agrar Wissen

»

Precision Farming
Pflanzen genau richtig düngen S.14

Bodenkunde
Der Erhalt einer endlichen Ressource S.8

Rohstoffe
Biokunststoff fürs Feld S.49

agrar Wissen

Magazin des Wissenschaftszentrums Weihenstephan
der Technischen Universität München

Herausforderungen von heute – Forschung und Lehre für unser Leben morgen

Bevölkerungswachstum, Wassermangel, schrumpfende Ackerflächen, Energieversorgung, Ernährungsmangel, aber auch Zivilisationskrankheiten wie Diabetes – das sind nur einige Themen, die die Menschheit in den nächsten Jahren und Jahrzehnten bewältigen muss. Forschung in all ihren Bereichen ist hier gefragt, und ganz besonders sind die Lebens- und Agrarwissenschaften gefordert. Zusammen umfassen sie das gesamte Themenspektrum, von der Bodenkunde über die Bereitstellung biogener Rohstoffe, von der Nahrungsmittelproduktion unter Berücksichtigung des Tierwohls über die Ernährungswissenschaften bis zum Bewahren einer lebenswerten Umwelt.

Die Technische Universität München (TUM) bündelt im Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW) ihre Kompetenzen aus den Lebenswissenschaften an einem Ort. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des WZW erarbeiten neue Lösungen für diese existenziellen Fragen – oftmals interdisziplinär oder auch in größeren Forschungsverbünden. Maßgebliche Veröffentlichungen in den großen, international beachteten Wissenschaftsmagazinen wie „Nature“ oder „Science“ zeugen davon.

Auf unserem modernen Campus im Grünen arbeiten und lehren daher Forscherinnen und Forscher aus Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften zusammen mit Kolleginnen und Kollegen aus der Agrar-, Forst-, Umwelt- und Ernährungswissenschaft sowie der Lebensmitteltechnologie. 90 Professorinnen und Professoren bereiten rund 5.500 Studierende an diesem Standort der TUM auf ihre Berufe mit Zukunft vor.

Für alle Disziplinen der Agrarwissenschaften, von der Bodenkunde über die Tierzucht bis zur Pflanzenkunde, ist die zentrale Anlaufstelle das Hans Eisenmann-Zentrum für Agrarwissenschaften (HEZ) an der TUM. Über dieses Zentralinstitut sind alle Lehrstühle und Institutionen der TUM aus diesem Bereich miteinander vernetzt und darüber hinaus genauso mit anderen agrar-

wissenschaftlichen Institutionen am Standort Weihenstephan. Das HEZ bietet fachliche Expertise und Beratung ebenso an wie es auch eine Plattform für Kommunikation und den Dialog mit verschiedenen Partnern der Agrarwirtschaft und Agrarwissenschaft ist. – Und es ist zugleich gesuchter Experte für den notwendigen Wissenstransfer einer sich im Umbruch befindenden Branche auf dem Weg zum landwirtschaftlichen Betrieb 4.0. Vortragsveranstaltungen und Symposien für Wissenschaftler, Studierende, Praktiker, Experten und interessierte Bürger ergänzen die vielfältigen Aufgaben unseres HEZ.

Auch das Wissenschaftszentrum Straubing (WZS) für Nachwachsende Rohstoffe ist dabei ein wichtiger Standort. Denn dort geht es in Forschung und Lehre um nachwachsende Rohstoffe und deren Nutzung sowie energetische Verwertung. Die Stärke liegt in der Vernetzung mehrerer Fachdisziplinen: Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie Ökosystem- und Wirtschaftswissenschaften. Die TUM ist mit drei Lehrstühlen zu den Themen Regenerative Energiesysteme, die Chemie Biogener Rohstoffe und Biogene Polymere vertreten. Künftig wird das WZS als Hochschule Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit neue Disziplinen und Fächer aufnehmen, zum Beispiel die industrielle oder weiße Biotechnologie. Etwa 18 Professuren werden in Straubing eingerichtet.

Eingebettet in dieses Gesamtkonzept fällt die Grundlagenforschung der Agrarwissenschaften auf fruchtbaren Boden, und jeder Einzelne an den beiden Standorten Weihenstephan und Straubing trägt dazu bei, Lösungen für die drängenden Fragen rund um unser aller Zukunft zu entwickeln.

Aus den vielen Themen zeigen wir beispielsweise an der Bodenkunde, Pflanzenzüchtung, Tierzucht, Immunologie, Ökologie oder auch Ressourcenökonomie, wie wir die drängenden Fragen der Zeit mit modernsten Mitteln der Forschung angehen, um Lösungen zu finden – für uns alle.

Prof. Wolfgang A. Herrmann
Präsident
Technische Universität München

Die Technische Universität München (TUM) bündelt im Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW) ihre Kompetenzen aus den Lebenswissenschaften an einem Ort.

Inhalt

8
Verstehen, was im Boden steckt
Moderne Bodenkunde eröffnet Wege für die nachhaltige Nahrungsproduktion und für einen verbesserten Klimaschutz.

14
Pflanzen genau richtig düngen
Ein Computermodell für die Optimierung des landwirtschaftlichen Betriebs: Dünger sparen mit Precision Farming.

18
Erfolgsgeschichte mit Fortsetzung: Synbreed und BayKlimaFit
Wissenschaftler aus der Tier- und Pflanzenzüchtung sowie der Humangenetik, Molekularbiologie und Bioinformatik arbeiten gemeinsam an neuen Züchtungsmethoden.

22
Weihenstephan ebnet Wege
Alumni berichten

25
Wehrhafte Pflanzen
Pflanzenzellen sollen Angreifer besser erkennen und abwehren können.

28
Generalinventur im Rindergenom
Genetische Fingerabdrücke machen Erfolge in der Tierzucht vorhersagbar.

32
Kleine Schnitte mit großer Wirkung
Gene Editing ändert das Erbgut in der gleichen Weise wie eine natürliche Mutation. Bei Zuchttieren können so gezielt bestimmte Merkmale eingebracht oder ausgelöscht werden.

Seite 36

Seite 18

Seite 49

34
HEZ International
Forschungsprojekte weltweit

36
Über die Maximierung der Biomasse
Gefährdet die Verwertung von Biomasse den Erhalt der Fruchtbarkeit unserer Böden? Ein Streitgespräch.

40
Es lebe die Vielfalt!
Welche Bedeutung hat die Artenvielfalt für unser Ökosystem und wie lässt sie sich erhalten?

44
TUM Zentralinstitut Hans Eisenmann-Zentrum für Agrarwissenschaften

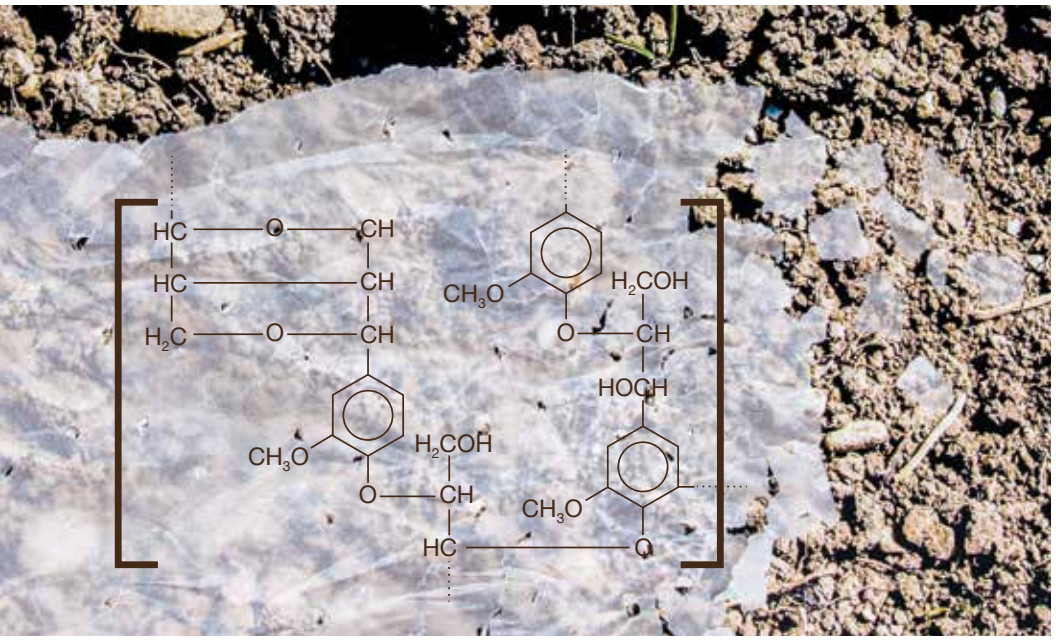
45
Weniger Antibiotika im Stall
Ein Humanmediziner verzahnt Grundlagen und angewandte Forschung, um das Immunsystem von Nutztieren zu stärken.

47
Im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Nachhaltigkeit
Wie können politische Maßnahmen die Entwicklung einer gewinnbringenden und zugleich nachhaltigen Landwirtschaft fördern?

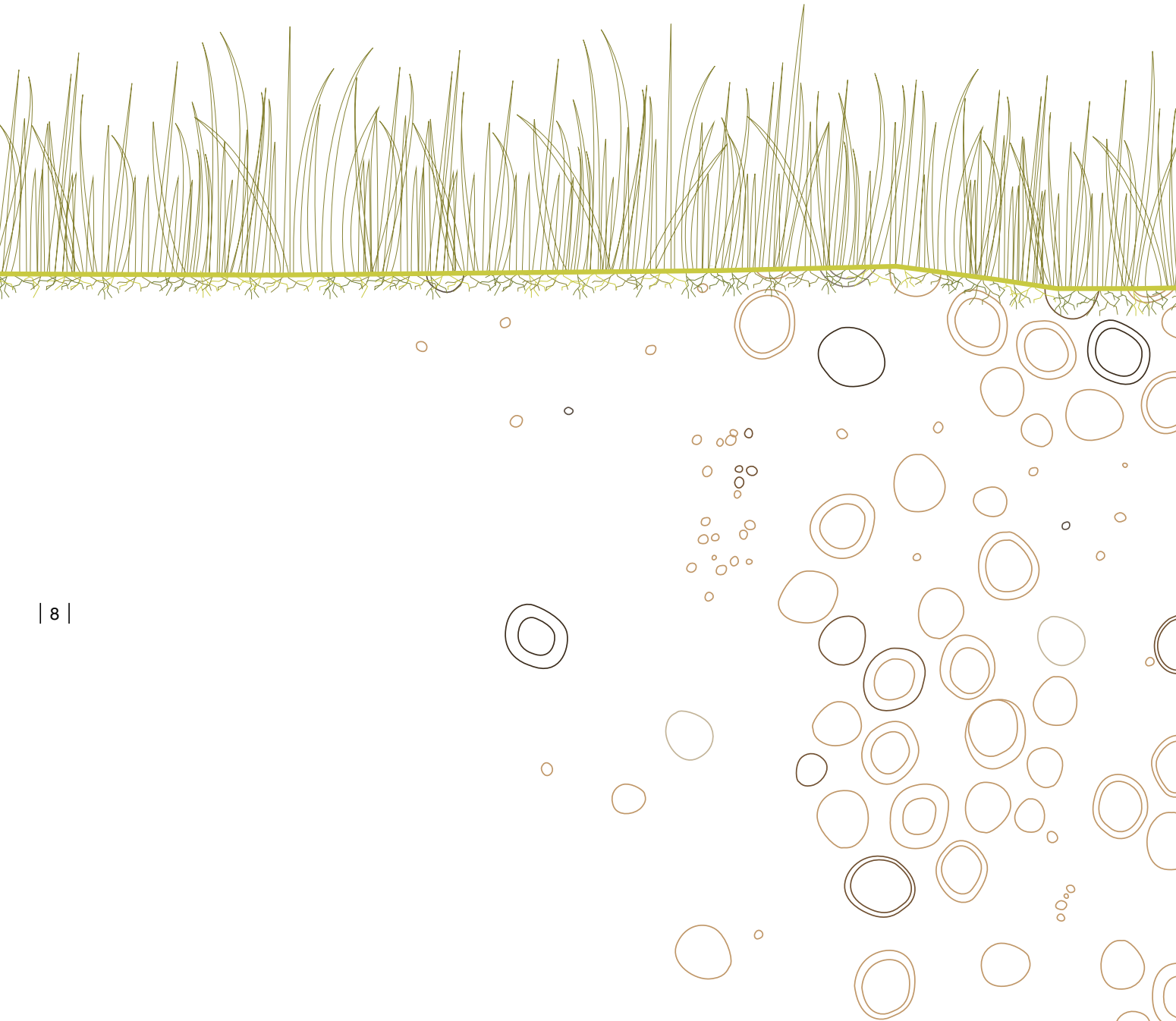
49
Biokunststoff fürs Feld
Nicht alle heutigen Biokunststoffe bauen sich tatsächlich auf dem Feld gut ab. Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen könnten eine Lösung bieten und zudem den Boden verbessern.

53
Impressum

Seite **14**

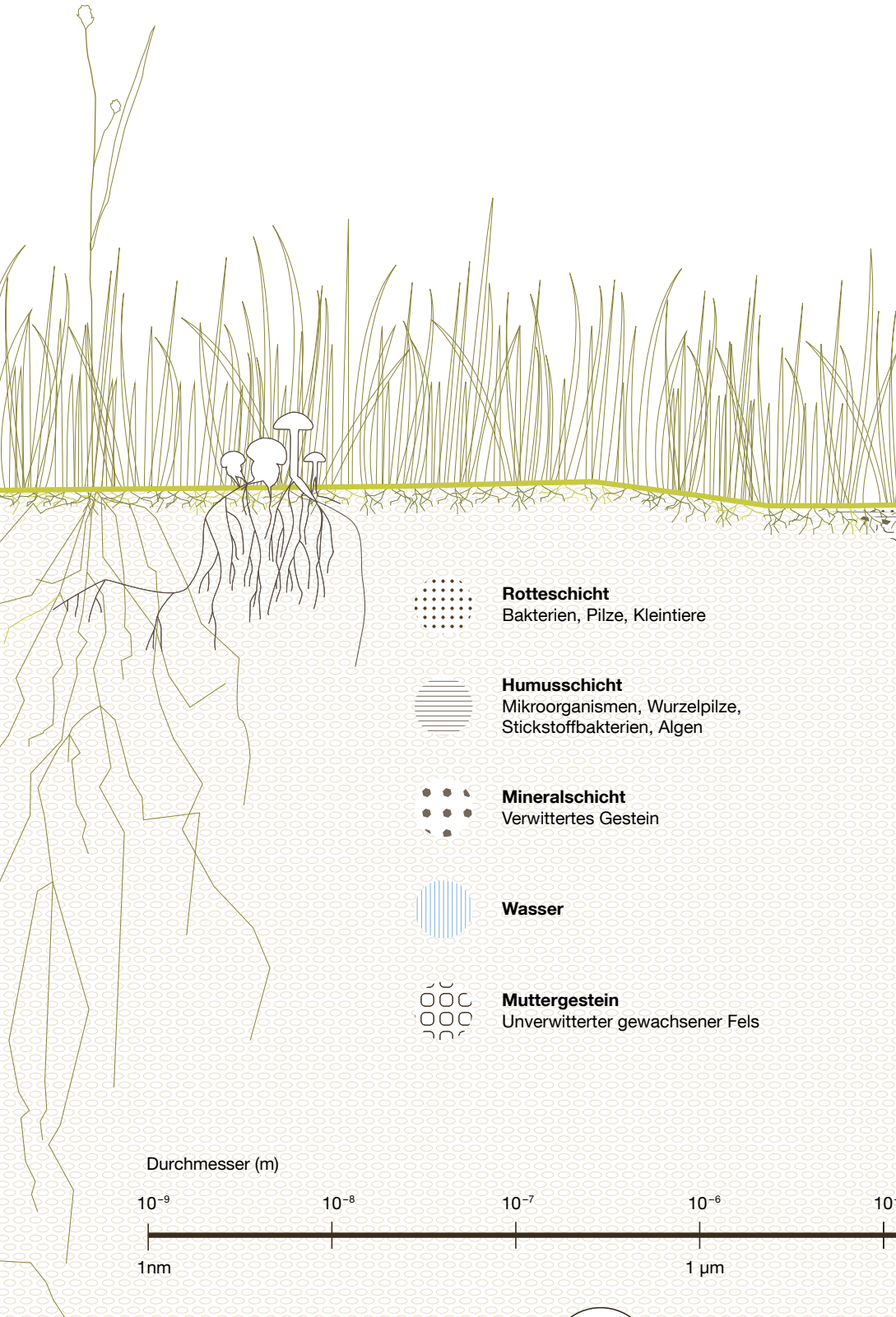


Seite **25**



Verstehen, was im Boden steckt

Wissenschaftler der TUM entschlüsseln die Prozesse, die das Ökosystem Boden bestimmen. Ihre Arbeit bahnt Wege in eine nachhaltige Landwirtschaft und einen verbesserten Klimaschutz.



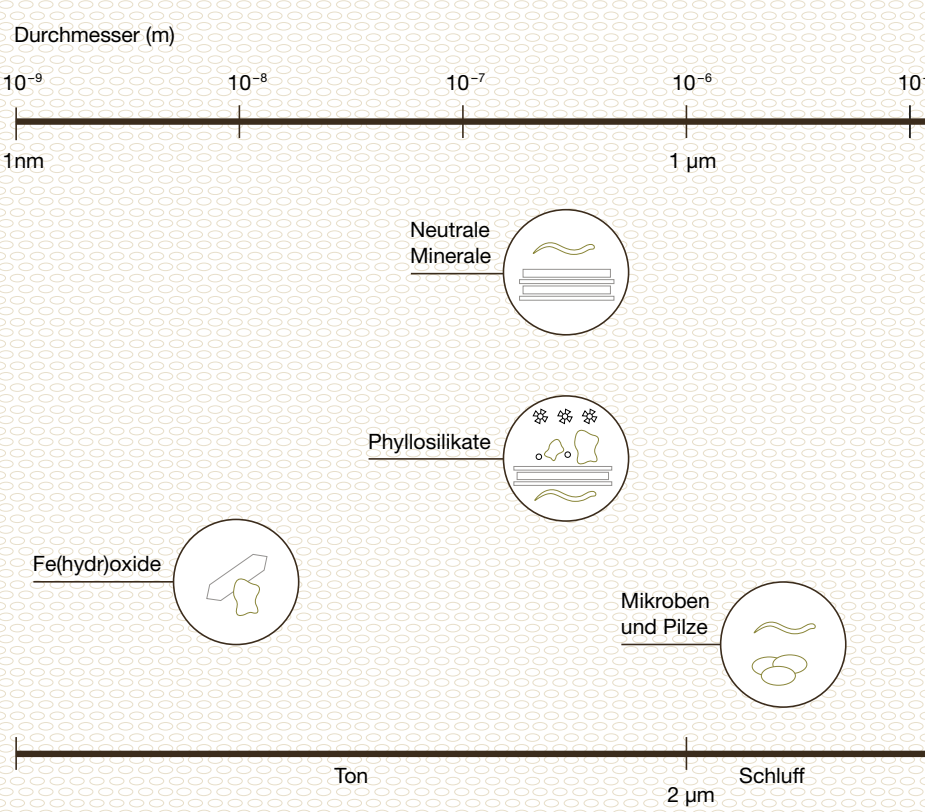
Rotteschicht
Bakterien, Pilze, Kleintiere

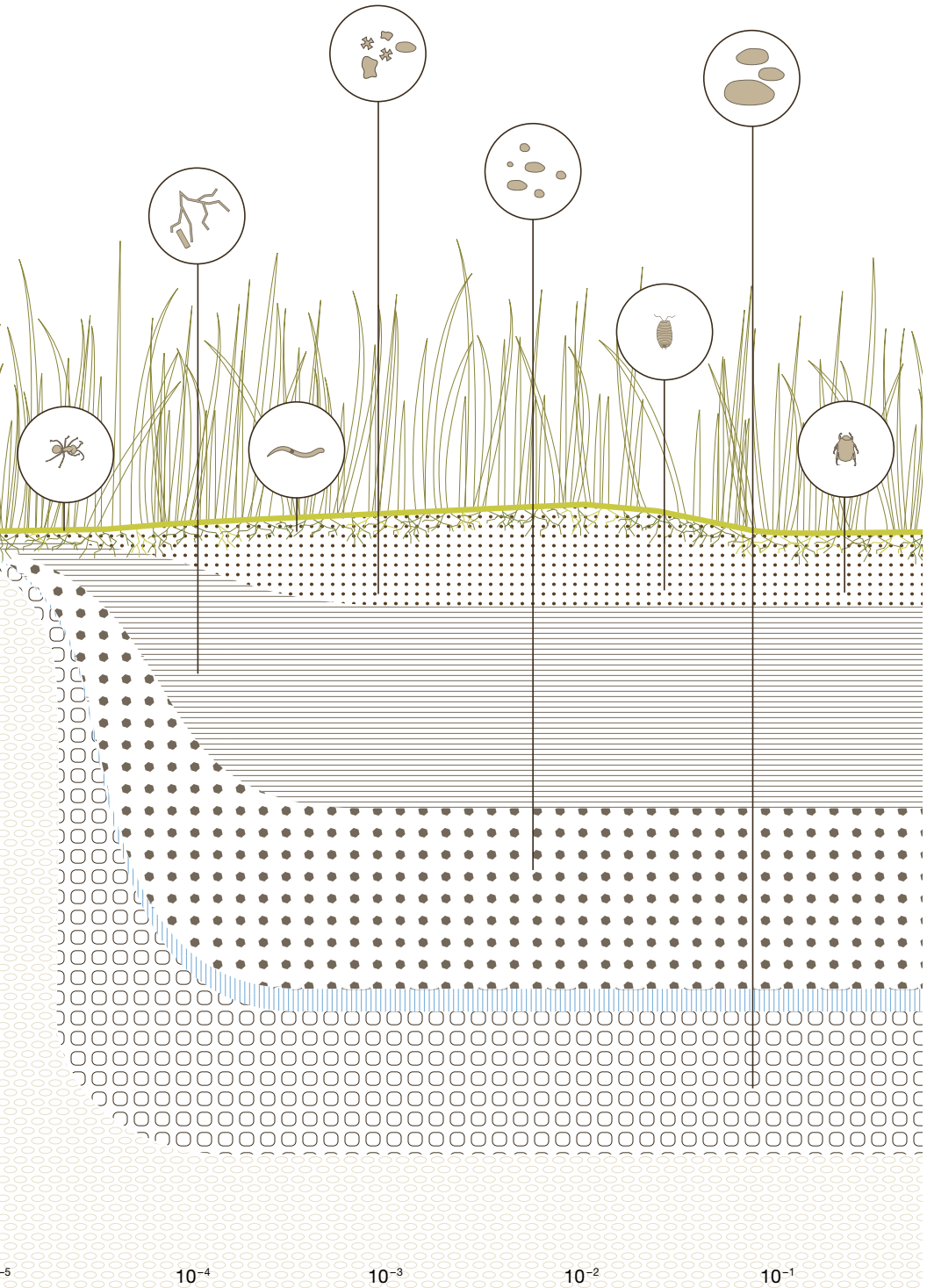
Humusschicht
Mikroorganismen, Wurzelpilze, Stickstoffbakterien, Algen

Mineralschicht
Verwittertes Gestein

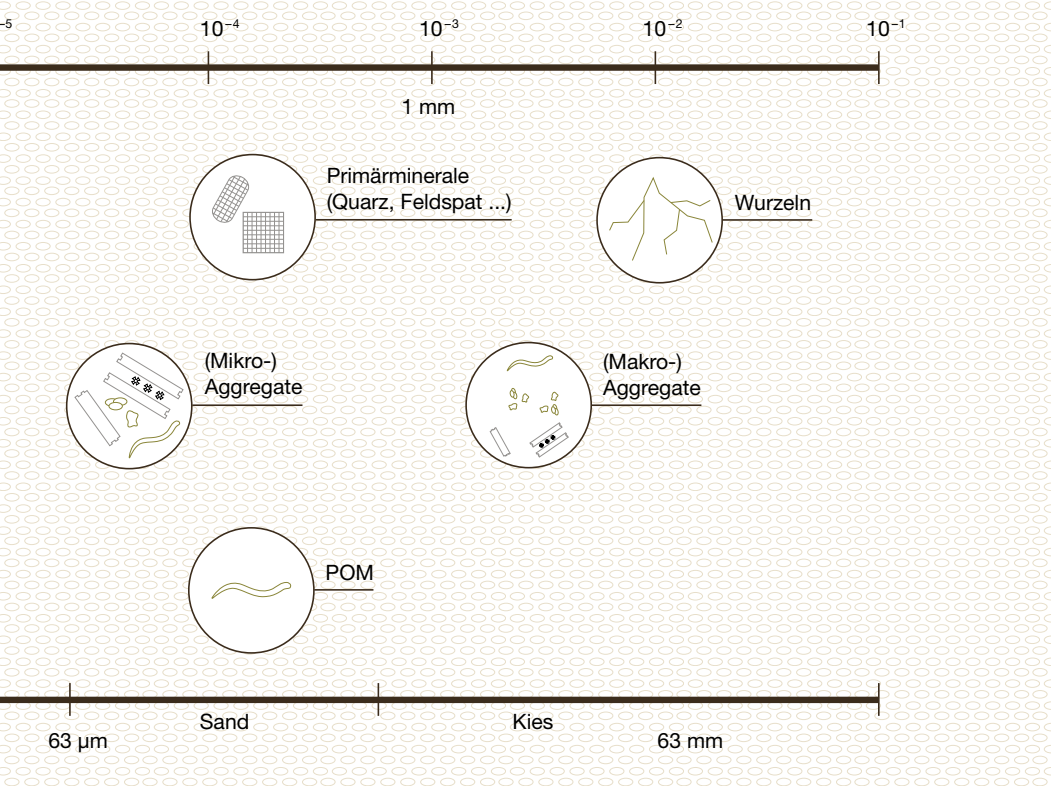
Wasser

Muttergestein
Unverwitterter gewachsener Fels





Böden sind gigantische Kohlenstoffspeicher. Mehr als 3.000 Gigatonnen (3.000 Milliarden Tonnen) davon halten sie in Form von unterschiedlichen organischen Molekülen fest und spielen damit im Klimageschehen eine entscheidende Rolle.



