l.schmidt@landw.uni-halle.de

Georg Guggenberger

Tel.: 0345 55-27116

E-Mail: guggenberger@landw.uni-halle.de

Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz

Prof. Dr. Eberhard Weber

Tel.: 0345 55-22680

E-Mail: weber@landw.uni-halle.de

Institut für Ernährungswissenschaften

Prof. Dr. Klaus Eder

Tel.: 0345 55-27202

E-Mail: eder@landw.uni-halle.de

Prof. Dr. Markus Rodehutschcord

Tel.: 0345 55-22716

E-Mail: rodehutschcord@landw.uni-halle.de

Jeannette Boguhn

Tel.: 0345 55-22679

E-Mail: boguhn@landw.uni-halle.de

Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik

Hermann H. Swalve

Tel.: 0345 55-22320/21

E-Mail: swalve@landw.uni-halle.de

VEREINIGUNG DER FREUNDE UND FÖRDERER DER MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE–WITTENBERG E.V.

Ehrenvorsitzender des Kuratoriums: Senator e.h. Dr. h.c. mult. Hans-Dietrich Genscher

STUDENTEN FOTOGRAFIEREN

VFF unterstützt Wettbewerb der Partneruniversitäten

Zum dritten Mal hat Conspetus, der Fotoclub der Martin-Luther-Universität, den Fotowettbewerb der Partneruniversitäten Halle, Leipzig und Jena organisiert. Teilnahmeberechtigt waren alle Studie-

renden der drei Universitäten. Am 6. Juni war Einsendeschluss für die drei Themen „Selbstporträt“, „Naturwelten“ und „Party Animals“. Im Bereich Selbstporträt gewann der Beitrag „Selbst zu Dritt“ (unten)

von Annika Michalski aus Leipzig den ersten Preis.

Die VFF hat einen Teil der Preise finanziert und damit wesentlich zur Attraktivität dieses Wettbewerbs beigetragen.



Vorsitzender des Kuratoriums: Senator e.h. Dr. Gerhard Holland

Präsident: Senator e.h. Dr. Wolfgang Röller

Geschäftsführer: Peter Weniger
c/o Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg, 06099 Halle (Saale)
Telefon: (03 45) 55-2 10 24/25
Telefax: (03 45) 55-2 70 85
e-mail: PWeniger@vff.uni-halle.de
Internet: <http://www.uni-halle.de/vff/>

Für Mitgliedsbeiträge und Spenden wurden folgende Konten eingerichtet:
Dresdner Bank Halle,
Konto-Nr. 857 362 100, BLZ 800 800 00
Stadt- und Saalkreissparkasse Halle,
Konto-Nr. 386 300 762, BLZ 800 537 62

Spenden zur Verwirklichung der Ziele der Vereinigung und zum Nutzen der Universität sind jederzeit willkommen. Diese Spenden können an eine Zweckbestimmung gebunden sein. Die Vereinigung ist berechtigt, steuerwirksame Spendenbescheinigungen auszustellen.

ANZEIGE KONZEPTUNDFORM