Prof. Ingrid Kögel-Knabner

studierte Geoökologie an der Universität Bayreuth, wo sie in Bodenkunde promovierte (1987) und habilitierte (1992). 1991 erhielt sie einen Ruf auf eine Professur für Bodenkunde und Bodenökologie an der Ruhr-Universität Bochum, seit 1995 hat sie den Lehrstuhl für Bodenkunde am WZW inne. Kögel-Knabner ist Mitglied von Akademien (Leopoldina, Acatech, Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften). Sie leitet die Senatskommission für Agrarökosystemforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und ist Mitglied im Bioökonomierat der Bundesregierung.

Für ihre Verdienste in Wissenschaft, Forschung und Lehre wurde Ingrid Kögel-Knabner 2014 mit dem Bundesverdienstkreuz am Bande der Bundesrepublik Deutschland ausgezeichnet.

2015 wurde sie für ihre wissenschaftlichen Leistungen mit der höchsten Auszeichnung ihres Fachbereichs geehrt, der Philippe Duchaufour-Medaille der Europäischen Vereinigung der Geowissenschaften (EGU). Der Preis gilt auch als „Nobelpreis der Bodenkunde“.

Boden

Wir leben nicht nur auf ihm, sondern buchstäblich von ihm – eine dünne Schicht aus organischer Substanz, der Humus, ist unsere Lebensgrundlage und Voraussetzung für jede Landwirtschaft. Als Boden bezeichnet man die obersten, meist stark belebten und durchlässigen Dezimeter der Erdoberfläche, in denen Pflanzen wurzeln. Er entsteht durch Verwitterung aus dem darunterliegenden Gestein und das Leben im Boden selbst.

Die Forschung interessierte am Boden noch bis vor einigen Jahren vor allem seine Eignung für die Land- und Forstwirtschaft. Vor dem Hintergrund der globalen Erwärmung und eines Bevölkerungswachstums, das den Bedarf an landwirtschaftlich genutzten Flächen rasant steigert, hat die Bodenkunde inzwischen viel weiter gesteckte Aufgaben. Bei der Anwendung dieser Forschung geht es um die Bewahrung des Bodens für die Nahrungsproduktion. Es geht auch darum, mit ihm als Kohlenstoffspeicher den Klimawandel aufzuhalten und letztlich um nichts weniger als darum, das Überleben der Menschheit zu sichern. Die Erkenntnisse aus der Bodenkunde sind für den einzelnen Landwirt ebenso von Nutzen wie für die Menschheit.

Eine endliche Ressource

„Böden sind grundsätzlich sehr stabil. Sie sind sehr gut gepufferte Systeme, die es auch vertragen, ein paar Jahre ‚schlecht behandelt‘ zu werden“, sagt Professorin Ingrid Kögel-Knabner, Inhaberin des Lehrstuhls für Bodenkunde am WZW in Freising. Langjähriges Missmanagement führe dagegen zu Schäden, wobei die Auswirkungen graduell seien – ein kaum merklicher, weil schleichender Prozess. „30 bis 50 Jahre sind für Böden eine durchaus realistische Reaktionszeit. Deswegen ist es auch schwer, diesen Prozess verständlich zu machen.“ Fest steht: Viele der besten, fruchtbarsten Böden auf der Erde sind bereits durch intensive Nutzung an der Grenze der Belastbarkeit und für lange Zeit nicht mehr sinnvoll landwirtschaftlich nutzbar. Die Erosion setzt sich in einem Tempo fort, in dem sich Böden unmöglich erneuern können. Kögel-Knabner gibt zu bedenken: „Die Ressource Boden ist so gesehen endlich, und wir müssen es nicht nur schaffen, unsere Ernährung zu sichern, sondern dabei auch nachhaltig mit unserer Lebensgrundlage umgehen, damit wir sie für kommende Generationen erhalten.“

Große Fortschritte

Bodenkunde als wissenschaftliche Disziplin hat in den vergangenen Jahren große Fortschritte gemacht, sowohl im empirischen als auch im theoretischen Wissen über die im Boden ablaufenden Prozesse. Die rund 20 Bodenkundler, die am Freisinger Lehrstuhl der TUM arbeiten, denken in riesigen und winzigen Maßstäben zugleich. Sie verfolgen Lösungsansätze für Fragen von globaler Relevanz und untersuchen dabei Objekte, die so klein sind, dass sie ohne Hightech-Hilfsmittel wie Sekundärionen-Massenspektrometer nicht zu sehen wären. Bodenprozesse wie die Speicherung von organischer Substanz, die Anreicherung von Nähr- und Schadstoffen sowie die Bildung von organisch-mineralischen Verbindungen spielen sich auf einer Mikrometerskala ab. Kögel-Knabner erklärt: „Die Teilchen, die im Boden miteinander reagieren, also Tonminerale und Eisenoxide, sind nur ein bis zwei Mikrometer groß. Ein Kubikzentimeter Boden hat etwa 200 Quadratmeter innere Oberfläche. Das bedeutet: Hier ist eine hohe Reaktivität drin, die aber an sehr kleinen Teilchen abläuft. Die Möglichkeit, diese zu beobachten und ihre Prozesse abzubilden, die Bodenarchitektur zu sehen, das sind wesentliche Fortschritte aus den vergangenen Jahren.

Es ist mir auch in der Lehre wichtig, den Studierenden das Prozessverständnis für das System Boden und die darin ablaufenden Vorgänge zu vermitteln."

Planvoller Einsatz von Ressourcen

Die Folgen der Domestizierung des Bodens durch die Menschheit lassen sich heute global wie lokal besser bestimmen und beeinflussen als jemals zuvor. Das bringt viele Vorteile, nicht nur für den Umweltschutz, sondern auch für den landwirtschaftlichen Betrieb, da Experten nun genauer sagen können, welche Böden sich wie am besten bewirtschaften lassen. Ertragssteigerungen sind bei uns in Mitteleuropa und in vielen anderen Regionen kaum noch möglich. Deshalb ist es für Landwirte wichtig, zu wissen, wie sie mit einem möglichst geringen Einsatz von Ressourcenden besten Ertrag bekommen, zum Beispiel beim Dünger. Zu einem guten Bodenmanagement gehört nicht nur, die für einen Standort passende Nutzpflanze auszusuchen, sondern ihr auch nur so viel Stickstoff zu geben, wie sie tatsächlich braucht. Überdüngung führt zur Abgabe von klimarelevantem Lachgas (N_2O) in die Atmosphäre und erhöhten Nitratwerten im Grundwasser.
Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat ermittelt: Der Stickstoffüberschuss auf landwirtschaftlichen Flächen in Bayern schwankt im Mittel der vergangenen zehn Jahre um 76 Kilogramm pro Hektar und Jahr. So würde bei unveränderter Düngepraxis ein Drittel der bayerischen Grundwasservorkommen bis zum Jahr 2025 derart nitrathaltig sein, dass es nicht mehr zu nutzen wäre.

Die Voraussetzungen für ein besseres Bodenmanagement will eine neueInitiative schaffen, die Wissenschaft und Bodennutzer direkt in Kontakt bringt. Die Ergebnisse des nationalen Forschungsverbunds BonaRes sollen in einer Datenbank für die Landwirtschaft nutzbar aufbereitet werden. „Dass das Bundesministerium für Bildung und Forschung jetzt mit BonaRes die angewandte Bodenforschung fördert, zeigt, dass die Zeit reif dafür ist, unsere Ergebnisse aus der Bodenchemie und Bodenmikrobiologie mit Anwendungen für die Nutzer weiterzugeben", unterstreicht Kögel-Knabner.

Boden im Klimawandel

Ebenso wie die intensive Landnutzung bedroht auch der Klimawandel die Balance der Ökosysteme. Unter konstanten Umwelt- und Vegetationsbedingungen stellt sich im Boden ein Gleichgewicht zwischen Ein- und Austrag organischer Substanz ein, was sich in gleichbleibenden Humusgehalten widerspiegelt. Seit der Industrialisierung hat der Mensch immer stärker und zunehmend spürbar Einfluss auf die Natur und das Klima genommen. Dieser ist nicht zuletzt gekennzeichnet durch den gewaltigen Verbrauch von fossilen Brennstoffen und den negativen Effekt der Abgase auf die Umwelt. Böden sind gigantische Kohlenstoffspeicher. Mehr als 3.000 Gigatonnen (3.000 Milliarden Tonnen!) davon halten sie in Form von unterschiedlichen organischen Molekülen fest und spielen damit im Klimageschehen eine entscheidende Rolle. Im Kohlenstoffkreislauf sind die Böden nach den Ozeanen die wichtigsten Senken für von Menschen freigesetztes CO_2. Sie speichern dreimal so viel von dem Element, wie es die Vegetation und die Atmosphäre tun.

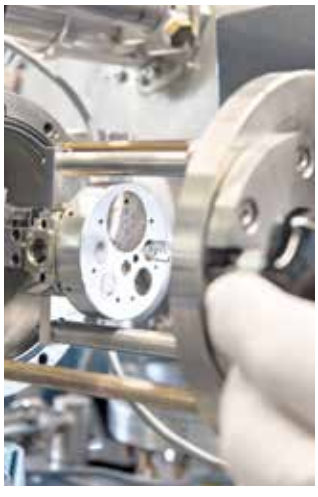
Welche Bedeutung Bodenbewirtschaftung für die globalen Stoffkreisläufe hat, zeigte sich auf der Pariser Klimakonferenz der UN im Dezember 2015. Dort begrüßten viele Länder eine französische Initiative, die die Steigerung des CO_2-Gehalts der Atmosphäre durch die vermehrte Speicherung von organischer Substanz im Boden kompensieren möchte. Die sogenannte Vier-Promille-Initiative besagt: Wenn wir jedes Jahr global den Kohlenstoffgehalt der Böden um vier Promille steigern könnten, würde das die von uns verursachte CO_2-Zunahme in der Atmosphäre kompensieren – zumindest so lange, bis in einigen Jahrzehnten die Böden gesättigt sind. Weltweit arbeiten Forscherinnen und Forscher derzeit an Plänen wie diesem, um uns Zeit zu verschaffen, bis wir von den fossilen Brennstoffen unabhängig geworden sind. Kögel-Knabner ist eine von ihnen und spricht von einer „Win-win-Situation", da zum einen der Kohlenstoff der schädlichen CO_2-Verbindung aus der Atmosphäre geholt wird und zum anderen ein höherer Humusgehalt bekanntlich den Boden für die landwirtschaftliche Nutzung aufwertet. Der Boden kann mehr Nährstoffe speichern, mehr Wasser halten, wird stabiler und ist damit besser vor Erosion geschützt.

Ein Anfang wäre es für Kögel-Knabner, wenn in der Landwirtschaft wieder weniger Ernterückstände zur Nutzung in Biomasseanlagen abgefahren und stattdessen zur Rückführung von organischer Substanz untergepflügt würden: „Damit regt man das Bodenleben an. Die Mikroorganismen sind sozusagen die Ingenieure im Boden. Sie müssen gefüttert werden, damit sie die guten Bodenstrukturen aufbauen, die wir brauchen, deshalb ist das Verständnis der Arbeit der Mikroorganismen so wichtig. Daran arbeiten wir."

Karsten Werth

Bei unveränderter Düngepraxis wird ein Drittel der bayerischen Grundwasservorkommen bis zum Jahr 2025 derart nitrathaltig sein, dass es nicht mehr zu nutzen ist.

Viele der besten, fruchtbarsten Böden auf der Erde sind bereits durch intensive Nutzung an der Grenze der Belastbarkeit und für lange Zeit nicht mehr sinnvoll landwirtschaftlich nutzbar.



Oben rechts: Probenträger für die Untersuchung von Bodenproben im Sekundärionen-Massenspektrometer
Oben links: Das Sekundärionenmassenspektrometer kann die Bodenarchitektur auf 50 bis 100 Nanometer genau auflösen.
Mitte: Bodeneigenheiten
Unten: Bodenproben

BonaRes
BonaRes steht für „Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie“ und ist ein neuer, über neun Jahre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderter Forschungsverbund. Zu ihm gehören zehn Natur- und Sozialwissenschaften übergreifende Teilbereiche und ein in Halle-Leipzig angesiedeltes Zentrum für Bodenforschung. BonaRes soll das Wissen über in landwirtschaftlich genutzten Böden ablaufende Prozesse entscheidend verbessern. Das Ziel ist, die Leistungs- und Ertragsfähigkeit der Böden langfristig zu sichern und, wo möglich, zu steigern. Die Erkenntnisse sollen Landwirten dabei helfen, sinnvolle Entscheidungen für eine nachhaltige Bodennutzung zu treffen. Ein Internetportal wird ihnen standardisierte bodenbezogene Daten bieten und den Wissensaustausch zwischen Forschung und Landnutzern fördern. Die TUM engagiert sich mit dem Lehrstuhl für Bodenkunde nicht nur im BonaRes-Zentrum, sondern auch in zwei Projektverbünden von BonaRes.

Soil³: Unterbodenmanagement
Das Projekt erforscht einen für eine nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft wichtigen Aspekt, nämlich die Herausforderung, den Unterboden besser für das Pflanzenwachstum zu erschließen, um so Ernteerträge zu sichern und zu steigern. Die Nährstoff- und Wasseraufnahme aus dem Unterboden nimmt zu, wenn man den Pflanzen hilft, ihre Wurzeln dorthin zu bringen, zum Beispiel über verringerte physikalische Widerstände für Wurzelkanäle, „Hotspots“ von Nährstoffen oder auch durch für Pflanzen verfügbares Wasser im Unterboden zu Zeiten, in denen der Oberboden trocken ist.

SUSALPS: Grünlandökosysteme
In diesem Projekt geht es um die nachhaltige Nutzung von Grünland in den Alpen und im Alpenvorland. Grünlandökosysteme sind in dieser Region mit einer Gesamtfläche von mehr als einer Million Hektar weit verbreitet. Da dort das Futter für die Milch- und Fleischproduktion wächst, sind diese Gebiete wirtschaftlich besonders wertvoll. Darüber hinaus erfüllen als Grünland genutzte Flächen eine Reihe von zentralen Ökosystemfunktionen wie die Speicherung von Kohlenstoff und Stickstoff, den Schutz vor Hochwasser und Erosion sowie den Erhalt biologischer Vielfalt. SUSALPS erforscht, wie sich heutige und zukünftige Klima- und Bewirtschaftungsbedingungen auf wichtige Ökosystemfunktionen von Grünlandböden auswirken. Aus den Erkenntnissen sollen nachhaltige Bewirtschaftungsformen entwickelt werden, die die Klimaschutzfunktion dieser Böden unterstützen.

Pflanzen genau richtig düngen

Zwei Weihenstephaner Agrarwissenschaftler wollen die Landwirtschaft besser, nachhaltiger und zukunftsfähiger machen. Sie wollen Ertragsverluste minimieren und die Produktivität verbessern. Und dabei gleichzeitig die Umwelt schonen. Ein großes Ziel – aber sie zeigen, es ist erreichbar.

Prof. Kurt-Jürgen Hülsbergen

studierte Agrarwissenschaften an der Universität Halle-Wittenberg und promovierte 1990 am dortigen Institut für Ackerbau. Hülsbergen war danach am Aufbau und an der Entwicklung des Faches Ökologischer Landbau an der Universität Halle beteiligt und vertrat das Fach ab 1994 verantwortlich. Er leitete die Arbeitsgruppen „Stoffkreislauf/Ökologischer Landbau“ und „Modellierung im Acker- und Pflanzenbau“ am Institut für Acker-und Pflanzenbau. Nach seiner Habilitation 2002 übernahm er 2003 den neu geschaffenen Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme am WZW.

Hülsbergen ist Mitglied verschiedener Gremien, er ist unter anderem im Wissenschaftlichen Beirat für Düngungsfragen des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft und in der Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt.

Wäre es nicht ideal, bereits vor dem Bau eines weiteren Stalls und der Vergrößerung des Tierbestandes zu wissen, wie sich das Vorhaben auf die Getreideerträge und die Umwelt auswirkt? „Modellsimulationen sind hierzu geeignet, weil landwirtschaftliche Betriebe dadurch schrittweise optimiert weden können“, sagt Professor Kurt-Jürgen Hülsbergen, seit 2003 Leiter des Lehrstuhls für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme. Er arbeitet mit seinem Team seit rund 20 Jahren an einem rechnergestützten, modular aufgebauten Umwelt- und Betriebsmanagementsystem namens REPRO (REPROduction of soil fertility), das genau diese Optimierung ermöglicht. Basis des Modells sind Daten aus Langzeit-Feldexperimenten, in denen Wirkungen von acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen wie unterschiedliche Fruchtfolgen, Düngungs- und Bodenbearbeitungssysteme auf Böden, Pflanzen und Umwelt untersucht werden. „Wir haben viele innovative Algorithmen aus diesen Daten abgeleitet und diverse Modellansätze in diesen Versuchen getestet“, sagt Hülsbergen. Am Ende kam eine Windowsbasierte Software mit grafischer Benutzeroberfläche heraus, die auf reale Landwirtschaftsbetriebe anwendbar ist. Die wichtigste Eignungsbedingung: ein gut geführtes elektronisches Datenmanagement. „Soll ein Betrieb auf seine Stoff- und Energieflüsse untersucht werden, lesen wir sämtliche Prozessdaten des Betriebes in das Modellsystem ein“, erklärt Hülsbergen. Dazu gehören Informationen zur Art der Düngung (Mineraldünger oder Gülle), zur Fruchtfolgegestaltung, zu Bodeneigenschaften der Felder, zur Größe, Leistung und Fütterung des Tierbestandes, zum Substrateinsatz und Energie-Output einer Biogasanlage. Der mit diesen riesigen Datenmengen erstellte virtuelle Landwirtschaftsbetrieb bildet die Abläufe des realen Betriebes ab. „Wir stellen die Vernetzung und die komplexen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Strukturelementen des Betriebes dar. Dazu gehören beispielsweise die Stickstoffflüsse zwischen Boden und Pflanzen, zwischen Tierbeständen, Boden, Biogasanlagen und Umwelt sowie zwischen Boden und Grundwasser“, erzählt Hülsbergen. „Je detaillierter der Betrieb abgebildet werden soll, desto größer sind die zu übertragenden Datenmengen.“ Die Mühe lohnt sich, denn das Programm nimmt Analysen und Bewertungen von Umweltwirkungen vor und ermittelt Schwachstellen des Betriebes. „Wir können den Landwirten konkrete Optimierungsvorschläge machen und vorab simulieren, wie sich Veränderungen auswirken“, sagt Hülsbergen. Für den Landwirt kann dies höhere Erträge, bessere Produktqualität und geringere Düngerkosten bedeuten.

Besseres Stickstoffmanagement

Intensive Düngung im Pflanzenbau und regional hohe Tierkonzentration können zu umweltrelevanten Stickstoffemissionen führen. „Nach dem Ausbringen von Gülle können Verbindungen wie Ammoniak und Lachgas in die Luft entweichen, mit dem Sickerwasser kann Nitrat ins Grundwasser gelangen. Beides belastet Umwelt und Klima“, warnt Hülsbergen. Daher ist es wichtig, im Modell die Prozesse, bei denen Nitrat-, Ammoniak- und Lachgasverluste entstehen, zu erfassen. So ist es möglich, die ökologische Nachhaltigkeit eines Betriebes zu betrachten, landwirtschaftliche Betriebe zukunftsfähiger zu machen und zugleich die Umwelt zu schonen.

In der Region Hohenthann bei Landshut wird REPRO eingesetzt, um die Ursachen für steigende Nitratgehalte des Grundwassers aufzuklären und Strategien zur Minderung von Nitratausträgen zu prüfen. In der Modellregion ist durch den Ausbau der Schweinehaltung und den Bau von Biogasanlagen der Gülleanfall deutlich gestiegen. Die Gülle wird direkt auf die Felder ausgebracht oder in Biogasanlagen unter Zukauf von Mais zur Energiegewinnung genutzt. Die stickstoffreiche Biogasgülle gelangt ebenfalls auf die Felder. „Der in der Biogasgülle enthaltene Stickstoff ist stärker pflanzenverfügbar, aber auch verlustgefährdeter. Biogasanlagen können Überdüngungsprobleme noch verstärken“, sagt Hülsbergen. Mit REPRO sei es möglich, zu simulieren, wie sich der Bau einer Biogasanlage und die Vergrößerung des Tierbestandes auf das komplette System auswirken.

In einem neuen von der Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt arbeitet Hülsbergen gemeinsam mit seinem langjährigen Mitarbeiter, dem Agrarwissenschaftler und Landwirt Dr. Franz-Xaver Maidl, daran, ein am Lehrstuhl entwickeltes Sensorsystem zur pflanzenbedarfsgerechten Düngung mit REPRO zusammenzufügen. „Herr Maidl hat mit seinem Sensorsystem eine Technik entwickelt, mit der es möglich ist, die Stickstoffdüngung der Pflanzen zu optimieren und Überdüngung zu vermeiden. Er hat tolle Grundlagenarbeit geleistet, die bereits zu praxisreifen Anwendungen am Traktor führten“, sagt Hülsbergen. Dabei laufen riesige Datenmengen zu Erträgen, zur Stickstoffaufnahme der Pflanzen sowie zur Düngerapplikation auf. „Daraus können wir in REPRO eine räumlich hochauflösende Karte für Nitrat erstellen, die anzeigt, wo erhöhte Nitratverluste ins Grundwasser stattfinden. Auswirkungen auf die Umwelt lassen sich so noch genauer charakterisieren“, sagt Hülsbergen.

»

Der in der Gülle enthaltene Stickstoff wird durch die Prozesse in der Biogasanlage stärker pflanzenverfügbar, aber auch verlustgefährdeter. Biogasanlagen können Überdüngungsprobleme noch verstärken.«

Hülsbergen

Dünger sparen mit Precision Farming

Dr. Franz-Xaver Maidl verfolgt seit gut zehn Jahren das Ziel, Überdüngung zu vermeiden, Kosten einzusparen, Erträge und Produktqualität zu optimieren sowie die Umwelt zu schonen. „Der Landwirt kann die Pflanzen auf einem Feld fragen, wie viel Stickstoff sie bereits aufgenommen haben, und dann bedarfsgerecht düngen, statt alle Felder einheitlich.“ Seine Methode fällt unter das Precision Farming, wo Felder anhand von Messungen differenziert je nach Ort bewirtschaftet werden. Eine Geschichte in Bildern.

1 Jedes Feld und jeder Produktionsschlag ist heterogen bezüglich Bodenbeschaffenheit, Wasserspeicherkapazität, Ertragspotenziale und Düngerbedarf. Bei einheitlicher Düngung bekommt ein Teil des Feldes zu viel, ein anderer zu wenig Dünger ab. Durch ortsgenaue, dem Pflanzenbedarf angepasste Düngung ließe sich bei gleichbleibender Ernte und guter Produktqualität deutlich Dünger einsparen, was auch die Umwelt entlastet. Das belegen beispielsweise die Ergebnisse von Streifenversuchen in der Freilandversuchsanlage Roggenstein. Außerdem kann eine pflanzenbedarfsgerechte Düngung die Stickstoffeffizienz im Pflanzenbau deutlich erhöhen. Umwelt- und klimarelevante Stickstoffverluste in die Atmosphäre beispielsweise in Form von Lachgas verringern sich. Die Hälfte des über Düngung in den Boden eingebrachten Stickstoffs wird durch Mikroorganismen im Boden fixiert (N-Immobilisierung). Nur etwa zwei bis fünf Prozent werden davon jährlich mineralisiert und damit pflanzenverfügbar. Die andere Hälfte des eingebrachten Stickstoffs ist an Tonpartikel gebunden und wird, wenn Bedarf besteht, relativ schnell von den Pflanzenwurzeln aufgenommen (N-Mineralisierung).

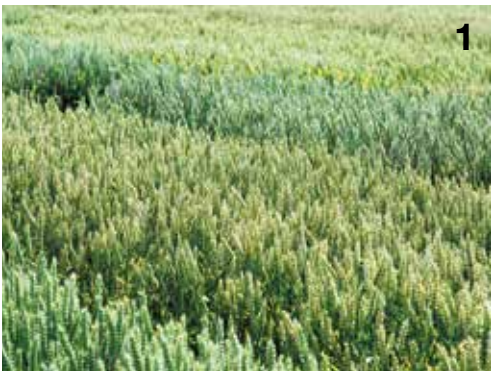
2 Maidl „befragt“ die Pflanze mit Spektralmessungen nach den bereits aufgenommenen Stickstoffmengen und berechnet, wie viel noch nötig ist. Möglich ist dies, weil das auf die Pflanzenoberfläche auftreffende Sonnenlicht abhängig vom Stickstoffgehalt reflektiert wird. Aus Feldversuchen kennen die Forscher den Soll-Stickstoffwert zu bestimmten Wachstumszeitpunkten. Dieser wird mit dem aktuellen Messwert verglichen – immer vor dem Hintergrund, dass für diese Fläche ein bestimmter Ertrag und eine bestimmte Produktqualität zu erzielen ist. Die zuzuführende Düngermenge setzt sich dann zusammen aus der zum aktuellen Zeitpunkt fehlenden Stickstoffmenge plus der Düngermenge, die die Pflanze bis zur nächsten Düngung aufgenommen haben sollte. In die aktuelle Düngermengenempfehlung gehen zudem die Wirkungsdauer des Düngers, N-Immobilisierung, N-Mineralisierung sowie die Düngerausnutzungsrate mit ein.

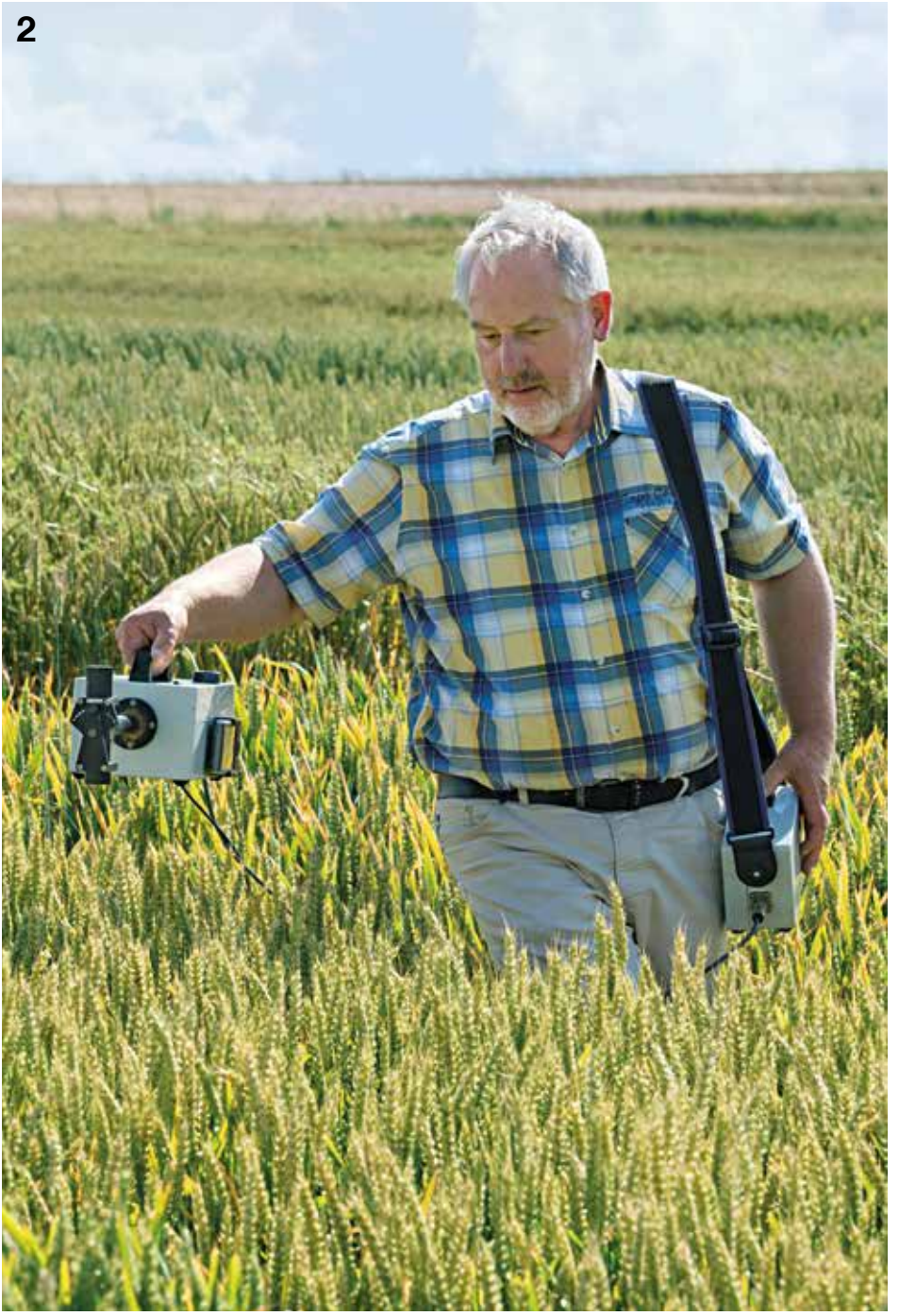
»

Landwirte können die Pflanzen auf einem Feld fragen, wie viel Stickstoff sie bereits aufgenommen haben, und dann bedarfsgerecht düngen, statt alle Felder einheitlich.«

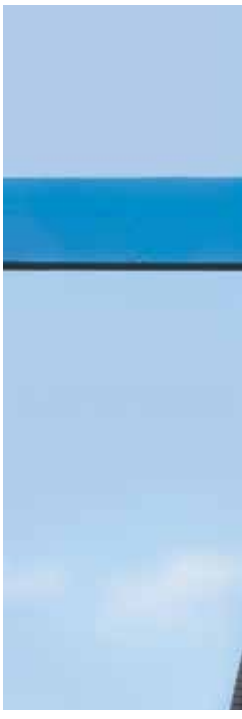
Maidl

Oben: Feld mit Anbaustreifen
Unten: Maidl mit Handspektrometer





Oben: Handspektrometer, unten: Messen mit dem Traktor-Sensorsystem, rechts: das GPS



Der an den Schlepper angehängte Düngerstreuer bekommt das Signal, die errechnete Nährstoffmenge freizusetzen.

Der Sensor

3 Die genauesten Ergebnisse für die in einer Pflanze enthaltenen Stickstoffmengen liefern Messungen bei vier bestimmten Wellenlängen im Bereich zwischen 670 und 740 Nanometern (nm). Eigens von Maidl und seinem Team erstellte Algorithmen berücksichtigen den Einfluss von Tageszeit, Feuchte, Vegetationsstadium und anderen Größen auf die Messung und ermitteln den Absolutwert für den in einer Pflanze enthaltenen Stickstoff. „Für Getreide passen diese vier Wellenlängen gut. Möchte man aber zweikeimblättrige Pflanzen wie Raps auf ihren Stickstoffgehalt untersuchen, benötigt man andere Wellenlängen. Ansonsten gehen viele Informationen verloren“, sagt Maidl. Deshalb hat er das für einen Traktor geeignete Sensorsystem weiter optimiert und kann inzwischen mit 220 verschiedenen Wellenlängen von 360 bis 980 nm messen. So ist es möglich, ein größeres Spektrum an Pflanzen zu untersuchen oder eine Kulturpflanze detaillierter zu messen.

4 Das von Maidl entwickelte Messsystem ist für den Einsatz am Traktor patentiert. Es besteht aus einem Vorbau mit einem Sensor rechts und links sowie einem kugelförmigen GPS in der Mitte. 500 Mal in der Sekunde ermittelt das System bei Getreide und Raps, wie gut Pflanzen mit Stickstoff versorgt sind. Ein Rechner im Traktor verarbeitet die Daten ohne jede Zeitverzögerung mit der Ertragsfähigkeit des jeweiligen Teilfeldbereiches. Die Landwirte ordnen zuvor den Bodendaten die Ertragsgesamtwerte – als Durchschnittswert der vergangenen drei Jahre – für ein Feld zu. Die von Maidl und seinen Mitarbeitern entwickelten Algorithmen berechnen daraus die Erträge für Teilflächen bestimmter Bodenbeschaffenheiten. Der an den Schlepper angehängte Düngerstreuer bekommt dann das Signal, die errechnete Nährstoffmenge freizusetzen.

5 Weil das Sensorsystem mit einem GPS gekoppelt ist, das die Sensordaten genau einer Position innerhalb eines Produktionsschlags zuordnet, lässt sich eine Karte mit dem Nährstoffstatus der Pflanzen anfertigen. Außerdem können die vom Düngerstreuer abgegebenen Düngermengen an die Sensordaten und an die mit dem GPS ermittelten Positionen gekoppelt und so für später dokumentiert werden.

Gerlinde Felix

Weil das Sensorsystem mit einem GPS gekoppelt ist, lässt sich eine Karte anfertigen, die für jede Position im Feld den Nährstoffstatus der Pflanzen zeigt.

Erfolgsgeschichte mit Fortsetzung: Synbreed und BayKlimaFit

Die global steigende Nachfrage nach Lebensmitteln, die zunehmende Verknappung natürlicher Ressourcen und der Klimawandel stellen die Landwirtschaft vor neue Herausforderungen, die mit den derzeit etablierten Methoden kaum zu bewältigen sind. Mit den Forschungsnetzwerken Synbreed und BayKlimaFit arbeiten Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen und Forschungseinrichtungen koordiniert durch die TUM an einer Lösung des Problems.

Prof. Chris-Carolin Schön

hat an der Universität Hohenheim und der Oregon State University (USA) Agrarwissenschaften studiert. Nach der Promotion war sie zunächst bei der KWS SAAT AG tätig, danach leitete sie die Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim. Dort wurde sie in dem Fach Pflanzenzüchtung habilitiert (2006). Seit 2007 ist sie Ordinaria für Pflanzenzüchtung am WZW. Schön ist Mitglied im Fachkollegium 207 der Deutschen Forschungsgemeinschaft und Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen wissenschaftlichen Beiräten. Unter ihrer Federführung entstand Synbreed, ein interdisziplinäres Netzwerk zur genombasierten Züchtungsforschung an Pflanzen und Tieren.

2015 wurde sie in den Senat der Deutschen Forschungsgemeinschaft berufen.

„Bei beiden Projekten geht es darum, Kompetenzen über Disziplinen hinweg zu bündeln“, sagt die Pflanzengenetikerin Professorin Chris-Carolin Schön über die Zielsetzung.

In dem im Jahr 2009 unter ihrer Federführung gegründeten Forschungscluster Synbreed brachte Schön führende Wissenschaftler aus der Tier- und Pflanzenzüchtung, der Humangenetik, der Molekularbiologie und Bioinformatik in einem bis dato einzigartigen Kompetenznetzwerk zusammen. Es sollte mit neuen Methoden die genombasierte Züchtung bei Pflanzen und Tieren voranbringen und diese in die landwirtschaftliche Praxis überführen. Dabei entstanden grundlegende Einsichten in die biologische Vielfalt verschiedener Spezies auf der Ebene ihres Erbguts, die jetzt für die Fragen des neuen Projekts wertvolles Grundlagenwissen und verfeinerte Methoden liefern.

Hinter dem fachübergreifenden Ansatz von Synbreed stand die Idee, den Austausch zwischen unterschiedlichen Wissenschaftlern zu fördern, die sich mit Themen aus der Züchtungsforschung befassen. Denn bei aller Unterschiedlichkeit der Forschungsschwerpunkte gibt es viele Gemeinsamkeiten, speziell was neue Methoden angeht. „Die Pflanzen- und Tierzüchtung können viel voneinander lernen“, erklärt Schön den Ansatz von Synbreed. Zum Beispiel war es der Lehrstuhl für Tierzüchtung, der sich in ihrer Nachbarschaft in Freising-Weihenstephan befindet und der das technische Know-how für die Bestandsaufnahmen im Genom und deren Auswertung in Synbreed einbringen konnte. Denn dort arbeitete Professor Hans Rudolf Fries schon seit einigen Jahren mit modernen Methoden der Genomanalyse. Mithilfe der sogenannten markergestützten Analyse des Erbguts kann er schon sehr früh und präzise vorhersagen, ob ein Bulle gute Zuchtergebnisse liefert (siehe Seite 28). Dabei sucht er mit einer Art molekularer Sonde nach winzigen Unterschieden im Erbgut von Tieren, die möglicherweise jene Gene tragen, die züchterisch interessant sein könnten. Im Rahmen von Synbreed konnten die Wissenschaftler diese Verfahren erfolgreich auch für die Analyse der Genome von Hühnern und Pflanzen anwenden und damit die genomische Selektion bei diesen Arten weiterentwickeln. Besonders stolz sind sie auf ihre neuen Genotypisierungs-Arrays, die wie ein Computerchip mit Informationen bestückt sind. Nur handelt es sich in diesem Fall nicht um digitale Daten, sondern um markierte DNA-Schnipsel, mit denen sich der genetische Fingerabdruck von Pflanzen und Tieren viel schneller als früher ermitteln lässt. „Mithilfe unserer Genotypisierungs-Arrays konnten wir Tausende von Individuen analysieren undihren genetischen Fingerabdruck erfassen“, berichtet Schön.

Exzellente Forschungsbilanz

Nach sechs Jahren kann Schön zum Abschluss eine beachtliche Bilanz ziehen. Synbreed hat nicht nur die Erforschung der biologischen Vielfalt bei Hühnern, Rindern und Mais vorangebracht, sondern neue

»

Inzwischen wenden einige auf Züchtung spezialisierte Unternehmen unsere Methoden der genombasierten Selektion in großem Stil an.«

Schön

Hopi Blue
(Mittelamerika)

»

Durch Synbreed konnten wir zum Beispiel den Zuchtwert neuer Maislinien mit hoher Genauigkeit schätzen und feststellen, ob sie auch bei Kälte im Frühjahr oder Hitze im Sommer eine konstant gute Leistung erzielen.«

Schön

Wege und Methoden entwickelt, die bereits in die züchterische Praxis einfließen. „Inzwischen wenden einige auf Züchtung spezialisierte Unternehmen unsere Methoden der genombasierten Selektion in großem Stil an“, freut sich die Koordinatorin über den sichtbaren Erfolg des Projekts. Ansehnlich ist auch der wissenschaftliche Output. „Über 80 wissenschaftliche Publikationen wurden in begutachteten, hochrangigen Fachzeitschriften veröffentlicht“, sagt Schön. „Insofern dokumentiert unser Projekt auch die wissenschaftliche Exzellenz der Forschung an der TUM und ihrer Partner“, ist sie sicher. Besonders stolz macht sie in diesem Zusammenhang, dass 26 der Veröffentlichungen aus der Zusammenarbeit der Pflanzen- und Tierzüchtung resultierten. In die Erfolgsbilanz gehört für sie auch unbedingt die Förderung junger Wissenschaftler, die das Projekt ermöglichte. „Mit 30 Doktoranden hat Synbreed einen großen Beitrag zur Ausbildung und Förderung einer neuen Generation von Nachwuchswissenschaftlern geleistet und damit die Weichen für die zukünftige Weiterentwicklung der deutschen Pflanzen- und Tierzüchtung gestellt.“

Pflanzen, die dem Klimawandel trotzen

Auch für Schöns eigenes Spezialgebiet, die Maiszüchtung, brachte der Exzellenzcluster deutliche Fortschritte. „Die in Synbreed erfassten riesigen Datenmengen und ihre Auswertung lieferten uns über mehrere Jahre hinweg Informationen zu den mit den Genominformationen verbundenen Merkmalsausprägungen“, sagt Schön, die an ihrem Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung die vielfältigen Mechanismen untersucht, mit denen sich Mais und andere Pflanzen auf wechselnde Umweltbedingungen einstellen. „Durch Synbreed konnten wir zum Beispiel den Zuchtwert neuer Maislinien mit hoher Genauigkeit schätzen und feststellen, ob sie auch bei Kälte im Frühjahr oder Hitze im Sommer eine konstant gute Leistung erzielen.“

Mit den Anpassungsmechanismen von Mais an unterschiedliche Umweltbedingungen befasst sich auch das Forschungsprojekt, mit dem sich die Pflanzenforscherin aus Weihenstephan an dem neuen Programm „BayKlimaFit – Strategien zur Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel“ beteiligt. „Wir bündeln diesmal die Forschungsexzellenz am Standort Bayern, und der Verbund ist auf die Pflanzenforschung fokussiert“, sagt Schön über das vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz initiierte neue Projekt. In dem mit insgesamt 2,4 Millionen Euro geförderten Programm werden sich unter ihrer Koordination neun Forschergruppen an bayerischen Universitäten drei Jahre lang damit befassen, wie die im Freistaat genutzten Kulturpflanzen fit für den Klimawandel werden. Denn Dürre, Überschwemmungen und andere extreme Wetterereignisse setzen Pflanzen unter Stress und führen zu hohen Ernteverlusten. Am Erfolg von BayKlimaFit hegt Chris-Carolin Schön keinen Zweifel. „Unsere Aufgabe ist es, Pflanzen zu schaffen, die mit sich ändernden Klimaereignissen zurechtkommen, und das wird uns gelingen.“

Birgit Fenzel

Coloras
(Peru)

Hartmais
(Deutschland)

Guadalayaro Jalisco Pozole
(Mexiko)

Chispita
(Peru)

Zahnmais
(USA)

Weihenstephan ebnet Wege

Annkatrin Porsch

Frau Porsch, wie lief bisher Ihr beruflicher Werdegang?
Nach einem Praktikum bei der Versicherungskammer Bayern in München war ich dort als Werkstudentin in der Landwirtschaftsabteilung tätig. Um mich weiterhin der Forschung widmen zu können, habe ich nach Abschluss meines Studiums in dieser Abteilung eine Teilzeitstelle angenommen. Vor eineinhalb Jahren habe ich zum Produktmanagement für Landwirte und Gewerbetreibende gewechselt, wo ich heute verschiedene Teams von der Idee bis zum fertigen Businessplan begleite.

Welche Erwartungen hatten Sie an das Studium und wurden diese erfüllt?
Ein Studierender muss sich die Erwartungen an sein Studium selber erfüllen. An der Uni trägt einem keiner etwas hinterher und es wird einem (fast) nichts geschenkt. Bei der TUM hat die Forschung einen hohen Stellenwert. Die Lehre ist zwar hervorragend, steht aber im Zweifel manchmal hinter der Forschung zurück. Das bedeutet, dass ein Student eigeninitiativ und selbstverantwortlich agieren muss, um zu Spitzenergebnissen zu kommen.

Welche Inspirationen während des Studiums führten zur späteren Berufswahl?
Eine wichtige Inspiration war für mich sicherlich das dreisemestrige Qualifizierungsprogramm Manage&More an der UnternehmerTUM, bei dem ich alles rund um das Thema „Geschäftschancen erkennen und entwickeln“ gelernt habe. In dieser Zeit ist meine Idee von Agrando entstanden, einem Landhandelsdienstleister, der landwirtschaftliche Betriebsmittel zwischen Landhändlern und Landwirten vermittelt. Im Januar 2015 haben mein Mann, drei Freunde und ich die Firma gegründet. Leider ist mit Agrando nicht alles so gelaufen wie erhofft. Deshalb konzentriere ich mich neben meiner Arbeit bei der Versicherungskammer gerade auf den Abschluss der Promotion.

»

Bei der TUM hat die Forschung einen hohen Stellenwert.«

Porsch

Annkatrin Porsch machte von 2007 bis 2013 ihren Bachelor und Master an der TUM, jeweils mit Schwerpunkt in der Agrarökonomie und Vertiefungen in der Rinderhaltung. Jetzt promoviert sie am Lehrstuhl für Ökonomik des Gartenbaus und Landschaftsbaus im Bereich Risikoforschung.

Welche aktuellen agrarwissenschaftlichen Themen sind für Sie besonders zukunftsweisend?
Sehr viele! Gentechnik, Energieverbrauch und -produktion, Tierwohl, ländliche Entwicklung, Pflanzenschutz, Lebensmittelsicherheit, Vermarktung … Die Liste kann beliebig fortgesetzt werden.

Sie betreiben Risikoforschung. Inwieweit sind diese Themen für Ihre Forschung relevant?
In meiner Promotion untersuche ich, wie verschiedene Gefahren auf die Produktion von Lebensmitteln einwirken und ob diese Gefahren von den Produzenten richtig eingeschätzt werden. Das Spannende ist, dass Landwirte und Gärtner, ebenso wie Menschen in anderen Branchen, kaum in der Lage sind, ihre geschäftlichen Risiken richtig einzuschätzen. Hier gibt es erhebliches Verbesserungspotenzial. Um aus meiner Forschung konkrete Ergebnisse für die Praxis zu entwickeln, ist es sehr wichtig, viele der oben genannten Themen in einen Zusammenhang zu bringen und ihre Auswirkungen objektiv zu bewerten.

Kann ein Agrarwissenschaftler heutzutage helfen, die Welt zu retten?
Viele der größten Probleme unserer Zeit haben direkt und indirekt mit der Landwirtschaft zu tun: Klimawandel, Hunger, Umweltverschmutzung. Inwieweit ein Mensch dabei helfen kann, die Welt zu retten, hängt von dessen Einstellung ab und nicht unbedingt vom Studienabschluss. Aber als Agrarwissenschaftlerin bin ich in der Lage, die Diskussionen zu solchen Themen zu versachlichen, mir eine fundierte Meinung zu bilden und gute Entscheidungen zu treffen. Sollte die Welt irgendwann tatsächlich einmal gerettet sein, waren sicherlich ein paar Agrarwissenschaftler im sehr großen und diversen Rettungsteam.

Karsten Werth

Hubert Bittlmayer

In welchem Zeitraum haben Sie studiert, welchen Schwerpunkt hatten Sie in Ihrer Diplomarbeit?
Ich begann mein Studium mit dem Schwerpunkt Betriebswirtschaft 1984 und beendete es mit meiner Diplomarbeit zum Thema „Weltagrarhandel – GATT Verhandlungen der Uruguay Runde“ 1990.

Wie sah Ihre weitere berufliche Laufbahn aus?
Nach dem Referendariat trat ich meine erste Stelle am damaligen Tierzuchtamt in Ansbach an. Nach zwei Jahren wechselte ich ans Landwirtschaftsministerium, von welchem ich 2001 an die Staatskanzlei versetzt wurde. Dort war ich unter anderem für drei Ministerpräsidenten zuerst persönlicher Referent und später Büroleiter. Seit 2015 habe ich die Ehre, mich als Amtschef des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten wieder ganz um die Belange der Land- und Forstwirte zu kümmern.

Wie kam der Entschluss, Agrarwissenschaften zu studieren? Sind Sie familiär vorgeprägt?
Aufgewachsen bin ich auf einem landwirtschaftlichen Betrieb, welcher aber von meinem Bruder übernommen worden ist. Der enge Bezug zur Landwirtschaft und die Liebe zur Natur waren daher schon immer vorhanden.

Was versprachen Sie sich von diesem Studium?
Mich hat am landwirtschaftlichen Studium vor allem das breite Spektrum von Botanik über Zoologie, von Betriebswirtschaft bis Steuerwesen besonders interessiert.

Warum entschieden Sie sich für ein universitäres Studium statt für die Fachhochschule?
Ich wollte vertiefte Erkenntnisse erwerben und grundlegende Zusammenhänge verstehen. Mein Interesse lag in der Forschung und bei neuen Entwicklungen.

Weshalb gingen Sie an die TUM in Weihenstephan? Gab es Empfehlungen?
Die TUM in Weihenstephan hatte und hat einen tollen Ruf als Kaderschmiede. Durch familiäre Beziehungen wurde mir von vielen Absolventen der TUM das Studium in Weihenstephan empfohlen.

Hubert Bittlmayer
Amtschef des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

»

Mich hat am landwirtschaftlichen Studium vor allem das breite Spektrum von Botanik über Zoologie, von Betriebswirtschaft bis Steuerwesen besonders interessiert.«

Bittlmayer

Welches Fazit würden Sie aus Ihrem Studium ziehen?
Mir hat das Studium sehr viel Spaß gemacht. Die Umgebung war hervorragend und ich habe viele Freundschaften geschlossen, von welchen ich noch heute profitiere. Das Studium hat ein breites Fundament gelegt und war die beste Basis für meinen beruflichen Werdegang.

Würden Sie einem jungen Menschen heute ein Studium der Agrarwissenschaften empfehlen und warum?
Ich kann jedem jungen Menschen dieses Studium empfehlen, wenn er an einem „breiten Studiengang“ Interesse hat, welcher sich durch viele fachübergreifende Themen auszeichnet. Mit Blick auf die großen Herausforderungen der Zukunft wie Ökologie/Ressourcen, wachsende Weltbevölkerung und neue Technologien handelt es sich sicher um einen der interessantesten und zukunftsträchtigsten Studiengänge.

Gibt es eine Anekdote von Ihnen aus der Studienzeit, an die Sie sich gerne erinnern?
Besonders in Erinnerung blieben immer die Faschingsbälle am Mittwoch bis spät in die Nacht und ihre Folgen. Denn donnerstagfrüh in der ersten Vorlesung (Botanik) hat unser Professor dann die schlafenden Kommilitonen immer geweckt. Er hat während der Vorlesung den wachen Studenten mitgeteilt, jetzt sitzen zu bleiben. Und hat dann über Mikro bekanntgegeben: „Vorsicht, alle sofort aufstehen!“ Die Schläfer schreckten hoch – witzig! Hab es als Lehrer selbst so gemacht.

Welche Themen im Agrarbereich sind heute besonders zukunftsweisend?
Nachhaltigkeit und Effizienzsteigerung, Ressourcenschutz, Digitalisierung, Bioökonomie. Und vor allem Erhaltung unserer bäuerlichen Landwirtschaft und schönen Kulturlandschaft.

Gerlinde Felix

Dr. Wolfgang Michalek

Von wegen nur Bauer: Das inhaltlich breit aufgestellte Studium der Agrarwissenschaften öffnet die Türen für viele andere Berufe abseits landwirtschaftlicher Betriebe. In einer sehr vielfältigen und spannenden Branche ist Dr. Wolfgang Michalek gelandet. Von 1985 bis 1991 studierte er in Weihenstephan Agrarwissenschaften. Auf das Diplom folgte drei Jahre später die Promotion. Inzwischen leitet er die Abteilung für Laborservice der KWS SAAT SE in Einbeck, die zu den weltweit führenden Unternehmen der Pflanzenzüchtung gehört.

„Wir züchten Sorten mit immer besserer Leistung, die stabile Erträge sowie hohe Qualitäten liefern“, erklärt der gebürtige Schwabe die Arbeiten in den verschiedenen Labors des Unternehmens, wo anhand von neuesten Erkenntnissen aus der Pflanzenzüchtung, Molekularbiologie und Saatgutforschung Kulturpflanzen verbessert werden.

Dafür, dass nach dem Abitur in seiner Heimatregion Augsburg seine Wahl auf die Agrarwissenschaften fiel, nennt er einen einfachen Grund: „Ich sehe halt gern etwas wachsen. Insofern verschafft mir auch meine Arbeit in einer Saatgutfirma, die ihrerseits permanent wächst und sich weiterentwickelt, tiefe Befriedigung.“

Im Labor hält er sich nur noch selten auf, aber auch so ist er über die Verfahren, mit denen dort an der Optimierung von Saatgut gearbeitet wird, bestens im Bilde. Schließ-lich hat er während seiner Diplomarbeit selbst mit Verfahren zur Erbgutanalyse gearbeitet. Diese Erkenntnisse vertiefte er im Rahmen seiner Doktorarbeit. Darin ging es um spezielle Verfahren zur Genomanalyse, was vor allem den Umgang mit sehr großen Erbgutstücken beinhaltete.

»

Ich sehe gern etwas wachsen.«

Michalek

Dr. Wolfgang Michalek
Leitung Laborservice der KWS SAAT SE

Auch wenn Wolfgang Michalek bedingt durch seine Tätigkeit inzwischen seit 15 Jahren in Niedersachsen lebt, pflegt er noch immer Verbindungen zum Wissenschaftszentrum in Weihenstephan.

Zum Beispiel gehörte die KWS zu den Forschungspartnern des Kompetenznetzwerks Synbreed, das von der Pflanzengenetikerin Professorin Chris-Carolin Schön am Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung koordiniert wurde (S. 18). Über die gemeinsamen Forschungsinteressen hinaus verbindet Michalek mit Weihenstephan auch seine persönliche Geschichte: Immerhin hat er dort seine Frau kennengelernt, mit der er zwei inzwischen fast erwachsene Söhne hat.

Birgit Fenzel

Wehrhafte Pflanze

Professor Ralph Hückelhoven arbeitet an neuen Ideen für nachhaltigen Pflanzenschutz. Er will die Immunität von Pflanzen verstehen und ihr Potenzial zur Selbstverteidigung gegenüber Bakterien und Pilzen optimieren. Die Nutznießer: Mensch und Natur.

»Nach und nach wurde deutlich, dass es Ähnlichkeiten zwischen pflanzlicher Immunität und der natürlichen Immunität von Mensch und Tier gibt.«

Hückelhoven

»

Wenn die Pflanzenzellen leuchten, wissen wir, dass die Pflanze den gesuchten Oberflächensensor hat.«

Hückelhoven

Prof. Ralph Hückelhoven

(1969*) forscht auf dem Gebiet der biologischen und molekularen Ursachen von Pflanzenkrankheiten. Im Zentrum des Interesses steht die natürliche Immunität der Pflanzen. Von spezieller Bedeutung sind dabei Transport- und Signalübertragungsprozesse in der Pflanze, in die Krankheitserreger zu ihrem Vorteil eingreifen. Die Arbeiten erfolgen auf allen Skalenebenen vom niedermolekularen Signal über die Zellbiologie bis hin zur Epidemiologie im Freiland. Nach dem Biologiestudium (RWTH Aachen) wurde Hückelhoven an der Universität Gießen promoviert (1999), wo er sich im Fach Molekulare Phytopathologie und Zellbiologie habilitierte (2005). Von 2002 bis 2006 leitete er eine unabhängige Nachwuchsgruppe der DFG zum Thema „Dauerhafte Krankheitsresistenz" der Gerste. Nach Angeboten der Universitäten Kiel und Hohenheim übernahm er 2006 den Lehrstuhl für Phytopathologie an der TUM in Weihenstephan. Er ist Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen phytopathologischen Gesellschaften und hat über 60 peer-reviewed Publikationen veröffentlicht.

Ralph Hückelhoven möchte die Pflanzenproduktion nachhaltiger machen: Das heißt weniger chemische Pflanzenschutzmittel bei zugleich höheren Erträgen auf den gleichen Anbauflächen, um eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Bestehende Naturreservate erhalten, statt sie für die Landwirtschaft zu opfern. Weniger Resistenzen von Schadorganismen gegen die eingesetzten Pflanzenschutzmittel und weniger Pflanzenschutzrückstände in Lebensmitteln. Ein Widerspruch? Nein, aber es bedarf visionärer Forschungsansätze.

Der begeisterte Zellbiologe und Agrarwissenschaftler Hückelhoven, Leiter des Lehrstuhls für Phytopathologie am WZW, verfolgt sie mit seinen Mitarbeitern geduldig und zielstrebig. Sein Augenmerk gilt der Frage, wie es möglich ist, die natürliche Immunität von Kulturpflanzen wie Weizen und Gerste gegenüber krank machenden Bakterien und Pilzen so zu optimieren, dass sie gegen Angriffe besser gewappnet sind, und zugleich ihre „Achillesfersen" unempfindlicher zu machen. „Wir müssen möglichst viele Schrauben identifizieren, an denen wir drehen können", sagt Hückelhoven. Kein einfaches Unterfangen, denn die Krankheitserreger verfügen über höchst raffinierte, im Laufe der Evolution entwickelte sogenannte Virulenzstrategien, mit denen sie Pflanzenzellen angreifen.

Oberflächensensoren sind der Schlüssel

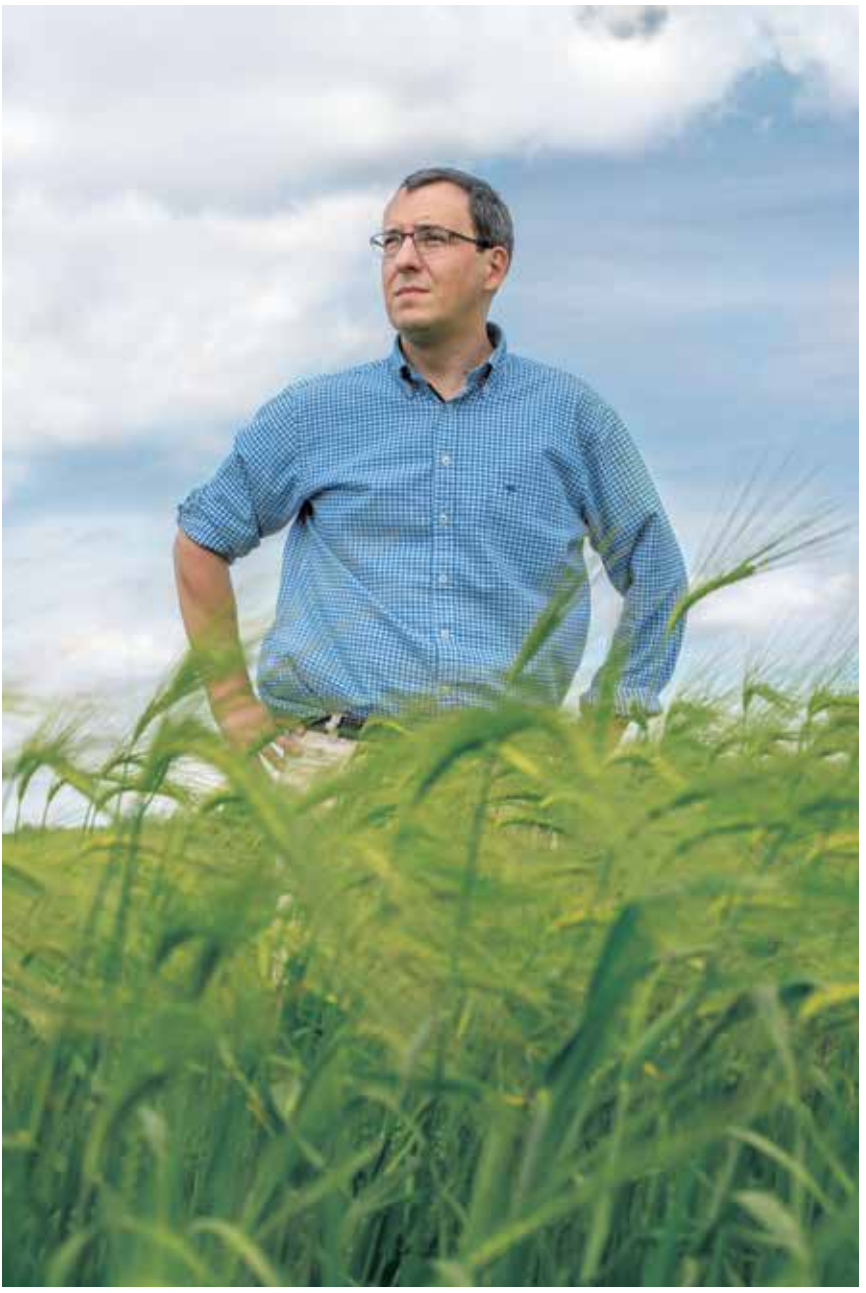
Pflanzen haben also so etwas Ähnliches wie ein Immunsystem? „Aber ja. Früher sprach man nur von Resistenz. Die Struktur der ersten Resistenzgene wurde vor mehr als 20 Jahren aufgeklärt. Nach und nach wurde deutlich, dass es Ähnlichkeiten zwischen pflanzlicher Immunität und der natürlichen Immunität von Mensch und Tier gibt", erzählt Hückelhoven. Ohne pflanzliche Immunität wäre unsere Welt nicht grün. Allerdings haben Pflanzen nur eine vererbte und umweltmodifizierte Immunität und nicht wie Wirbeltiere, zu denen der Mensch als höheres Säugetier gehört, auch eine erworbene Immunität. „Sie haben keine spezialisierten Immunzellen und Antikörper, wie wir sie im Laufe des Lebens zur Abwehr verschiedener Erreger bilden. Aber bei den Pflanzen sind dafür fast alle Zellen immunkompetent", sagt Hückelhoven. Jede einzelne Pflanzenzelle verfügt über eine Wachmannschaft im Ausguck, die Eindringlinge sofort erkennen kann. Ein Wachmann ist ein Protein, das als Oberflächensensor allgemeine molekulare Muster von potenziellen „Feinden" erkennen kann. In den Pflanzen selbst kommen diese kurz als PAMPs (pathogen-associated molecular patterns) bezeichneten Strukturen nicht vor. Erkennt der Oberflächensensor ein PAMP, meldet er dies umgehend über ein Boten-Enzym auf der Zellinnenseite und versetzt so die Pflanzenzelle in Alarmzustand.

Medizinische Anwendungen

Der erste pflanzliche Oberflächensensor wurde vor etwa 16 Jahren identifiziert. Er erkennt Flagellin, einen Hauptbestandteil der bakteriellen Fortbewegungsorgane. Wie groß die Bedeutung der Oberflächensensoren ist, zeigt die Tatsache, dass es 2011 für die Entdeckung eines tierischen Oberflächensensors den Nobelpreis gab. An Hückelhovens Lehrstuhl fanden seine inzwischen unabhängige Nachwuchsgruppenleiterin Dr. Stefanie Ranf und ihr Team 2015 einen ganz speziellen Oberflächensensor bei der Modellpflanze Ackerschmalwand (Arabidopsis thaliana). Mit ihm ist es Pflanzen, ähnlich wie Säugetieren, möglich, Bakterien anhand von Lipopolysacchariden (LPS) ihrer äußeren Hülle zu erkennen. „Die Evolution hat dieses Prinzip der Erkennung also zweimal – in Tieren und in Pflanzen – unabhängig voneinander hervorgebracht." Beide erkennen denselben Bestandteil des LPS, das Lipid A, das bei Menschen und Säugetieren zu einer lebensgefährlich überschießenden Immunantwort bei einer Sepsis führen kann.

Um den Oberflächensensor zu finden, nach dem weltweit rund 20 Jahre gesucht wurde, arbeitete Ranf mit sogenannten Reporter-Pflanzen. Sie enthalten ein Protein, das ein Leuchtsignal erzeugt, sobald der Sensor LPS feststellt. So fand sie Pflanzen mit defektem Sensor und konnte das Gen für diesen identifizieren. Der gesuchte Oberflächensensor ist ein Protein namens LORE. Er behält seine Funktion auch, wenn er auf Nicht-Kreuzblütler-Pflanzen übertragen wird.

Suche nach einem Oberflächensensor, der den Bakterienbestandteil LPS erkennt. Die Messplatte enthält sogenannte Reporter-Pflanzen der Ackerschmalwand. Sie enthalten ein Protein, das ein Leuchtsignal erzeugt, falls ihr Sensor auf LPS anspricht.



Links oben: Die im Versuch identifizierten Ackerschmalwand-Pflanzen mit defektem Oberflächensensor werden in Erde umgesetzt und später mit anderen Ackerschmalwand-Pflanzen gekreuzt.
Links: Sobald die Ackerschmalwand-Pflanzen blühen, sammeln die Forscher ihre Samen.

Rechts: Hückelhoven forscht aktuell an Kulturpflanzen wie der Gerste. Hier prüft er im Versuchsfeld Ähren auf Pathogenbefall.
Unten: Symptome des Echten Gerstenmehltaus auf der Gerste

Der Pflanzensensor ist zwar anders gebaut als bei Säugetieren, erkennt aber sogar das LPS bestimmter Bakterien, die beim Menschen Krankheiten hervorrufen können. „Wenn es gelänge, aus dem Oberflächensensor jenen Baustein zu isolieren, der das LPS binden kann, dann könnte man ihn vielleicht pharmakologisch weiterentwickeln. Er könnte gegebenenfalls LPS einfangen und seine fatale Wirkung im Körper abschwächen."

Abwehr optimieren

Hückelhoven arbeitet aktuell hauptsächlich an Oberflächensensoren in der Kulturpflanze Gerste als Modell für den genetisch komplizierteren Weizen. Er forscht aber auch an Weizen, Kartoffeln und Mais. „Da mittlerweile das Genom vieler Pflanzen entschlüsselt ist, können wir schauen, ob die in Modellpflanzen wie Ackerschmalwand oder in Wildpflanzen gefundenen Oberflächensensoren in ähnlicher Form in Kulturpflanzen vorkommen." Ist der Sensor in der Kulturpflanze nicht präsent, wäre es denkbar, das zugehörige Gen zu übertragen. „Dieser transgenetische Ansatz ist in Deutschland aber wenig akzeptiert." Alternativ versuchen Forscher, die natürliche Vielfalt etwa in Wildgersten zu nutzen, um die optimalen Oberflächensensoren von Pilz- und Bakterienstrukturen zu finden und in moderne Sorten einzukreuzen.

Achillesfersen machen anfällig

Doch Pflanzen werden trotz ihrer Oberflächensensoren krank. „Pflanzen haben so etwas wie Achillesfersen, wo sie durch Pathogene wie den Echten Mehltau angreifbar sind. Die Pathogene haben sich an die pflanzliche Immunität angepasst und in der Evolution Eigenschaften erworben, um diese zu überwinden", sagt der Phytopathologe. Hückelhoven will diese pflanzlichen Achillesfersen weniger angreifbar machen. Denkbar wäre es, ein Gen für anfällige Strukturen durch Variationen des Gens (Allele) zu ersetzen, die sich bei gleicher Funktion in der Natur besser bewährt haben. Eine gute Quelle ist auch hier der Genpool von Wildpflanzen. Das Ganze ist noch ein relativ neuer Ansatz. „Sind weniger chemische Pflanzenschutzmittel notwendig, verringert sich das Risiko, dass sich beispielsweise Pilze anpassen."

Feindliche Übernahme durch Pilze

Hückelhofen kam als Zellbiologe zur Agrarwissenschaft. Diese Kombination ist ein echter Glücksfall, denn die zellbiologischen Kenntnisse sind notwendig, um all jene Vorgänge aufzuklären, die die Oberflächensensoren beim Versuch einer feindlichen Übernahme durch Pilze oder bei einem Bakterienangriff auslösen. Der Oberflächensensor schlägt Alarm. Die Abwehrkräfte werden sofort mobilisiert, Wasserstoffperoxid wird produziert und der Stoffwechsel aktiviert. Die Pathogene wie der Mehltau verfügen ihrerseits über schlagkräftige Waffen. Es sind sogenannte Virulenzfaktoren, die heute über die Entschlüsselung ganzer Genome der Pathogene identifiziert werden können. Das sind meist kleine Eiweiße, die den Oberflächensensor im einfachsten Fall „kaltstellen". Sie blockieren jenes Enzym, das die Nachricht des Sensors ins Zellinnere übertragen soll. Kein Warnsignal, keine Abwehr.

Für den Mehltaupilz ist es wichtig, dass die Zelle überlebt. Er beutet die Pflanzenzelle aus, indem er die Infrastruktur und physiologischen Prozesse der Zelle kontrolliert. Das dient dazu, sein Ernährungsorgan, das Haustorium, in einer Pflanzenzelle zu etablieren, die den Pilz dann unfreiwillig mit Nährstoffen versorgt, bis der genug Sporen gebildet hat und sie „ausgelaugt" ist. „Wenn wir die Angriffspunkte des Pilzes in der Pflanze kennen, dann können wir sie künftig durch widerstandsfähigere, natürlich vorkommende Strukturen oder die dazugehörigen Gene ersetzen", erzählt Hückelhoven. Die Forscher haben Proteine in der Gerstenzelle identifiziert, die sich der Pilz bei seiner feindlichen Übernahme zunutze macht. Die Proteine können eventuell so verändert werden, dass der Pilz besser abgewehrt wird.

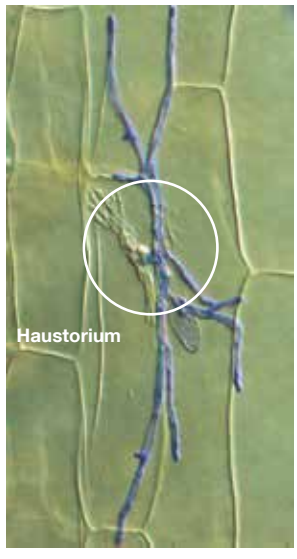
Je vielfältiger die Mechanismen sind, die eingesetzt werden, um das Pathogen an seiner Entwicklung auf der Pflanze zu hindern, desto schwieriger ist es wiederum für das Pathogen, sich daran anzupassen. So soll es gelingen, durch genetischen Pflanzenschutz Kulturpflanzen mit einer stabilen Widerstandsfähigkeit gegen Krankheitserreger auszustatten und damit einen Beitrag zur Nachhaltigkeit der Pflanzenproduktion zu leisten.

Gerlinde Felix

»

Pflanzen haben so etwas wie Achillesfersen, wo sie durch Pathogene wie den Echten Mehltau angreifbar sind.«

Hückelhoven



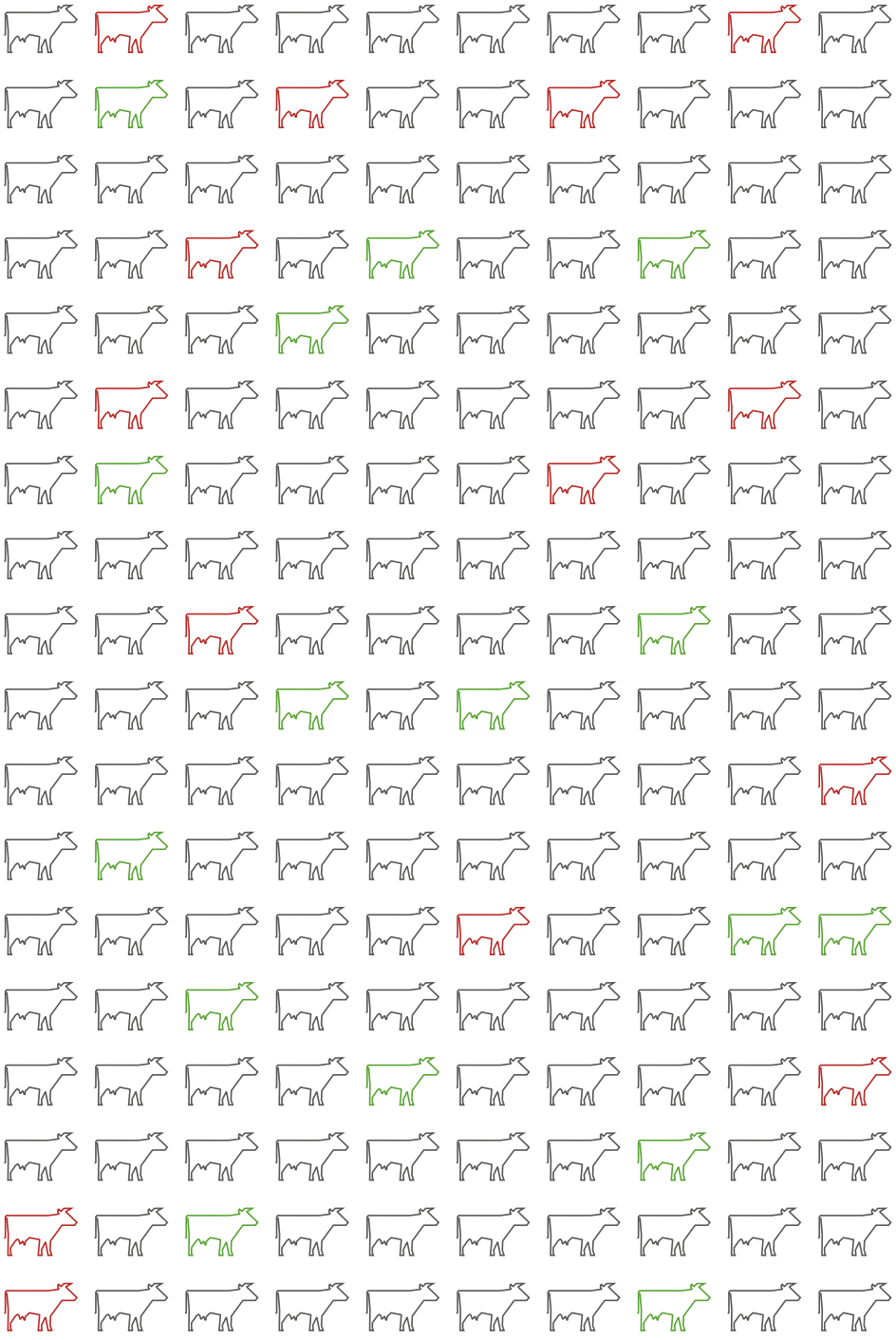
Unten:
Lichtmikroskopische Aufnahme des Echten Gerstenmehltaupilzes (blau) auf der Epidermis der Gerste. Das Ernährungsorgan des Pilzes (Haustorium) ist die einzige Struktur des Pilzes, die in die Pflanzenzelle eindringt.

Generalinventur im Rindergenom

Professor Ruedi Fries hat Daten von Zehntausenden von Rindern gesammelt und ausgewertet. Bei seiner Generalinventur des Rindergenoms wurde deutlich, wie schlecht es um die Tiergesundheit steht: Nur ein geringer Prozentsatz aller Milchkühe ist vollständig gesund.

Prof. Hans Rudolf (Ruedi) Fries

studierte Agrarwissenschaft an der ETH Zürich und wurde an der ETH promoviert. Stipendien des Schweizerischen Nationalfonds ermöglichten ihm 1983 einen Forschungsaufenthalt am Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center, USA, und 1984/85 an der Yale University, USA. Fries habilitierte sich 1993 an der ETH Zürich und war dort als Oberassistent und Dozent tätig. 1995 wurde er auf den Lehrstuhl für Tierzucht am WZW berufen.



Gewebeproben werden auf Genmarker hin untersucht.

Mit genetischen Fingerabdrücken macht Ruedi Fries, Inhaber des Lehrstuhls für Tierzucht am WZW, Zuchterfolge vorhersagbar. In den vergangenen Jahren hat der Genomforscher mit seiner Gruppe und in weltweiten Kollaborationen Daten von Zehntausenden von Rindern gesammelt und ausgewertet. Bei seiner Generalinventur des Rindergenoms geht es ihm keineswegs nur um die Steigerung von Muskelmasse oder Milchertrag. Die Tiergesundheit hält er für mindestens ebenso wichtig. Denn um die steht es momentan im Stall und auf der Weide nicht zum Besten – oder wie er selbst sagt: „Nur ein geringer Prozentsatz aller Milchkühe ist vollständig gesund."

Nach Fruchtbarkeitsstörungen verursacht vor allem die Mastitis die größten Probleme in der Milchviehhaltung. Neben Kosten für die Halter führt sie zu massivem Antibiotikaeinsatz und Tierleid. Zwar ist Euterentzündung keine Erbkrankheit im eigentlichen Sinn, da sie bakterielle Ursachen hat. Sie kann aber dennoch durch gezielte züchterische Auswahl eingegrenzt oder sogar ausgeschlossen werden. Denn die Resistenz gegenüber dem Mastitiserreger ist auch eine Frage der genetischen Veranlagung und gehört schon seit Langem in den Katalog der Selektionsziele in den Zuchtprogrammen. Allerdings erwiesen sich die züchterischen Bemühungen der letzten Jahrzehnte, auf konventionellem Weg dieses Problem zu lösen, als nicht sonderlich fruchtbar.

„Das liegt an der Schwierigkeit, das Potenzial eines Zuchtbullen mit den herkömmlichen Methoden sicher zu bestimmen", sagt Fries. Ob ein Bulle beispielsweise die Eutergesundheit weitergibt, zeigt sich erst, wenn seine Töchter nach dem ersten Kalb mit der Milchproduktion beginnen. Auch werden nicht alle Merkmale gleich gut vererbt.

Während die Milchleistung zu den eher leicht vererbbaren Merkmalen gehört – was auch die großen Zuchterfolge erklärt –, trifft das speziell auf die Merkmale Fitness und Gesundheit der Tiere nicht zu.

„Um den Zuchtfortschritt zu maximieren, ist es jedoch notwendig, möglichst frühzeitig im Leben eines Tieres mit größter Sicherheit seinen genetischen Wert zu schätzen", meint Fries, dem dies mit einem Mix aus molekularbiologischen Methoden und Mathematik gelingt. Dafür braucht er nur wenige Haare, ein paar Milliliter Blut oder Sperma.

Um die Stelle im Genom zu finden, die für das gesuchte Merkmal wichtig ist, nimmt er zunächst die Sequenzierung der DNA aus den Proben vor. Dazu steht ihm in Weihenstephan das modernste Gerät zur Verfügung, das momentan für diese Zwecke existiert. „Anders als mit seinem Vorgänger, mit dem das menschliche Genom erstmals sequenziert wurde, können wir mit diesem Gerät große Anzahlen von Sequenzierungen parallel durchlaufen lassen", begeistert sich der Züchtungsforscher. Dadurch verkürzen sich nicht nur die Zeiten für die Sequenzierung eines kompletten Genoms. Durch die neue Technik reduzieren sich auch die Kosten.

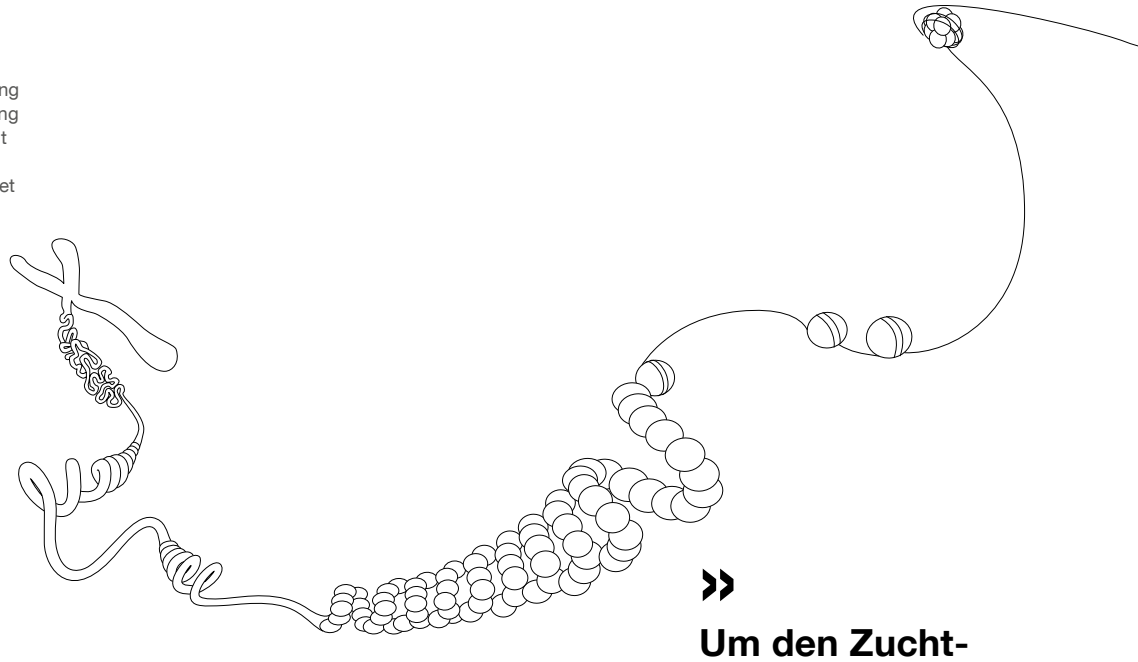
Genanalysen zeigen Erbanlagen auf

Die Suche der Wissenschaftler gilt den kleinen Unterschieden im Erbgut eines Rindes. Diese minimalen, durch Mutationen entstandenen Besonderheiten in der Blaupause des Lebens könnten die Träger gewünschter Eigenschaften sein. Für ihre Detektivarbeit verwenden die Forscher Genmarker – das sind winzige DNA-Abschnitte mit hohem Wiedererkennungswert. Mit ihnen lassen sich bestimmte Gene lokalisieren. Den Rest erledigen die Wissenschaftler mit statistisch-genetischen Verfahren, die sie speziell für

»

Für uns sind Tiergesundheit und Tierwohl Werte an sich.«

Fries

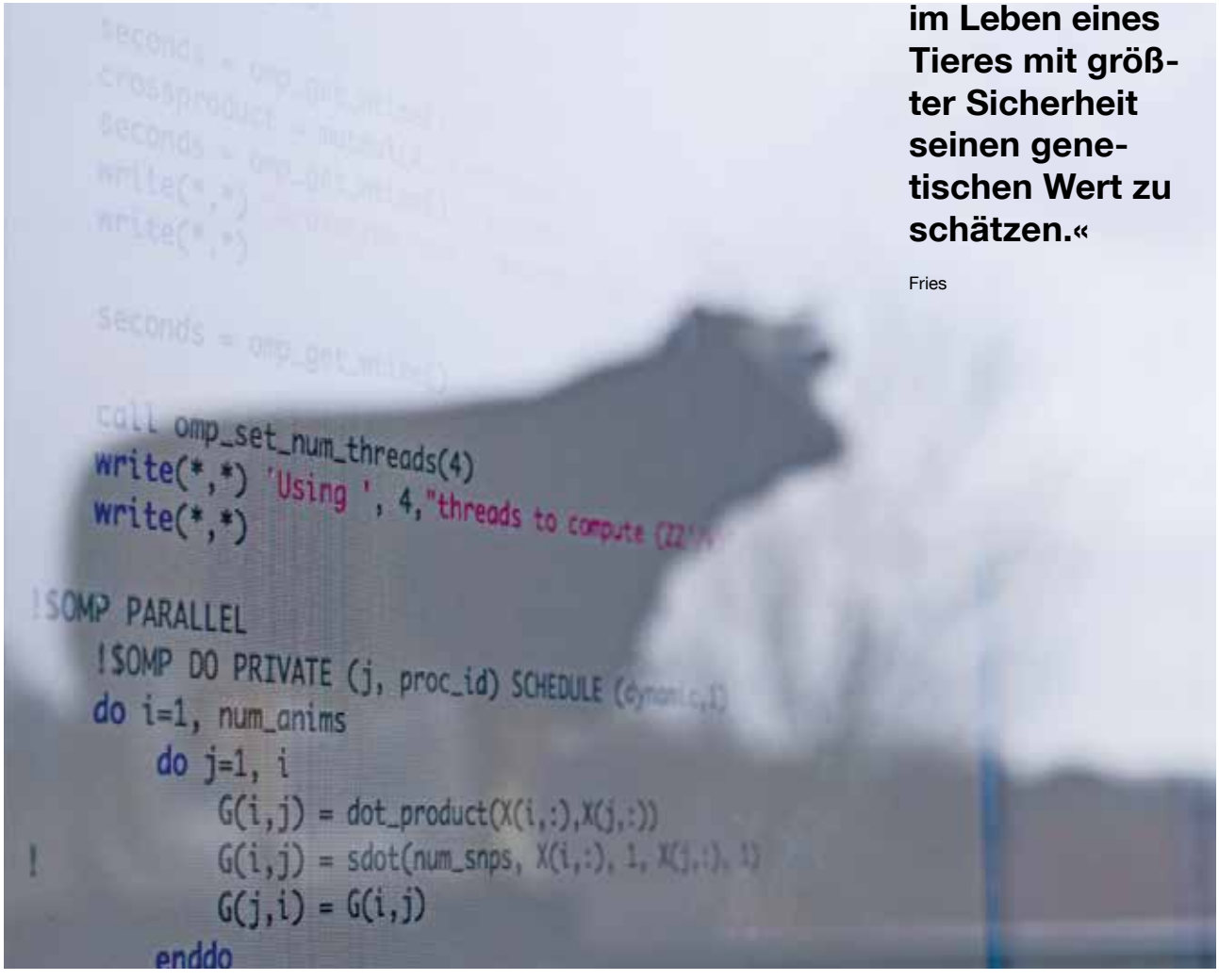


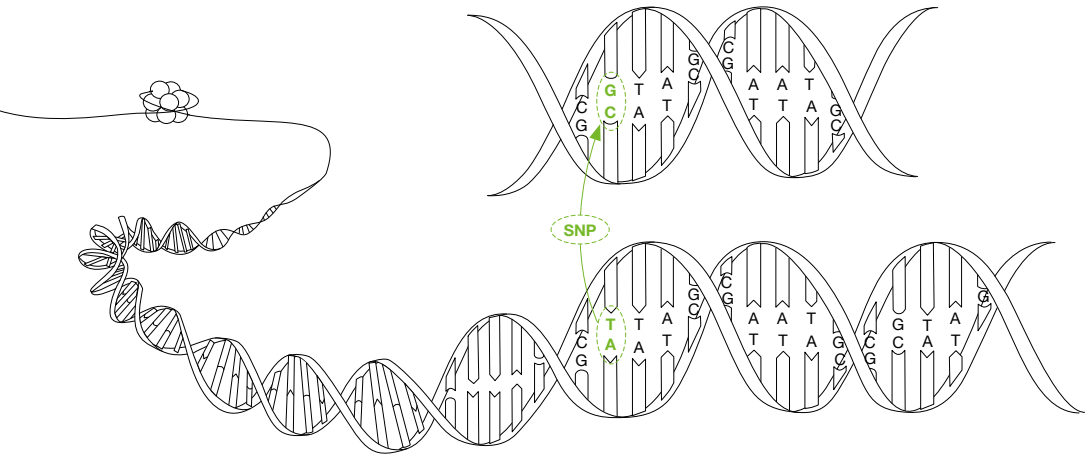
Dicht gepackt: Vor der Zellteilung konzentriert sich der DNA-Strang in Chromosomen. Dabei wickelt sich die DNA-Doppelhelix um Proteine (Histone) und verdichtet sich zu einer Kette von Nukleosomen.

»

Um den Zuchtfortschritt zu maximieren, ist es jedoch notwendig, möglichst frühzeitig im Leben eines Tieres mit größter Sicherheit seinen genetischen Wert zu schätzen.«

Fries





Kleine Unterschiede mit großer Wirkung: Die Genomforschung zeigt, wie sich der Austausch einzelner DNA-Bausteine – sogenannter Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) – zum Beispiel in den Züchtungserfolgen von Bullen spiegelt.

ihre Fragestellungen entwickeln. Durch statistische Berechnungen erhalten sie das spezielle Verteilungsmuster dieser markierten Schnipsel in der Sequenz. Diesen genetischen Fingerabdruck vergleichen sie anschließend mit den Genomdaten von Bullen, deren Töchter bereits zur Überprüfung vorhandener Merkmale hinzugezogen werden konnten. Auf diese Weise erhalten die Weihenstephaner Züchtungsforscher ein Ergebnis, mit dem sie schon zum Zeitpunkt der Geburt die Erbanlagen eines Jungtieres mit großer Genauigkeit bestimmen können.

In den vergangenen sieben Jahren haben die Weihenstephaner Züchtungsforscher von Tausenden Fleckviehbullen solche genetischen Fingerabdrücke erstellt. Die Arbeit erfolgte in enger Zusammenarbeit mit Züchtern der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und Rinderzucht Austria. Als zentrale Anlaufstellen in Bayern und Österreich für die Zuchtbullenregistrierung dieser Rasse erheben sie genau definierte Merkmale für jedes einzelne Tier, schätzen Zuchtwerte und veröffentlichen sie in einem Zuchtwertkatalog.

Gene für Erbkrankheiten identifiziert

Auf der Grundlage dieser Daten konnten die Forscher bereits erfolgreich die genetischen Grundlagen einer Reihe wichtiger Selektionsmerkmale bestimmen. So haben sie schon vor geraumer Zeit die Genabschnitte ausfindig gemacht, die beim Fleckvieh für die dunkle Fellfärbung an den Augen zuständig sind, die als natürliche Sonnenbrille vor Krebserkrankungen durch UV-Strahlung schützt. Außerdem ist es den Wissenschaftlern allein in den vergangenen fünf Jahren gelungen, die Gene und ihre Lage in der DNA für sieben von acht beim Fleckvieh vorkommende Erbkrankheiten zu identifizieren. „Wir müssen uns daran gewöhnen, dass es kaum einen Bullen gibt, der nicht Träger eines bekannten oder noch unbekannten Erbdefekts ist. Das trifft für alle Rinderrassen zu“, sagt Fries. Übrigens fanden die Weihenstephaner Züchtungsforscher unlängst auch für Mastitisanfälligkeit zuständige Stellen im Erbgut.

Bei seiner Forschung arbeitet Ruedi Fries schon lange eng mit Landwirten und Forschungsanstalten zusammen. Um höhere Sicherheiten bei den Zuchtwerten zu erzielen, hält er es allerdings für dringend notwendig, den Anteil der Betriebe weiter zu steigern und mehr Diagnosedaten zu erfassen. „Vielleicht wird es bald Routine, bei der Geburt eines Kalbes sofort dessen gesamtes Erbgut zu analysieren und in einer Datenbank zu sammeln“, hofft er. Der Zugang zu möglichst detaillierten genetischen Informationen über jedes einzelne Tier im Stall biete nicht nur eine solide Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der besten Kreuzungspartner, sondern auch für die individuelle Betreuung der Tiere. „Wenn sie die in der Erbsubstanz angelegten Stärken und Schwächen kennen, können die Landwirte viel gezielter auf die besonderen Bedürfnisse des einzelnen Tieres eingehen“, meint Fries. Auch die Arbeit von Tierärzten würde sich im Kuhstall 4.0 deutlich vereinfachen. Das Wissen über Erbdefekte oder Anfälligkeiten einer Kuh für Krankheiten ermöglicht über die gezieltere Behandlung in Form einer personalisierten Medizin hinaus eine verbesserte Prävention von Krankheiten. „Damit hätten wir eines unserer Hauptziele erreicht“, stellt Fries fest. Wobei er die Tiergesundheit nicht auf ihren alleinigen ökonomischen Nutzen beschränken will. „Für uns sind Tiergesundheit und Tierwohl Werte an sich.“

Birgit Fenzel

Ob ein Bulle beispielsweise die Eutergesundheit weiter gibt, zeigt sich erst, wenn seine Töchter nach dem ersten Kalb mit der Milchproduktion beginnen.

Kleine Schnitte mit großer Wirkung

Gentechnische Verfahren ermöglichen bereits seit mehreren Jahrzehnten den Eingriff in den Bauplan von Tieren und Pflanzen. Bisher waren die klassischen Methoden allerdings langwierig, kostspielig und mit großem Aufwand verbunden. Zu effizienteren Ergebnissen kommt die Biotechnologin Professor Angelika Schnieke.

Prof. Angelika Schnieke

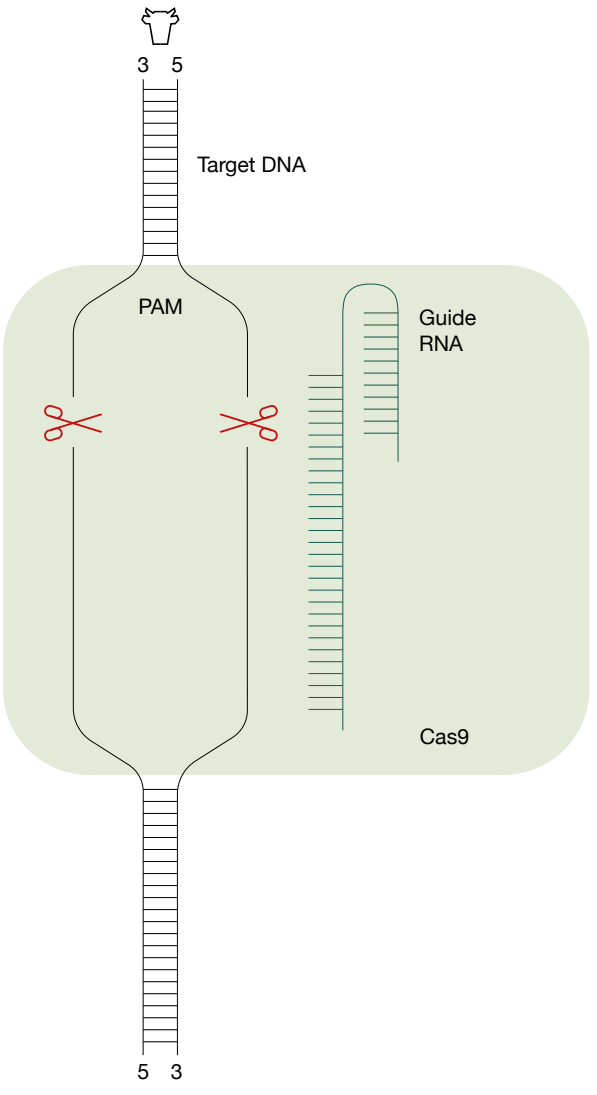
studierte Bio-Ingenieurwesen in Hamburg und promovierte in Medizin an der University of Edinburgh. Nach ihrem Studium war sie an nationalen und internationalen Forschungsinstituten tätig (Heinrich-Pette Institut, Hamburg, Whitehead Institute, MIT, Boston, Ludwiginstitut, Bern, sowie Colorado State University). Bevor sie 2003 ihre Tätigkeit als Leiterin des Lehrstuhls für Biotechnologie der Nutztiere am WZW antrat, arbeitete sie für die Biotechnologiefirma PPL Therapeutics, Edinburgh, zunächst als Head of Molecular Biology, später als Assistant Director of Research. Zu ihren wichtigsten wissenschaftlichen Errungenschaften gehört ihre Arbeit am somatischen Zelltransfer für das „Klonschaf" Dolly und die Produktion des ersten Nutztiers durch gezielte Genmanipulation. Am 30. September 2016 endet ihre 3-jährige Amtszeit als Dekanin des WZW.

An ihrem Lehrstuhl am WZW verändert Angelika Schnieke mithilfe moderner gentechnischer Werkzeuge das Erbgut von Tieren, um Tiermodelle zur Diagnose oder Behandlung menschlicher Krankheiten zu gewinnen. Sie arbeitet aber nicht mit gentechnisch veränderten Mäusen, sondern überwiegend mit Schweinen. Im Interview erklärt Schnieke, wie sie direkt im Erbgut der Tiere Merkmale einfügen oder ausradieren kann. Auch verrät sie, welche großen Chancen die buchstäblich einschneidenden Verfahren des Gene Editings über die Biomedizin hinaus für die landwirtschaftliche Praxis bieten.

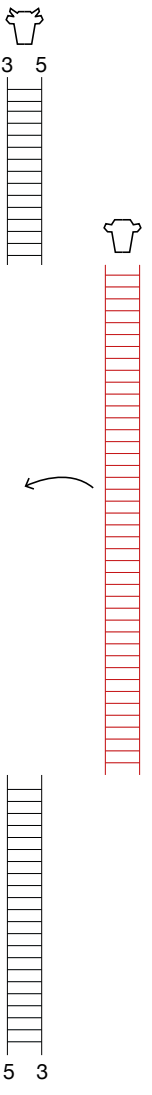
Wo liegen die Vorteile des Gene Editings gegenüber traditioneller Zucht?
Wir können viel gezielter vorgehen. Es kommt vor, dass manchmal auf dem Genom positive in direkter Nachbarschaft mit negativen Merkmalen liegen. Wegen dieser Nähe werden sie immer zusammen vererbt. Wir aber können mit unseren Methoden das negative Merkmal auslöschen. Das ist eine ganz andere Art, Züchtung zu denken. Denn die Tiere geben ihre neuen Merkmale auf ganz normalem Weg an ihre Nachkommen weiter, wie es nach einer natürvlichen Mutation in ihrem Genom auch geschehen würde.

So ist Ihnen bei Ihren Schweinen, die sie für die Xenotransplantation züchten, ein großer Erfolg gelungen. Bislang scheitern Organtransplantationen von Tieren auf Menschen daran, dass die tierischen Spenderorgane vom menschlichen Organismus abgestoßen werden. Was haben Sie verändert?
Ein Problem bei der Transplantation von Organen von Tieren auf Menschen ist, dass Tiere in ihren Zellen Zuckermoleküle besitzen, die im menschlichen Organismus nicht vorkommen. Bei einer Transplantation aktivieren die Zuckermoleküle das Immunsystem, sodass es zu einer Abstoßungsreaktion kommt. Wir haben die Tiere molekularbiologisch so verändert, dass sie dieses Zuckermolekül nicht mehr besitzen.

Dabei sind Veränderungen des Erbguts an sich nichts Neues. Sie arbeiten selbst seit Beginn Ihrer Karriere mit klassischer Gentechnik.
Stimmt. Letztes Jahr wurde die genetische Modifikation beim Nutztier 30 Jahre alt. Tatsächlich konnten wir schon mit unseren alten Methoden die DNA verändern, zum Beispiel indem wir mit Mikroinjektionen neue Gene zum Erbgut hinzufügten oder Veränderungen gezielt in die Gene des Tieres einbrachten. Letzteres war möglich seit dem Klonschaf Dolly, also seit 20 Jahren. Seitdem können wir in tierische Zellen gezielt eingreifen, und diese Zellen können dann zum Klonieren von Nutztieren eingesetzt werden. Was jetzt in den letzten Jahren dazugekommen ist und wofür sich auch die Tier- und Pflanzenzüchter interessieren, ist das Gene Editing, das manchmal auch molekulare Scheren genannt wird. Dadurch geht es jetzt einfacher, präziser und schneller.



1)



2)

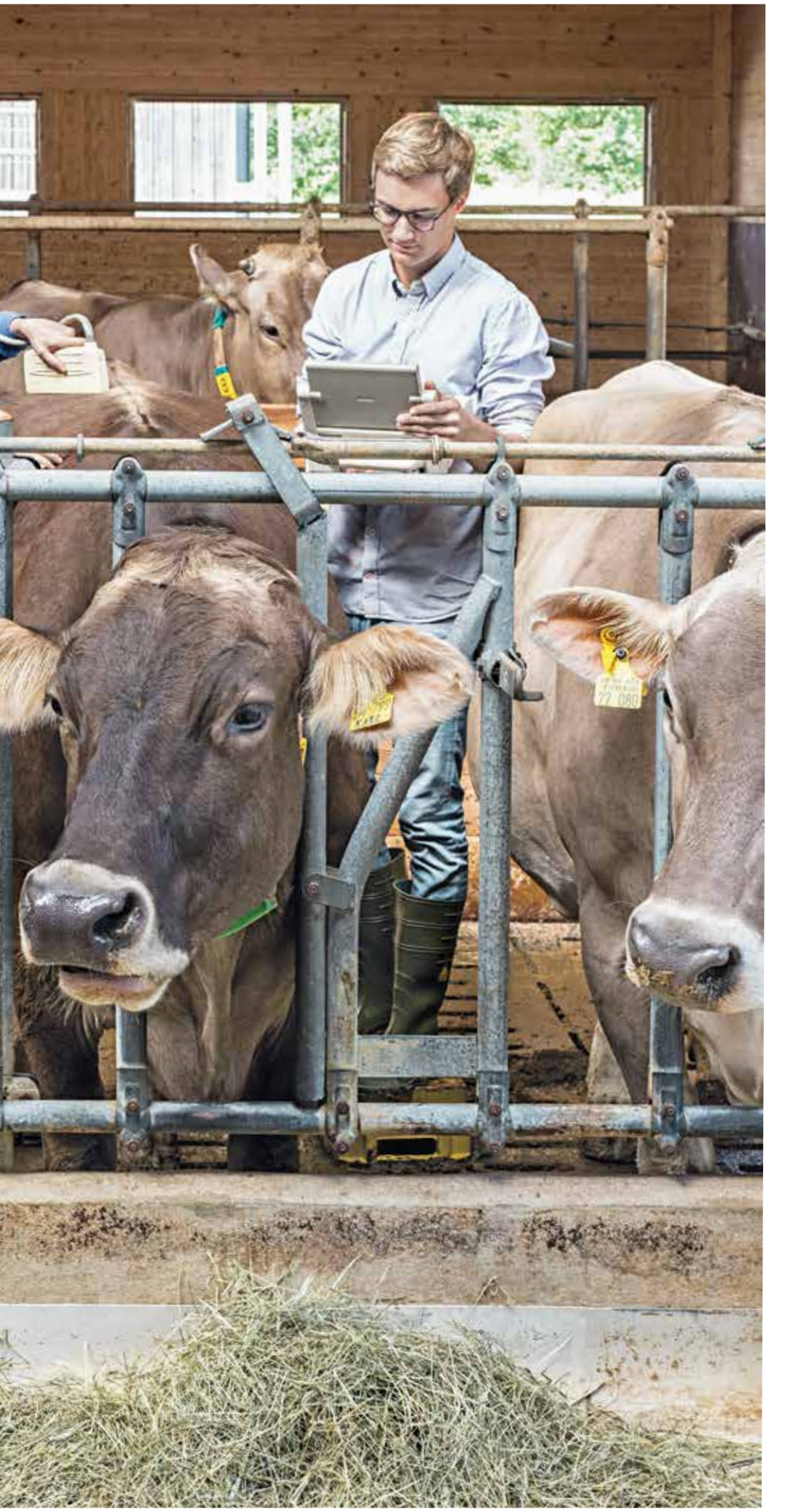
CRISPR/Cas9 – eine präzise DNA-Schere:
Um die DNA an einer ganz bestimmten Stelle zu schneiden, stellen Wissenschaftler im Labor ein Konstrukt her, das für eine sogenannte Guide-RNA codiert. Diese fügen sie zusammen mit dem Enzym Cas9, das als DNA-Schere funktioniert, in die Zelle ein. Die Guide-RNA bindet an Cas9 und leitet das Enzym genau an die Stelle, wo die Ziel-DNA geschnitten werden soll (1).

Die Zelle versucht, die DNA an dieser Stelle zu reparieren. Dabei können einzelne Basen der DNA verloren gehen. Die Wissenschaftler können also versuchen, durch Schnitte an einer bestimmten Stelle gezielt Merkmale auszuschalten. Sie können aber auch versuchen, neue Merkmale in die DNA einzubringen: Dann fügen sie in die Zelle zusätzlich eine DNA-Sequenz für ein bestimmtes Merkmal ein, beispielsweise dafür, keine Hörner auszubilden. Diese neue Sequenz kann bei der Reparatur an der Schnittstelle in die DNA integriert werden (2).

»

Nun gibt es von Natur aus Rinder mit Hörnern und solche ohne. Bei der Hornlosigkeit handelt es sich um eine natürliche Mutation, die auch vererbt wird. Nachdem über Sequenzierung herausgefunden wurde, welches Gen dafür verantwortlich ist, wurde jetzt mittels Gene Editing diese natürliche Mutation nachgeahmt.«

Schnieke



Die Zauberformel heißt in diesem Fall CRISPR/Cas9. Dieses Kürzel steht für eine neue molekulare Methode, mit der sich DNA gezielt schneiden und verändern lässt. Wie funktioniert Ihr molekulares Präzisionsskalpell?
Wir können das CRISPR/Cas9 so einsetzen, dass es bestimmte Sequenzen in der Basenfolge der DNA erkennt. Wenn wir sie mit unseren gentechnischen Verfahren in die Zelle einbringen, wandern sie an die richtige Stelle und schneiden punktgenau die beiden DNA-Stränge durch. Mit dieser Methode können wir einzelne DNA-Bausteine austauschen und DNA-Bausteine entfernen oder abschalten. Anders als früher wird keine Fremd-DNA hinterlassen, es kann genauso sein wie eine natürliche, zufällige Mutation oder Genvariante. Allerdings ist die Mutation hier gezielt herbeigeführt.

Welche Anwendungsmöglichkeiten sehen Sie für die landwirtschaftliche Nutzung?
Ein Beispiel, das schon realisiert wurde, ist das Horn bei den Rindern. Da ist es gängige Praxis, den Kälbern den Hornansatz auszubrennen, was für die Tiere mit Schmerzen verbunden ist. Nun gibt es von Natur aus Rinder mit Hörnern und solche ohne. Bei der Hornlosigkeit handelt sich um eine natürliche Mutation, die auch vererbt wird. Nachdem über Sequenzierung herausgefunden wurde, welches Gen dafür verantwortlich ist, wurde mittels Gene Editing diese natürliche Mutation nachgeahmt. Der einzige Unterschied ist, dass dies nicht zufällig passierte, sondern gezielt herbeigeführt wurde und so auch bei Rinderrassen möglich ist, bei denen Hornlosigkeit nicht natürlich vorkommt. In der Landwirtschaft geht es darum, eine Balance zwischen Produktion und Tierwohl/Tiergesundheit zu schaffen. Neben der Züchtung kann das Gene Editing ein Werkzeug sein, unerwünschte Merkmale gezielt zu eliminieren oder positive Merkmale einzubringen.

Auch Umweltbedingungen stellen die Tierzucht und Landwirtschaft vor neue Herausforderungen. Wo sehen Sie da Ihren Beitrag?
Mit dem Klimawandel kommen neue Krankheiten, die es bei uns noch nicht gab. Wir brauchen deshalb Tiere, die dagegen resistent sind. Ein Beispiel ist das Afrikanische Schweinefieber, das ursprünglich, wie der Name schon sagt, in Afrika vorkam, jetzt aber immer weiter Richtung Norden wandert. Sequenziert man die Schweine in Afrika, die schon resistent sind, und findet die genetische Ursache dafür heraus, können wir mit unseren Methoden die Resistenz direkt hier auf unsere Schweinerassen übertragen. Auch hier und bei anderen Infektionserkrankungen gibt es bereits erste experimentelle Ansätze, dies zu verwirklichen.

Noch wird es einige Zeit dauern, bis mit CRISPR editierte Produkte auf den Markt kommen. Doch werfen sie Fragen auf, die über die Anwendungsmöglichkeiten hinaus den Kern der Gesellschaft treffen.

Die Frage ist: Wie gehen wir damit um? Sind Tiere oder Pflanzen genetisch modifiziert, wenn die Ergebnisse auch durch eine natürliche Mutation hätten entstehen können oder sogar identisch mit einer natürlichen Mutation sind? Eine andere Frage ist: Wie können wir das regulieren und was regulieren wir? Wenn Nahrungsmittel von Pflanze oder Tier mit einer natürlichen Mutation – zum Beispiel Hornlosigkeit – als sicher angesehen werden und vermarktet werden dürfen, gilt dies dann auch für die gleiche Veränderung, die gezielt eingebracht wurde? Im Augenblick fragen sich noch alle: Was machen wir jetzt? Dabei ist es auf jeden Fall so, dass die Entwicklung schon so weit ist, dass eine Lösung gefunden werden muss.

Könnte Ihr Lehrstuhl zur Lösung dieses Problems beitragen?
Ganz klar. Indem unsere Absolventen über das notwendige Know-how verfügen, könnten sie in die Gremien, die sich mit ethischen Fragen der Gentechnik im Allgemeinen oder der Zulassung von Lebensmitteln im Besonderen befassen, als Berater das notwendige Fachwissen einbringen. Schließlich sollte man, um Gesetze zu erlassen, die Grundlagen dessen verstehen, um das es in der Sache geht. Und das lernen Studierende hier.

Birgit Fenzel

»
Wenn Nahrungsmittel von Pflanze oder Tier mit einer natürlichen Mutation – zum Beispiel Hornlosig-keit – als sicher angesehen werden und vermarktet werden dürfen, gilt dies dann auch für die gleiche Veränderung, die gezielt eingebracht wurde?«

Schnieke

HEZ International

Wo Agrarwissenschaftler der TUM weltweit forschen

Laufende Projekte

Lehrstuhl für Produktions- und Ressourcenökonomie
- PARI: Forschung zu nachhaltigem Wachstum der Landwirtschaft und für Ernährungssicherung, Benin
- Studentenaustauschprogramm und gemeinsame Projektentwicklung, Indien

Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie
DAAD Qualitätsnetz Biodiversität, Kenia, Tansania

Lehrstuhl für Bodenkunde
Sicherung der Agrarkulturproduktivität durch Verbesserung der Wasserkapazitäten von Böden, Frankreich

Lehrstuhl für Tierzucht
1000-Rinder-Genom-Projekt, Australien

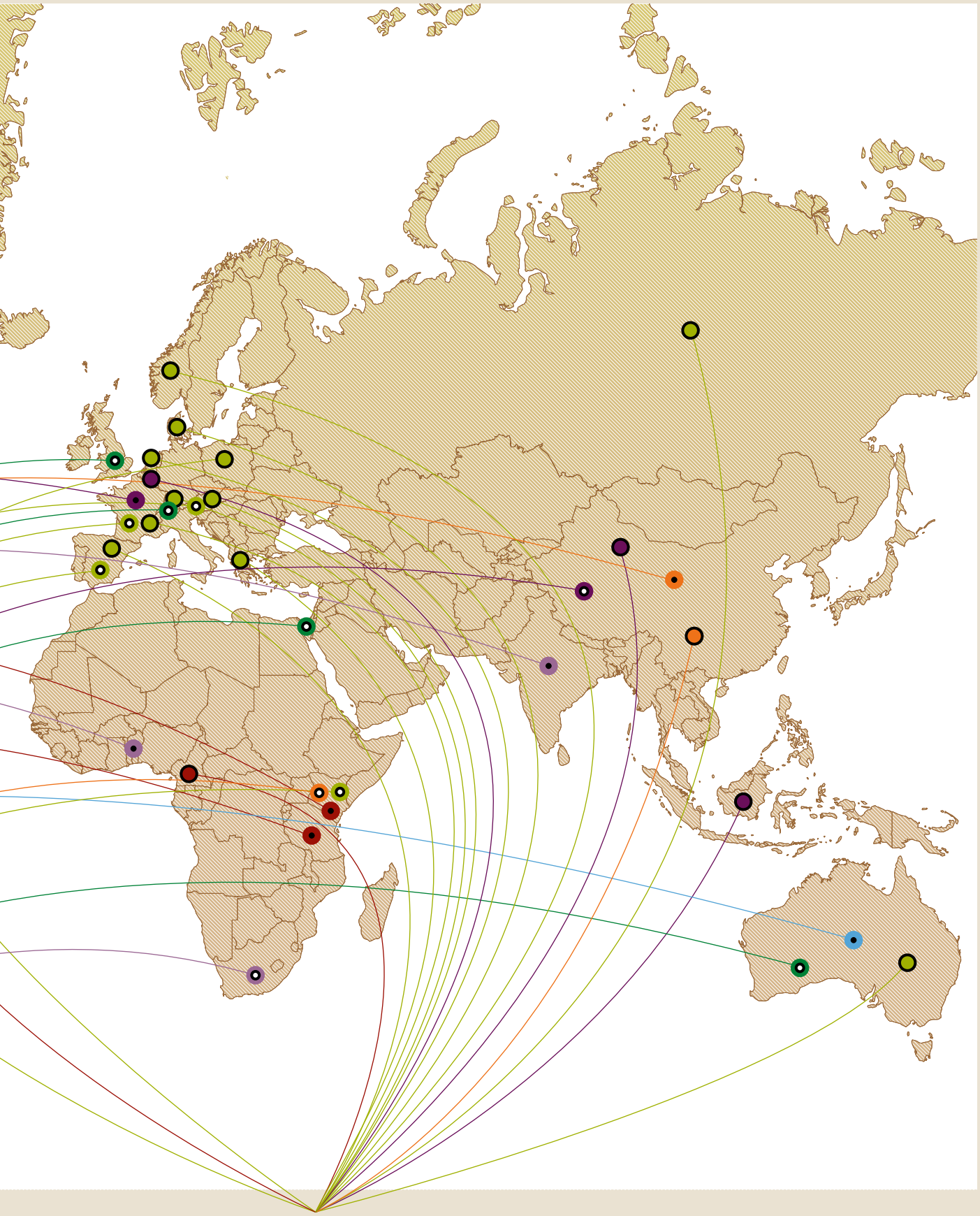
Lehrstuhl für Tierernährung
Pinienpollen als Förderer der Darmgesundheit landwirtschaftlicher Nutztiere, China

Geplante Projekte

Lehrstuhl für Tierphysiologie und Immunologie
- Rolle der T-Zellen bei Virusinfektionen, USA, Australien, Schweiz
- Mechanismen in Zellen bei Infekten oder Tumoren, USA, Australien, Schweiz, Israel
- Rolle der T-Zellen bei Autoimmunerkrankungen, USA, Australien, Großbritannien

Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung
- MAZE: Diversität aus Mais-Landrassen, USA, Spanien, Österreich, Frankreich, Kenia
- Feldversuch MAZE, Spanien

Lehrstuhl für Produktions- und Ressourcenökonomie
Kooperation, um neue Forschungsprojekte zu entwickeln, Südafrika



Abgeschlossene Projekte

Lehrstuhl für Bodenkunde
Reisböden als Carbonsenke, China

Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie
Studie, Brasilien

Lehrstuhl für Tierernährung
Heuschrecken-Studie, Kenia

Lehrstuhl für Tierernährung
Seetang als „functional feed“, China

Lehrstuhl für Bodenkunde
- Biogeochemische Entwicklung von Nassreisböden, China, Indonesien
- Experimente in der Ökosystemforschung, Europa

Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie
- DAAD Qualitätsnetz Biodiversität: Vernetzung der Universitäten, Brasilien
- GIZ: Kontrolle von Blattlaus auf Okra, Kamerun

Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung
- Synbreed – Synergetische Pflanzen- und Tierzucht, Frankreich, Österreich, Niederlande, Griechenland, Schweiz, Australien, Dänemark, Norwegen
- RYE Select – Entwicklung genombasierter Zuchtstrategien für Roggen, Kanada, Russland, Polen
- Trockentoleranz-assoziierte Wurzelmerkmale bei Mais, Australien
- Plant-KBBE Cornfed – Von Biodiversität zur Biomasse, Frankreich, Spanien

Über die Maximierung der Biomasse

Biomasse wie zum Beispiel Getreide kann als Nahrungsmittel genutzt werden, zudem stofflich für Materialien und energetisch in Form von Biogas für die Strom- und Wärmeerzeugung. So weit so einfach – oder doch nicht? Professor Wilhelm Windisch vom Lehrstuhl für Tierernährung hat sich mit Professor Volker Sieber vom Lehrstuhl für die Chemie biogener Rohstoffe zu einer Diskussion über den Konflikt der verschiedenen Nutzungsvarianten getroffen. Sieber ist ein Verfechter der vollständigen Biomassenutzung im Sinne einer Bioraffinerie, bei der jeder Bestandteil der Biomasse verwendet wird, zunächst für hochwertige Materialien, die dann minderwertig stofflich weiterverarbeitet und am Ende ihrer Lebenszeit noch energetisch genutzt werden. Damit geht es eine Kaskade von der stofflichen zur energetischen Nutzung hinab. Windisch steht der Kaskadennutzung offen gegenüber, ist jedoch besorgt, weil weltweit die Fruchtbarkeit der Böden sinkt und der Humusanteil abnimmt. Um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten, müssen Ernteabfälle auf den Feldern verbleiben, die möglicherweise verwendbar wären für eine stoffliche oder energetische Nutzung innerhalb der Kaskade.

Prof. Volker Sieber

hat an der Universität Bayreuth und an der University of Delaware Chemie studiert. Nach seiner Promotion arbeitete er zunächst als Forschungsstipendiat am California Institute of Technology. Nach einem kurzen Intermezzo bei McKinsey & Co. war Sieber von 2001 bis 2008 in der chemischen Industrie (Degussa, Süd-Chemie) in verschiedenen Positionen tätig. Seit Ende 2008 ist er Ordinarius für die Chemie biogener Rohstoffe am WZW. Seit 2009 leitet er zudem die Fraunhofer Projektgruppe BioCat, die katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf Basis nachwachsender Rohstoffe entwickelt. Angesiedelt ist die Gruppe am Wissenschaftszentrum Straubing.

»

Die Flächen der Erde sind begrenzt, die Weltbevölkerung wächst, und trotz dieser Faktoren müssen wir die Ernährungsversorgung sichern.«

Sieber

Was ist unser Ausgangspunkt des Konfliktes, bei dem es um die Nutzung von Biomasse als Futtermittel oder für die stoffliche sowie energetische Verwertung geht?

Sieber: Die Flächen der Erde sind begrenzt, die Weltbevölkerung wächst, und trotz dieser Faktoren müssen wir die Ernährungsversorgung sichern. Zugleich geht's um die Reduktion der Klimagase. Landwirtschaftliche

Prof. Wilhelm Windisch

studierte Agrarwissenschaften an der TUM und habilitierte an der TUM im Bereich Tierernährung und Leistungsphysiologie. Von 2002 bis 2010 war Windisch Ordinarius für Tierernährung an der BOKU Universität Wien, von 2007 bis 2009 leitete er dort das Department für Lebensmittelwissenschaften. 2010 wurde er als Ordinarius für Tierernährung an das WZW berufen, seit 2013 ist er Direktor des Hans Eisenmann-Zentrums für Agrarwissenschaften der TUM.

Windisch ist unter anderem Mitglied der Kommission für Futtermittel und Tierernährung am deutschen Bundesamt für Risikobewertung, stellvertretender Vorsitzender der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Deutschland.

»

Das Wesentliche an Biomasse aus der Landwirtschaft ist, dass sie selten so geerntet, wie sie später genutzt wird, sondern sie wird weiter aufbereitet.«

Windisch

Produkte müssen deshalb vollständig genutzt werden mit dem Ziel, über mehrere Stufen jedes anfallende Teilprodukt zu verarbeiten.

Windisch: Entscheidend ist dabei, dass wir die Fruchtbarkeit der Nutzflächen erhalten. Dazu braucht es Fruchtwechsel, es müssen Nährstoffkreisläufe stattfinden und Pflanzenstoffe wie etwa Erntereste zurückgeführt werden.

Sieber: Stimmt, wir müssen die Fruchtbarkeit des Bodens erhalten, aber trotzdem sollten wir analysieren: Was können wir noch nutzen? Muss jeder Reststoff eingepflügt werden? Kann ein Teil der stofflichen Nutzung zugeführt werden? Stichwort: Reststoffnutzung. Die wird oft als Lösung dargestellt, wenn wir den Konflikt zwischen Teller und Tank – zwischen Ernährung und Weiterverarbeitung von Agrarrohstoffen – ein bisschen entspannen möchten.

Windisch: Das leistet Kaskadennutzung. Bleibt nur die Frage der richtigen Ausbalancierung und Nutzung der einzelnen Elemente. Das Wesentliche an Biomasse aus der Landwirtschaft ist, dass sie selten so geerntet wird, wie sie später genutzt wird, sondern sie wird weiter aufbereitet. Gefährlich wird's für dieses komplexe System, auf dem die Bodenfruchtbarkeit beruht, wenn wir selektiven Biomasseanbau betreiben, etwa für Biosprit. Weil wir damit diese Fläche aus der Landwirtschaft herauslösen und nur für diesen einen industriellen Zweck produzieren. Das bedeutet: Wir verwenden weder einen Teil als Tierfutter noch Gärreste aus der Biogasanlage als Dünger.

Sieber: Ist es am Ende nicht egal, wofür ich eine Pflanze nutze? Ob ich Weizen anbaue, von dem ich das Korn für die Ernährung und Stroh für die stoffliche Nutzung brauche, oder ob ich die Pflanze nur als Biomasse einsetze?

Windisch: Stimmt, ob etwas nun in stoffliche Nutzung oder in die Ernährung fließt und anschließend über die Toilette entsorgt wird, macht aus der Sicht des Bodens tatsächlich keinen Unterschied. In beiden Fällen werden Stoffkreisläufe entkoppelt.

Sieber: Wir reden aber ums eigentliche Problem noch herum: Wohin gehen denn die Agrarrohstoffe von heute? Schauen wir uns den Maisanbau in Deutschland an: Rund zwei Drittel gehen in den Futteranbau und nur ein kleiner Teil ist für Bioenergie. Die stoffliche Nutzung liegt bei wenigen Prozent. Weltweit sind die Zahlen nicht ganz so extrem, aber generell verbraucht die Futtermittelproduktion die meisten Agrarrohstoffe. Wie können wir diesen Teil herabsetzen?

Windisch: Dass in den industrialisierten Ländern so übermäßig viel Futtermittel pro-

duziert werden, ist ein Kritikpunkt. Global gesehen ist es dennoch der richtige Mix, denn die Tierhaltung liefert einerseits Lebensmittel für den Menschen und erhält andererseits über Mist und Gülle die Kreislaufwirtschaft. Das führt zum weiteren Konflikt: Die Biomasse, die wir ernten, ist hochkomplexer Natur, wenn wir die an Nutztiere verfüttern, findet eine weitere Transformation in Lebensmittel statt. Nutze ich die Biomasse hingegen energetisch, dann baue ich sie ab, indem ich sie buchstäblich verfeuere. Da liegt für mich das Konfliktpotenzial. Müssten wir uns bei der energetischen Nutzung nicht auf die Biomasse fokussieren, die weniger wertvoll ist als Futtermittel?

Sieber: Das ist wieder das Thema der Kaskadennutzung, bei der Hochwertiges auch hochwertig belassen wird. Grundsätzlich dreht es sich mehr um die Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Nutzung. Hinter der energetischen Nutzung steht, dass ich die Biomasse runterbreche auf CO_2. Bei der stofflichen Nutzung geht es darum, die Funktionalität des Rohstoffes zu erhalten und in der chemischen Industrie oder beim Bau einzusetzen. Gehen wir zurück zur Kaskadennutzung, dann ist aber die Züchtung der vergangenen Jahrzehnte in eine ganz andere Richtung gegangen: Es wurden Pflanzen wie etwa Mais oder Kartoffeln gezüchtet mit hohem Stärkeanteil. Es ging nicht um die Züchtung einer Kartoffel, die ausreichend Protein liefert bei zugleich hohem Anteil Stärke. Eine Strategieänderung ist da angebracht.

Windisch: Wir führen mit Züchtern diese Diskussion, wohin die Pflanzenzüchtung zielen soll, damit sie das beste Futtermittel erbringt. Unsere Antwort ist: Hauptsache die Gesamtpflanze ist gesund, nachhaltig produzierbar und braucht keine bis kaum Nachhilfe durch Pestizide. Die Feinheiten können wir zufüttern – ein möglicherweise neues Forschungsfeld.

Die Zucht dahingehend zu verändern, ist das ein Forschungsthema an der TUM?

Sieber: Zum Teil forschen wir daran. Es geht aber immer noch zu sehr darum, eine hundertprozentige stoffliche Nutzung zu erreichen. Das ist der falsche Ansatz. Die Tierernährung und Futtermittelerzeugung sollte mit der stofflichen Nutzung stärker verquickt werden, und zwar Hand in Hand mit den Züchtern, um die richtigen Pflanzen zu bekommen, die einerseits hochwertiges Futter liefern und andererseits Material für eine stoffliche Verwendung. Dafür ist jedoch die öffentlich geförderte, staatliche Züchtung notwendig, die den globalen Blick auf das Ganze einbezieht.

»

Wir können nicht sowohl den Ertrag für Futter- als auch für die stoffliche und energetische Nutzung von der gleichen Fläche maximieren.«

Windisch

»

Es geht aber immer noch zu sehr darum, eine hundertprozentige stoffliche Nutzung zu erreichen.«

Sieber

»

Es geht ums Maximieren von Biomasse bei Berücksichtigung von Umwelt und Ressourcen.«

Windisch

Windisch: Bei dem Thema kommt hinzu, dass große Firmen nur bestimmte Pflanzen weiterzüchten und viele regionale Arten nicht erforschen – ich denke an Leguminosen wie Lupinen, die das Potenzial haben, Soja zu ersetzen.

Schauen wir noch mal auf den globalen Aspekt des Ganzen am Beispiel des Sojaanbaus und -imports als Tierfutter, wofür in der Regel zunächst Regenwald gerodet wurde, was CO_2 freisetzt. Daneben stehen diese Anbauflächen dann für die lokale Versorgung nicht zur Verfügung. Welche Lösungsansätze gibt es diesbezüglich aus der Forschung?

Sieber: Die Nebenströme unserer landwirtschaftlichen Produktion zu nutzen, wie etwa vom Raps bei Gewinnung des Öls wiederum seinen Schrot als Futtermittel, ist sicher ein Lösungsansatz. Nur ist der Rapsschrot von der Qualität her nicht so gut wie Sojaprotein. Dieser Ansatz ist dennoch richtig, aber nicht einfach zu lösen. Biotechnologische Stoffumwandlungen können hier helfen.

Windisch: Das offenbart den zentralen Konflikt: Was Futtermittel und die menschliche Ernährung angeht, ist stickstofforientiert, die industrielle und stoffliche Nutzung hingegen ist kohlenstofforientiert. Wenn wir auf der Nutzfläche etwas anbauen, müssen wir uns jedes Mal für den einen oder anderen Weg entscheiden. Wir können nicht sowohl den Ertrag für Futter- als auch für die stoffliche und energetische Nutzung von der gleichen Fläche maximieren.

Sieber: Da widerspreche ich jetzt aber! Natürlich können wir das machen, wenn wir die Kaskadennutzung ansetzen ...

Windisch: Was ist das oberste Ziel? Nicht der Streit, wohin der Rohstoff geht, sondern es geht ums Maximieren von Biomasse bei Berücksichtigung von Umwelt und Ressourcen.

Sieber: Ich ergänze das noch: Biomasse mit der richtigen Zusammensetzung.

Windisch: Wenn wir das nicht schaffen, können wir uns streiten, wie wir lustig sind – wir haben letzten Endes immer verloren.

Sabine Letz

es lebe die Vielfalt!

Es beeinträchtigt nicht nur die Landwirte selbst, sondern die ganze Gesellschaft, wenn Stickstoff ins Grundwasser gelangt, Kohlenstoff freigesetzt wird und weniger Wildbienen für die Bestäubung von Obstblüten zur Verfügung stehen.

»

Der Biodiversität nützt es nicht, einen Nationalpark zu haben, denn der Luftstickstoff macht vor keiner Grenze halt.«

Weisser

Wissenschaftler am Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie zeigen Wege zu einer nachhaltigen Landnutzung auf. Der moderne Landwirt soll nicht allein Nahrungsproduzent, sondern auch Bewahrer und Profiteur von biologischer Vielfalt sein.

Die Menschen beanspruchen Raum, sehr viel Raum. Nicht nur ihre Zahl wächst – neuesten Studien zufolge werden es bis zum Jahr 2100 etwa zehn Milliarden sein –, sondern auch der ökologische Fußabdruck jedes Einzelnen. Immer mehr Fläche und Energie sind notwendig, um Lebensstil und -standard eines Menschen dauerhaft zu sichern. Wohnraum, Mobilität, Nahrungs- und Kleidungsproduktion, Müllentsorgung und vieles mehr. In Deutschland sind es derzeit rund fünf Hektar Fläche pro Kopf. Mit seinem Raumanspruch verdrängt der Mensch unaufhörlich andere Arten. Tiere verlieren ihren Lebensraum. Auf den ihnen verbleibenden, zunehmend zerstückelten Flächen können immer weniger Individuen bestehen. Gemessen an der Fläche, hat die Landwirtschaft den größten Einfluss, weit mehr als Straßen.

Klügere Landnutzung als Forschungsziel

In Deutschland wird derzeit mehr als die Hälfte der Fläche landwirtschaftlich genutzt. Gewöhnlich greift diese Produktion radikal in die natürliche Vegetation ein und breitet Monokulturen aus. Darunter leiden die Böden, die sich zum Teil nicht mehr selbst regenerieren und stabil halten können. Landwirtschaftlich bedingte Erosion ist einer der folgenschwersten menschlichen Einflüsse auf die Natur. In den vergangenen Jahrzehnten ist in unseren Agrarlandschaften auch die Artenvielfalt stark zurückgegangen. Es beeinträchtigt nicht nur die Landwirte selbst, sondern die ganze Gesellschaft, wenn Stickstoff ins Grundwasser gelangt, Kohlenstoff freigesetzt wird und weniger Wildbienen für die Bestäubung von Obstblüten zur Verfügung stehen.

Was können wir dagegen tun? Weiter in großem Stil Landwirtschaft betreiben, gleichzeitig aber deren negativen Einfluss auf Ökosysteme verringern? Das geht durchaus, meint Wolfgang Weisser, Professor für Terrestrische Ökologie am WZW. Allerdings nur, wenn die Landwirte sich neu ausrichten und dabei Unterstützung bekommen. Er erklärt: „Wir wollen durch unsere Forschung besser verstehen, wie die einzelnen Aspekte der landwirtschaftlichen Nutzung – Düngen, Spritzen, Mähen, Pflügen und so weiter – jeweils auf Pflanzen und Tiere wirken.“ So untersucht Weisser zum Beispiel den Einfluss der Intensivierung auf das Vorkommen von Heuschrecken. Im intensiv bewirtschafteten Grünland werden Heuschrecken selten. Hier ist die Frage, ob es die moderne Mahdtechnik mit Aufbereiter ist – wie sie auch in ökologisch bewirtschafteten Betrieben verwendet wird –, mit der Heuschrecken nicht zurechtkommen, oder die Art und Menge der Düngung beziehungsweise die Form der Beweidung. Dann können wir unsere Landnutzung intelligenter steuern und dabei die Artenvielfalt sichern. Es braucht eine multifunktionale Landwirtschaft, bei der nicht nur der Ertrag im Vordergrund steht, sondern auch andere Ökosystemleistungen.“

Prof. Wolfgang W. Weisser

studierte Biologie an den Universitäten Gießen und Bayreuth und promovierte 1994 an der Universität Oxford in Zoologie. Er arbeitete als Postdoc am Department für Biologie am Imperial College in Ascot, Großbritannien, sowie an der Universität Bern, Schweiz, im Department für Zoologie. 1999 wurde er als Professor für Terrestrische Ökologie an die Universität Jena berufen, seit 2011 leitet Weisser den Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie am WZW.

»

Es braucht eine multifunktionale Landwirtschaft, bei der nicht nur der Ertrag im Vordergrund steht, sondern auch andere Ökosystemleistungen.«

Weisser

Naturschutzgebiete sind keine Lösung mehr

Dafür wird sich vieles ändern müssen, vor allem beim Einsatz von Dünger und Pestiziden. Übermäßige Düngung und Schädlingsbekämpfung tragen neben dem Flächenverbrauch die Hauptschuld an der Bedrohung vieler Arten. „Wir bringen riesige Mengen von billigem Mineraldünger aus, der dann vom Acker ins Grundwasser, in die Flüsse und in die Luft geht“, sagt Weisser. „Das führt dazu, dass wir in Deutschland durchschnittlich 40 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr gratis aus der Luft draufbekommen.“ Dort, wo das Nährstoffangebot wächst, konkurrieren Gräser und Pflanzen wie Brennnesseln Wiesenblumen und Kräuter aus, die magere Böden brauchen. „Der Biodiversität nützt es dann nicht, einen Nationalpark zu haben, denn der Luftstickstoff macht vor keiner Grenze halt“, gibt Weisser zu bedenken. So sterben Schmetterlingsarten auch in Schutzgebieten aus, wenn dort ihre Raupenfutterpflanzen von Löwenzahn, Disteln und Sauerampfer verdrängt werden. Das belegte jüngst eine von Dr. Jan Christian Habel vom Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie geleitete Studie. Auch bei Insektiziden ist die Streuung enorm. Angesichts solcher Attacken ist selbst die vermeintlich unerschöpfliche Insektenvielfalt auf dem Rückzug und mit ihr viele wertvolle Bestäuber.

Eine große Bedeutung hat der integrierte Pflanzenschutz, der vorsieht, das natürliche Potenzial von Gegenspielern zu nutzen, Fruchtfolgen einzuhalten und so den Aufwand an Pestiziden zu minimieren. In dem lange von Weisser geleiteten „Jena Experiment“ konnte die Forscher zeigen, dass jede Pflanzenart ihre Funktion im Ökosystem hat und die biologische Vielfalt viele vom Menschen genutzte Ökosystemleistungen positiv beeinflusst.

Verantwortung übernehmen

Gestützt auf wissenschaftliche Erkenntnisse will Weisser Wissen zur Verfügung stellen, das Landwirten helfen soll, schwarze Zahlen zu schreiben und gleichzeitig ihre gesellschaftliche Verantwortung zum Erhalt der Artenvielfalt wahrzunehmen. Die Arbeiten an seinem Lehrstuhl zeigen die unterschätzten oder vergessenen Vorteile der Artenvielfalt und Wege zu ihrem Schutz auf (S. 43). Geld dafür sei in Brüssel genug vorhanden, es müsse aus seiner Sicht nur sinnvoller eingesetzt werden. Weisser sagt: „Unsere Studie in Weizenfeldern zeigt: Wer einen Euro Steuergeld ausgeben will, um Ackerwildkräuter, viele Insekten und Vögel zu erhalten, der sollte ihn in die Verringerung der Insektizide stecken.“

Karsten Werth

Zehn Maßnahmen für mehr Diversität

Empfehlungen aus der Terrestrischen Ökologie zum Schutz der Artenvielfalt

Erst testen, dann handeln. Maßnahmen wie etwa Blühstreifen bringen nichts, wenn sie nur Nahrung, aber keinen Lebensraum für Hummeln und Schmetterlinge bieten. Die Forschung kann bei der Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen helfen und einen der Landschaft angemessenen Einsatz von Subventionen sicherstellen.

Die Verantwortung des Einzelnen. Jeder Landwirt hat es in der Hand, seinen eigenen Beitrag für unsere Landschaft und Artenvielfalt zu leisten, indem er bestehende Vorgaben und Handlungsempfehlungen einhält.

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

Mehr Grünland kultivieren. Vor allem in Flussnähe ist es sinnvoller als etwa der Anbau von Mais – beispielsweise wegen seiner Qualitäten für den Hochwasserschutz und als Puffer gegen den Eintrag von Schadstoffen in Gewässer.

Weniger Killer-Maschinen: Konventionelle, aber auch größere Ökobetriebe nutzen gleichermaßen tödliches Großgerät wie Kreiselmäher und Silagehäcksler, denen nicht nur Säugetiere und Vögel, sondern auch viele Heuschrecken und Schmetterlingsraupen zum Opfer fallen. Mähmaschinen sollten seltener und langsamer über die Felder fahren und Inseln stehen lassen, die später gemäht werden.

Die Landschaft ist wichtig. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass die Landschaftsstruktur fast genauso wichtig ist für die Artenvielfalt wie das Handeln auf dem einzelnen Schlag. Deshalb sind Landschaftselemente wie extensiv genutzte Flächen oder Hecken und Einzelbäume so wichtig.

Diversitätseffekt nutzen. Mit der Anzahl der Arten steigt die Biomasseproduktion, Böden enthalten mehr Kohlenstoff, mehr Regenwürmer, sind länger fruchtbar und stabiler gegen Erosionsverluste.

Über die Hälfte unserer Nutzpflanzen brauchen Bestäuber. Wildbienen sind dabei am effizientesten, eine schafft bis zu 5.000 Obstblüten am Tag. Umweltmaßnahmen sollten Bestäuber mit Nahrung und Nistplätzen zwischen Feldern und Wiesen stärker fördern.

Schluss mit dem „Tod der tausend Schnitte“: Wer weniger mäht, mehr Büsche und Bäume stehen lässt, spart Geld und leistet einen wertvollen Beitrag gegen den Verlust der Artenvielfalt – auch in der Stadt.

Den Landwirt für seine Leistungen bezahlen. Oft geht die Bereitstellung von Ökosystemleistungen mit verminderter Produktivität einher. Die Gesellschaft sollte Landwirten diese Leistungen für die Allgemeinheit honorieren. Der Landwirt wird so ein multifunktionaler Dienstleister.

Zurück zum integrierten Pflanzenschutz: chemische Kontrolle nur dort, wo es sein muss und im Rahmen von strengen Richtlinien, ansonsten natürliche Wege der Schädlingsbekämpfung, beispielsweise mit Fressfeinden, die in Ackerrandstreifen Entwicklungschancen bekommen. Der Staat darf sich nicht weiter aus der Beratung der Landwirte zurückziehen.

Hans Eisenmann-Zentrum

Mit innovativer Agrarforschung den globalen Herausforderungen begegnen

Sicherung der Welternährung, Förderung der Gesundheit, Ökologie, Umweltschutz, Energiegewinnung und Klimawandel: Das sind die Herausforderungen, vor denen die menschliche Gesellschaft in den nächsten Jahrzehnten steht und denen sich die Wissenschaftler des Hans Eisenmann-Zentrums für Agrarwissenschaften stellen.

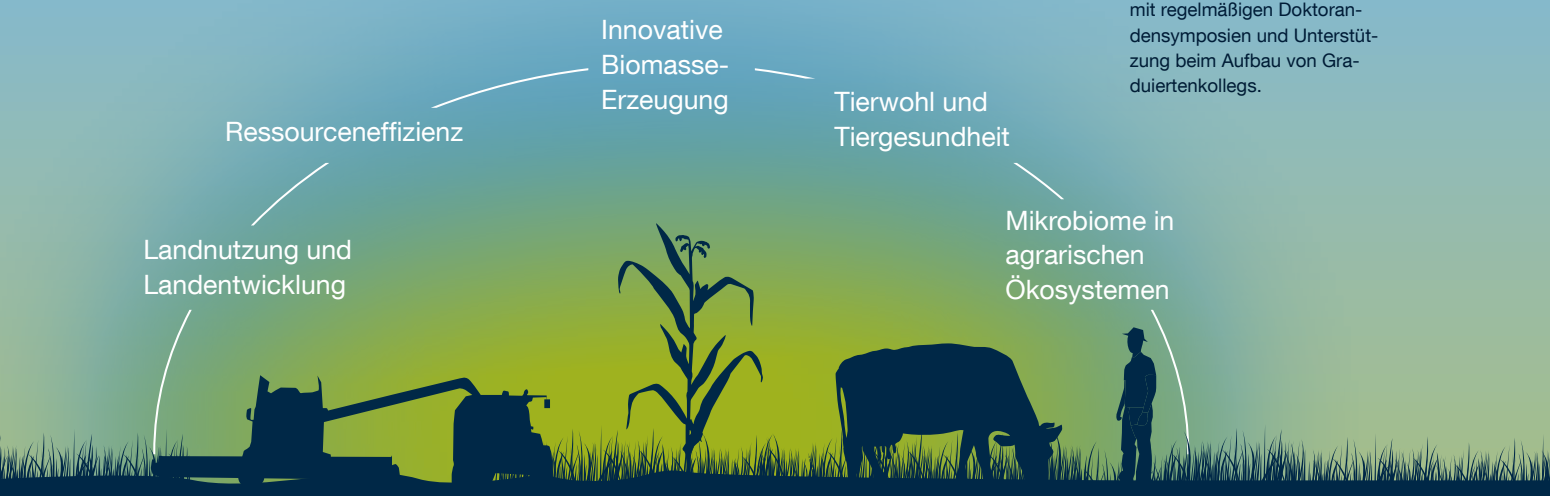
Das Hans Eisenmann-Zentrum ist seit dem Jahr 2008 eine fakultätsübergreifende, wissenschaftliche Einrichtung für die Agrarwissenschaften und wird abgekürzt HEZ genannt. Das Zentralinstitut steht unter der Verantwortung der Hochschulleitung der Technischen Universität München. Als Mitglieder gehören der Einrichtung die Inhaberinnen und Inhaber der Professuren mit agrarwissenschaftlichem Bezug des Wissenschaftszentrums Weihenstephan und fachlich nahestehende Professoren anderer Fakultäten der Technischen Universität München an.

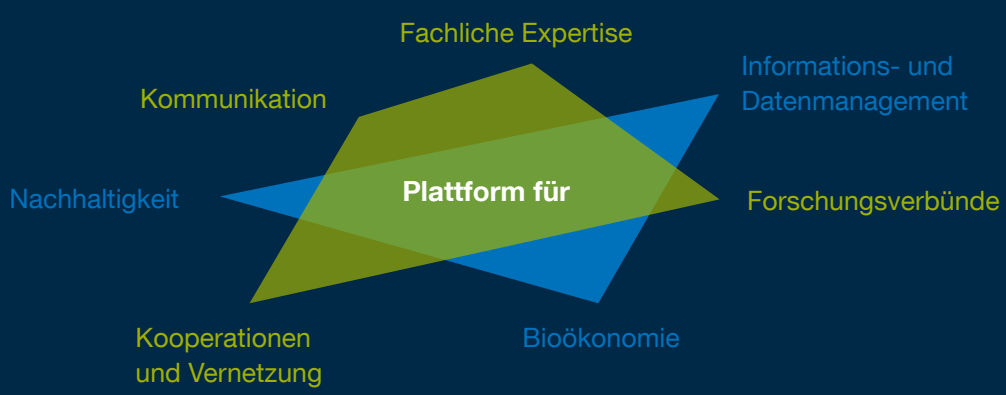
Als Systemwissenschaft verbinden die Agrarwissenschaften das breite Methodenspektrum der natur- und biowissenschaftlichen Grundlagenforschung mit den Fragestellungen aus der landwirtschaftlichen Praxis und erarbeiten innovative Lösungen für diese großen Herausforderungen.

Pflanzen und Tiere, Boden und Wasser, Ökologie, Ökonomie und Technologie – die Forschung am HEZ reicht von der molekularen und zellulären Ebene über praxisnahe Feldversuche und betriebliche Systemanalyse bis hin zur Landschaftsebene.

Das Zentralinstitut Hans Eisenmann-Zentrum für Agrarwissenschaften am Campus in Weihenstephan

- vernetzt alle agrarwissenschaftlich ausgerichteten Lehrstühle und Institutionen der TUM,
- unterstützt die Kooperation mit anderen agrarwissenschaftlichen Institutionen am Standort,
- vermittelt fachliche Expertise,
- bietet eine Plattform für Kommunikation und Dialog mit den verschiedenen Bereichen der Agrarwirtschaft und Agrarwissenschaft,
- unterstützt den Wissenstransfer durch Vortragsveranstaltungen und Symposien für Wissenschaftler, Studierende, Praktiker sowie Experten
- und ist der sichtbare Ansprechpartner der Agrarwissenschaft innerhalb und außerhalb der TUM.
- Außerdem setzt sich das HEZ für die agrarwissenschaftliche Nachwuchsförderung ein mit regelmäßigen Doktorandensymposien und Unterstützung beim Aufbau von Graduiertenkollegs.





Mehr Informationen unter www.hez.wzw.tum.de

Lebenswissenschaften in Forschung und Lehre

Von Agrarmanagement bis Umweltplanung – rund 30 Bachelor- und Masterstudiengänge bietet das Wissenschaftszentrum Weihenstephan

Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt
Die Menschheit steht vor großen Herausforderungen: Wie die Welternährung sichern bei der aktuellen Prognose von zehn Milliarden Menschen in der Mitte dieses Jahrhunderts? Wie können wir die durch unsere üppige Ernährung geförderten und weltweit zunehmenden Zivilisationskrankheiten verhindern? Wie erzeugen wir künftig Energie, wenn fossile Ressourcen knapp werden und wie halten wir den Klimawandel in Schach? Dies sind die drängenden Fragen unserer Zeit.

Um Lösungen zu finden, ist Spitzenforschung nötig und zwar sowohl in den Grundlagen als auch in der Anwendung. Dabei kommt den Lebenswissenschaften eine wichtige Rolle zu: Sie umfassen das gesamte Themenspektrum von der Bodenkunde über die Bereitstellung biogener Rohstoffe, von der Nahrungsmittelproduktion unter Berücksichtigung des Tierwohls und den Ernährungswissenschaften bis zum Bewahren einer lebenswerten Umwelt.

An der Technischen Universität München (TUM) ist deshalb das Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW) entstanden, in dem alle Kompetenzen aus den Lebenswissenschaften gebündelt an einem Ort erforscht werden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des WZW entwickeln neue Lösungen für diese existenziellen Fragen.

Wissenschaftszentrum Straubing
Nachwachsenden Rohstoffen, ihrer Nutzung und energetischen Verwertung widmen sich Forschung und Lehre am Wissenschaftszentrum Straubing. Seine Stärke liegt in der Vernetzung mehrerer Fachdisziplinen: Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie Ökosystem- und Wirtschaftswissenschaften. Fünf bayerische Hochschulen arbeiten hier zusammen. Weitere Partner sind die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, die Universität Regensburg, die Technische Hochschule Deggendorf, die Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg und die Hochschule Landshut.

Informationen erhalten Sie bei der jeweiligen Studienfakultät:

- **Agrar- und Gartenbauwissenschaften**
  www.agrar.wzw.tum.de
- **Biowissenschaften**
  www.sf-biowiss.wzw.tum.de
- **Brau- und Lebensmitteltechnologie**
  www.studienfakultaet.de
- **Ernährungswissenschaft**
  http://sf-ernaehrung.wzw.tum.de
- **Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement**
  www.forst.wzw.tum.de
- **Landschaftsarchitektur und -planung**
  http://landschaft.wzw.tum.de

Kontakt
Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW)

Alte Akademie 8
85354 Freising
Tel. +49 8161 71 3258

dekanat@wzw.tum.de
www.wzw.tum.de

Weniger Antibiotika im Stall

Herr Professor Zehn, Sie sind Humanmediziner. Vor einem Jahr haben Sie den Lehrstuhl für Tierphysiologie und Immunologie am WZW übernommen. Mit welcher Zielsetzung haben Sie dort begonnen?
Mein Ziel und Auftrag ist es, ein breites Spektrum zwischen Grundlagenforschung und anwendungsorientierten Projekten im Nutztierbereich und der Humanmedizin abzudecken. Fragestellungen sind unter anderem, wie wir Infektionskrankheiten in Tieren und Menschen verhindern oder künftig besser behandeln. Uns interessiert beispielsweise, warum das Immunsystem die meisten Krankheitserreger erfolgreich bekämpft, bei bestimmten Erregern aber versagt, was chronische Infektionen ermöglicht.

Wie gehen Sie dabei vor?
Wir werden untersuchen, wie sich das Immunsystem von Nutztieren bei natürlich auftretenden Infektionen verhält. Dabei geht es darum zu verstehen, welche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Immunabwehr herrschen sollten. Interessant ist dabei, was einzelne Individuen mehr oder weniger empfindlich für Krankheitserreger macht. Eines unserer Ziele ist es, Tiere mit einem erblich bedingt starken Immunsystem zu identifizieren. Wählen wir diese Tiere dann für die Zucht aus, sollte es am Ende gelingen, mehr und mehr gesündere Nutztiere in den Ställen stehen zu haben. Dazu entwickeln wir verschiedene Programme fürs Immun-Monitoring, um in Kooperation mit Kollegen, die sich beispielsweise mit Erbmerkmalen beschäftigen, robuste Tiere zu identifizieren.

Welche Probleme stellen sich Landwirten, deren Tiere von Infektionskrankheiten betroffen sind?
Prinzipiell steht die Landwirtschaft vor sehr ähnlichen Problemen wie die Humanmedizin, wie zum Beispiel dem Risiko neuer oder veränderter Krankheitserreger etwa unter den Grippeviren. Nicht zu unterschätzen ist die Gefahr durch antibiotika-resistente Bakterien. Letzteres ist eine der größten Herausforderungen in beiden Bereichen überhaupt. Die Suche nach Lösungen, um weniger Antibiotika einsetzen zu können, ist ein Hauptfokus meiner Arbeit. Wichtig ist aber auch, dass der Körper natürlicherweise auf eine enorme Menge an verschiedenen Bakterien angewiesen ist, die mit dem Immunsystem interagieren und die sich positiv auf die Physiologie von Organen wie den Darm auswirken. Wichtiges Ziel sollte daher sein, das Immunsystem in Nutztieren so zu beeinflussen, dass es solche Bakterien schützt – und gleichzeitig Infektionen mit Erkrankungserregern verhindert.

Welchen Vorteil versprechen Sie sich von der Verbindung angewandter Forschung mit anderen Fachbereichen?
Die große Herausforderung in der Wissenschaft ist es, nicht nur neue Erkenntnisse zu liefern, sondern diese auf ihre Anwendungsmöglichkeiten hin zu evaluieren. Das lässt sich am besten realisieren, sobald beides am selben Institut durchgeführt werden kann. Die TUM bietet in Weihenstephan in besonderer Weise die notwendigen Voraussetzungen und die Infrastruktur, um solche integrativen Forschungsprojekte umzusetzen und in den Bereichen Angewandte und Grundlagenforschung nicht nebeneinander herzuarbeiten, sondern miteinander. Derzeit beschäftigen wir uns beispielsweise in Modellsystemen mit Mechanismen und Molekülen, die in kritischer Weise die Antwort des Immunsystems auf einen Krankheitserreger steuern. Wir versprechen uns davon Impulse für die Entwicklung neuer oder die Verbesserung bestehender Impfstrategien. An der TUM können wir über die Versuchsgüter unsere Ergebnisse in der praxisnahen Umgebung überprüfen und weiterentwickeln. Wichtig ist aber auch, dass wir die von uns geplanten Erweiterungen der Einrichtungen in Thalhausen und am Veitshof zeitnah realisieren können. Dann wären wir in der Lage, Immunantworten auf relevante und aus dem Alltag stammende Infektionen zu untersuchen. In Hinblick auf die Realisierung dieser Vorhaben sind wir natürlich auf die andauernde

»

Eines unserer Ziele ist es, Tiere mit einem erblich bedingt starken Immunsystem zu identifizieren. Wählen wir diese Tiere dann für die Zucht aus, sollte es am Ende gelingen, mehr und mehr gesündere Nutztiere in den Ställen stehen zu haben.«

Zehn

»

Prinzipiell steht die Landwirtschaft vor sehr ähnlichen Problemen wie die Humanmedizin, wie zum Beispiel dem Risiko neuer oder veränderter Krankheitserreger etwa unter den Grippeviren.«

Zehn

Unterstützung durch Politik und Verbände angewiesen. Manche Themen können wir nur in Zusammenarbeit mit anderen Fachbereichen bearbeiten, die sich beispielsweise mit Fragen der Tierernährung, Ernährungsphysiologie, Mikrobiologie oder molekularen Biologie befassen. Diese Bereiche werden am WZW durch andere Institute hervorragend abgedeckt und ermöglichen vielfältige und spannende Kollaborationen.

Was wird auf den Gehöften der TUM erforscht?
Was wir gemeinsam mit anderen Kollegen planen, bezeichnen wir gern als Grundlagenforschung zum Anfassen. Am Veitshof gibt es beispielsweise Milchkühe, die körperliche Höchstleistungen vollbringen. Das ist so wie eine Mutter, die gleichzeitig fünf Kinder stillt und diese auch noch satt bekommen muss. Dies macht die Tiere empfindlich für verschiedene Erreger, und daher sollte ihr Immunsystem besonders robust sein. Wir helfen mit unserer Forschung, dass die Tiere gesund bleiben.

Welcher berufliche Weg hat Sie an die TUM geführt?
Nach meinem Medizinstudium war ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der University of Washington in Seattle und dann als Assistenzprofessor an der Universität Lausanne in der Schweiz tätig. Ausgangspunkt für den Wechsel an die TUM waren die seit vielen Jahren bestehenden wissenschaftlichen Kontakte zu Kollegen im Großraum München und natürlich die hervorragende Positionierung der TUM in meinem Bereich. Diese Zusammenarbeit möchte ich vertiefen. Dazu kommt die Möglichkeit, mit einer sehr guten Ausstattung im exzellenten Forschungsumfeld der TUM wichtige Beiträge im Bereich der Immunologie und Physiologie von Organen leisten zu können.
All dies war ausschlaggebend, mich aus verschiedenen Angeboten für diese Stelle zu entscheiden.

Prof. Dietmar Zehn

war nach Medizinstudium und Promotion in Berlin in Seattle (USA) als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Immunologie tätig. 2009 wechselte er an die Universität Lausanne in der Schweiz, wo er, gefördert durch das Swiss Vaccine Research Institute und nachfolgend den Schweizerischen Nationalfonds, als Assistenzprofessor eine eigene Forschergruppe leitete. 2015 hat Zehn die Leitung des Lehrstuhls Tierphysiologie und Immunologie am WZW übernommen.

2013 erhielt er einen der renommierten Starting Grants des Europäischen Forschungsrats (European Research Council ERC) in Höhe von 1,5 Millionen Euro. 2015 bekam er den Acteria Early Career Research Prize in Immunology, der alle drei Jahre von der Europäischen Föderation Immunologischer Gesellschaften (EFIS) vergeben wird.

Im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Nachhaltigkeit

Der Druck auf den Einzelnen, im Agrarsektor wirtschaftlich zu handeln, wird immer größer. Ursachen sind der Rückzug der Politik und die immer lauter werdenden gesellschaftlichen Forderungen zu Tierhaltung und Nachhaltigkeit.

Prof. Johannes Sauer

studierte an den Universitäten Tübingen und Hamburg sowie am Imperial College London. 1998 erhielt er das Diplom und 1999 den Master in Agricultural Economics. Parallel zu seiner Tätigkeit in der Managementberatung promovierte er 2004 an der Universität Bonn. Anschließend war er als Assistant und Associate Professor an der Universität Kopenhagen (2005–2007) und als Lecturer und Senior Lecturer am Imperial College London und der University of Manchester (2007–2011) tätig. Vor seiner Berufung auf den Lehrstuhl für Produktions- und Ressourcenökonomie am WZW leitete er eine Stiftungsprofessur an der Universität zu Kiel und war u.a. Gastprofessor an der Princeton University und der UC Berkeley. Johannes Sauer ist beratender Experte des OECD Produktivitätsnetzwerks, Mitglied des britischen ESRC Peer Review Colleges sowie Vertrauensdozent der Studienstiftung des Deutschen Volkes.

Wie kann ein Landwirt mit seinem Betrieb gewinnbringend und zugleich nachhaltig arbeiten? „Das ist ein Spagat für die Landwirte, aber auch für unsere Forschung hier am Lehrstuhl“, sagt Professor Johannes Sauer, Leiter des Lehrstuhls für Produktions- und Ressourcenökonomie am WZW. Wie sollten politische Entscheidungen hierzu aussehen? Die Relevanz der Forschung zu dieser Problematik sei sehr groß, sagt Sauer. Er forscht mit seinen Mitarbeitern national und international, derzeit zum Beispiel in Norwegen und Ghana, unter anderem zu effektiver Ressourcennutzung und technologischem Wandel, zu Produktivität und Nachhaltigkeit von Betrieben und Unternehmen des Agrarsektors. „Auch Tierethik und Klimawandel spielen bei unseren Betrachtungen eine wichtige Rolle“, meint er. „Unsere Forschung ist sehr empirisch ausgerichtet, wir arbeiten mit Fallstudien und statistischen Modellierungen, machen Risikoanalysen und arbeiten insgesamt stark methodenorientiert. Das ist wichtig, um international vorn mitzuspielen und mit renommierten Institutionen wie der FAO der Vereinten Nationen und der OECD zu kooperieren“, sagt Sauer. Die agrarwissenschaftliche Forschung der TUM sei für ihn auch ein deutlicher Unterschied zur Hochschule, die eher auf Anwendungs-Know-how ausgerichtet ist. „Wir forschen hier, um international anerkannte Lösungen zu finden, wie landwirtschaftliche Ökonomie und Nachhaltigkeit unter einen Hut zu bringen sind. Damit arbeiten wir für die ganze Gesellschaft im globalen Kontext.“

Die nachfolgend dargestellten Projekte, die das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) fördert, geben einen Einblick in die regionale Forschung. Sie werden am Lehrstuhl durch die Wirtschaftswissenschaftlerin Dr. Corina Jantke betreut.

Öko-Modellregionen in Bayern aufbauen für mehr regionale Nachhaltigkeit

Die heimische Bioproduktion soll sich bis 2020 verdoppeln. Der Wettbewerb „Staatlich anerkannte Öko-Modellregionen“ soll dies fördern. Nominierungen von Gemeindeverbünden als Modellregionen (Isentaler Tagwerkregion) erfolgten bereits 2014 und 2015. Der Lehrstuhl begleitet mindestens zwei Jahre lang wissenschaftlich die Entwicklungen in den jeweiligen Gemeindeverbünden. Gemeinsam mit dem Projektbüro Mareg untersucht Jantke mit ihrem Team die verschiedenen Effekte, die vom Projekt „Öko-Modellregion“ ausgehen: Was passiert in den Gemeinden innerhalb einer Modellregion hinsichtlich der Erzeugung und der Vermarktung von Bioprodukten? Wie entwickelt sich gleichzeitig die ökologische Landwirtschaft in Gemeinden, die direkt benachbart zu einer Modellregion sind? Entwickelt sie sich anders? „Wir führen derzeit umfangreiche schriftliche Umfragen bei Landwirten, Verarbeitern, kommunalen Vertretern und Verbrauchern innerhalb der Modellregionen durch. In zwei Jahren wiederholen wir das“, sagt Jantke. Auch Choice Experiments, also die Auswahl zwischen Alternativen, sind Teil der schriftlichen Befragungen. So werden Präferenzen erkennbar. Beispielsweise stellt Jantke bei ihrer Umfrage die Landwirte vor die Wahl, ob sie einen Betrieb leiten möchten, der ökologisch

Corina Jantke erforscht die Wirkung regionaler Förderprojekte.

bewirtschaftet wird und eine etwas kleinere Gewinnerwartung hat, oder einen Betrieb, der konventionell bewirtschaftet wird und eine höhere Gewinnerwartung hat. Konsumenten wiederum werden – zum Beispiel – nach ihren Präferenzen bei Käse gefragt. Erste Ergebnisse wollen die Wissenschaftler 2017 präsentieren.

Landwirtschaftliche Wertschöpfungskette durch Kooperationen optimieren

Wie werden Landwirte als Teil der Wertschöpfungskette wirtschaftlich möglichst erfolgreich und leistungsfähig? Das Lösungswort heißt Kooperationen – abseits der Genossenschaften. Untersucht werden nicht nur Kooperationen, die Kollegen der gleichen Wertschöpfungsstufe einschließen, sondern auch Unternehmen der vor- und nachgelagerten Bereiche. „Ebenso ist es möglich, dass zwei Wertschöpfungsketten miteinander kooperieren. Beispielsweise kann ein Bauer in seinem Hofladen den Honig des benachbarten Imkers mit anbieten“, erzählt Jantke. Die Weihenstephaner Forscher erfassen gemeinsam mit einem Team der Landesanstalt für Landwirtschaft, welche Kooperationsformen es entlang der Wertschöpfungskette im Agrarbereich Europas gibt. Welchen wirtschaftlichen Effekt – rein theoretisch – haben diese Kooperationen? Wie lässt sich die wirtschaftliche Schlagkraft der Kooperationen erhöhen? Die Wissenschaftler untersuchen auch Nutzen und Möglichkeiten der Förderung kooperativen Verhaltens und leiten Empfehlungen für politische Maßnahmen ab. Dazu werden im empirischen Teil betriebsspezifische Datensätze mit geeigneten statistischen Verfahren im Hinblick auf zum Beispiel Rentabilität und Effizienz analysiert. Der Startschuss zum Projekt fiel im Frühjahr 2016. Die Forscher erwarten Ergebnisse für Ende 2018.

Wie kann die bayerische Milchwirtschaft im Wettbewerb bestehen?

Bayerische Molkereien sind in einem Markt mit herausfordernden Rahmenbedingungen aktiv. Sie können verschiedene Wege einschlagen, um in diesem Umfeld zu bestehen. Eine Möglichkeit ist die Internationalisierung des Geschäftes. Allerdings haben die Unternehmen ganz unterschiedliche Voraussetzungen dafür. Einige sind schon im Ausland aktiv, andere haben international kaum Erfahrung. Große Molkereien können auf andere Ressourcen zurückgreifen als kleine und mittelständische Molkereien. Welche ist somit die jeweils beste Internationalisierungsstrategie? „Das versuchen wir herauszufinden, auch indem wir die Aktivitäten anderer europäischer Molkereien betrachten. Zusätzlich fragen wir: Bringt vermehrte Innovationstätigkeit den gewünschten internationalen Erfolg?“, erzählt Jantke. „Derzeit erstellen wir eine Datenbank zur bayerischen Molkereiwirtschaft und relevanten Wettbewerbern“, berichtet sie. „Ziel ist es, auf der Basis detaillierter Analysen und statistischer Modelle Strategien für Molkereien unterschiedlicher Größe zu entwickeln und dem bayerischen Staat einen die Internationalisierung unterstützenden Maßnahmenkatalog vorzulegen.“ Ergebnisse sollen im Oktober 2016 vorliegen.

Gerlinde Felix

»

Wir forschen hier, um international anerkannte Lösungen zu finden, wie landwirtschaftliche Ökonomie und Nachhaltigkeit unter einen Hut zu bringen sind.«

Sauer

Biokunststoff fürs Feld

Forscher von der Professur für Biogene Polymere sind auf der Suche nach einer Formel für die Herstellung von biologisch abbaubaren Kunststoffen mit bodenverbessernden Eigenschaften.

Landwirte, die Folien aus PLA aufs Feld bringen in dem Glauben, sie könnten diese liegen lassen und später unterpflügen, müssten diese genauso wieder einsammeln wie konventionelle aus Polyethylen.

„Wir gehen der Frage nach, wie Kunststoffe in Böden wirken und wie sie, wenn überhaupt, abgebaut werden. Daraus können wir lernen, wie wir Biokunststoffe herstellen und einsetzen müssen, damit sie die Fruchtbarkeit des Bodens erhalten.“ So fasst Professor Cordt Zollfrank die Aufgabe des Arbeitsgebiets Biokunststoffe an seiner Professur für Biogene Polymere am WZS zusammen.

Plastik ist nicht gleich Plastik. Die allermeisten Kunststoffe sind nicht biologisch abbaubar. Ihre Reste bleiben wahrscheinlich über Jahrhunderte erhalten und belasten weltweit die Umwelt. Zwar zerlegt die Verwitterung etwa Plastiktüten in immer kleinere Einzelteile, der Kunststoff an sich ist aber weiter vorhanden und reichert sich in Gewässern und Böden an. Biologisch abbaubare Kunststoffe hingegen können von Pilzen und Bakterien durch Stoffwechselvorgänge in Wasser, Kohlendioxid, Methan und Biomasse umgewandelt werden. Sie können dabei sowohl auf nachwachsenden als auch auf fossilen Rohstoffen basieren.

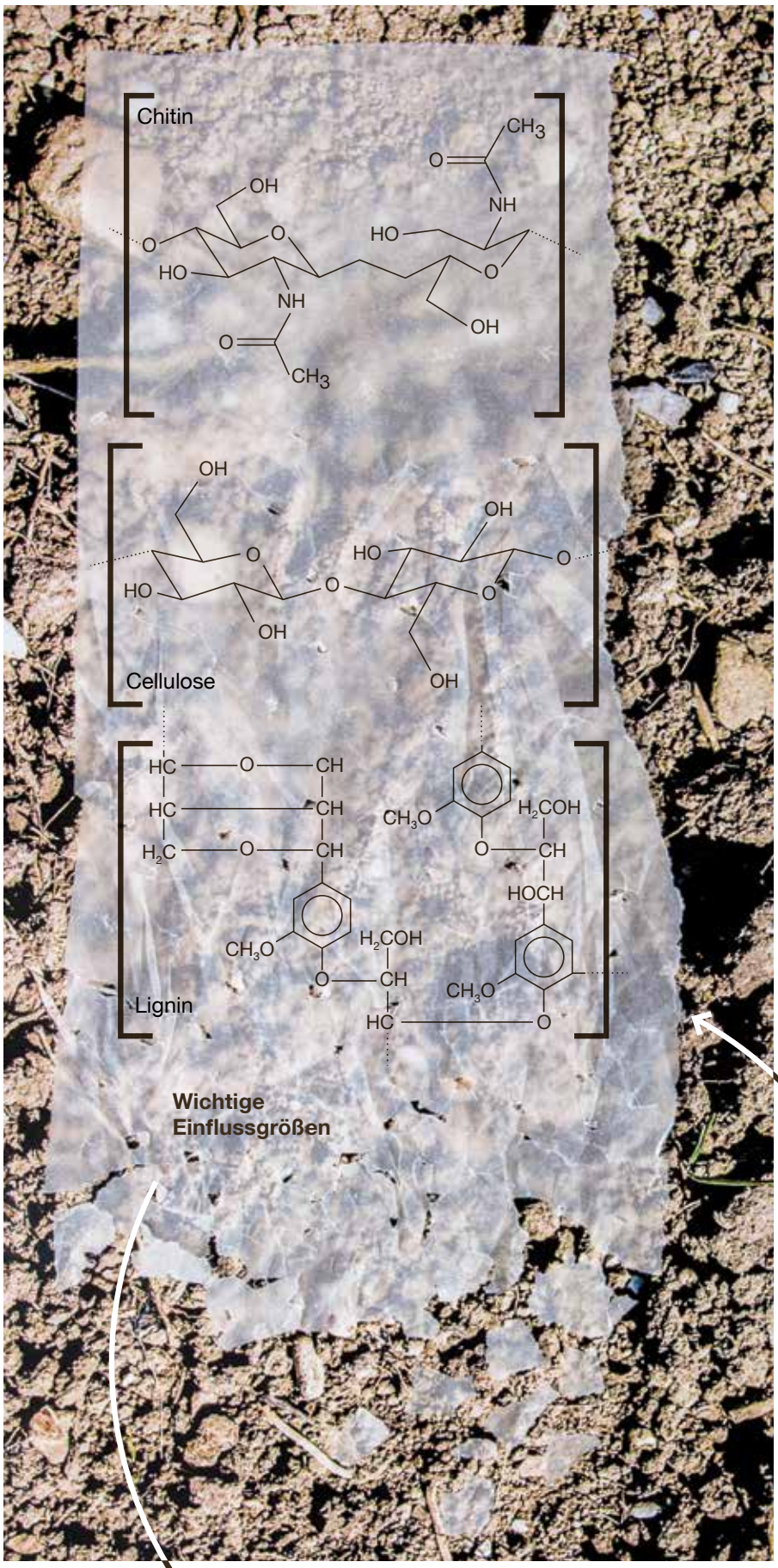
Ein dritter Faktor spielt bei der Frage der Abbaubarkeit eine Rolle: „Bei der Herstellung vonKunststoffen werden viele Zusatzstoffe (Additive) verwendet, deren Verhalten wir immer berücksichtigen müssen“, erklärt Zollfrank. „Ein Auswaschen von Additiven durch chemische Prozesse kann Schaden anrichten. Die östrogene Wirkung von Weichmachern kann beispielsweise Fische fortpflanzungsunfähig machen.“

Plastik ist unverzichtbar

Kunststoffe sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie kommen so häufig und in allen Lebensbereichen vor, dass sie als ein prägendes Merkmal unserer Zeit gelten. Auch in der Landwirtschaft gibt es viele Anwendungen, von den Ohrmarken der Nutztiere bis hin zu Mulchfolien auf den Feldern. Plastikrückstände sind aus Sicht der Forschung noch keine ernsthafte Gefahr für landwirtschaftlich genutzte Böden, auch wenn zum Beispiel die Düngung mit Klärschlamm durchaus erhebliche Mengen an Mikropartikeln einträgt. Zollfrank warnt jedoch: „Wir sehen es an den Welt-

Für Folie auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist ein biologischer Abbau wahrscheinlich.

Zeit



Oben: Landwirte selbst nutzen Kunststoff auf dem Acker.
Unten: Cordt Zollfrank und Maria Naumann bei der Untersuchung einer Bodenprobe im Labor zum Abbau von (Bio-) Kunststoffen.

Bisher gibt es nur wenige Untersuchungen über das Verhalten von Kunststoffen in Böden. Die Straubinger Wissenschaftler leisten mit ihrer Grundlagenforschung einen wichtigen Beitrag zum besseren Verständnis dieser Prozesse.

meeren: Wenn die Mengen immer größer werden, bekommen wir Probleme.“ Bisher gibt es nur wenige Untersuchungen über das Verhalten von Kunststoffen in Böden. Die Straubinger Wissenschaftler leisten mit ihrer Grundlagenforschung einen wichtigen Beitrag zum besseren Verständnis dieser Prozesse. Dabei gehe es ihnen nicht darum, bestimmte landwirtschaftliche Praktiken abzuwerten oder konventionelle Kunststoffe von vornherein als schlecht abzustempeln, betont Zollfrank die Ergebnisoffenheit seiner Arbeit.

PLA im Feld nur langsam abbaubar

Dass Biokunststoffe heute noch nicht alle Erwartungen erfüllen, zeigt folgendes Beispiel. Dr. Maria Naumann forscht am Lehrstuhl Biogene Polymere unter anderem zur Abbaubarkeit von Kunststoffen auf Basis von Polymilchsäure (PLA). Der durchsichtige Stoff ist so etwas wie der Star unter den Biokunststoffen. Er lässt sich gut industriell verarbeiten und findet vielfältige Verwendung, häufig in Lebensmittelverpackungen, aber auch in der Landwirtschaft, beispielsweise als Material für Silageballen oder Pflanztöpfe. Naumann berichtet, dass Kompostierbarkeit oft fälschlicherweise mit guter Bioabbaubarkeit in der Umwelt gleichgesetzt wird: „Wir haben aber festgestellt, dass sich Polymilchsäure im Boden nicht gut biologisch abbaut.“ Während in Kompostieranlagen optimale Bedingungen für den Abbau geschaffen werden können (Mikroorganismen, Temperatur, Feuchtigkeit und Sauerstoffversorgung), liegen diese in der Natur nicht vor, dort ist es durchschnittlich wesentlich kälter und trockener. Der Abbau von PLA erfolgt zunächst durch Hydrolyse, die Spaltung der chemischen Bindungen durch Reaktion mit Wasser. Die dabei entstehende Milchsäure dient Mikroorganismen als Nahrung. „Im Boden ist die Hydrolyse im Vergleich zur Kompostieranlage sehr verlangsamt, und damit auch der biologische Abbau, die Abbauraten liegen bei wenigen Prozent pro Jahr“, erklärt Naumann. Das sind keine guten Nachrichten für Landwirte, die Folien aus PLA aufs Feld bringen, in dem Glauben, sie könnten diese liegen lassen und später unterpflügen. „Die müssten sie genauso wieder einsammeln wie die konventionellen aus Polyethylen“, sagt Naumann. Eine Alternative sieht sie in Folien auf Stärkebasis, die im Handel erhältlich sind. Diese würden sich schneller auflösen und ihre gewünschte Beständigkeit würde sich gut über die Dicke des Materials steuern lassen.

Entwicklung funktioneller Materialien

Als langfristiges Ziel der Forschung an Biokunststoffen für die Landwirtschaft sieht Zollfrank eine neue Art von Kunststoff, der beim Abbau Nährstoffe freigeben könnte, die zur Verbesserung der Bodenstruktur und zum Erhalt der Fruchtbarkeit beitragen. Das kann insbesondere durch die Wahl der dem Kunststoff zugrunde liegenden Polymere erreicht werden. Verwendet man Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen, wie etwa Cellulose, Stärke, Chitin oder Lignin, ist ein biologischer Abbau wahrscheinlich (S. 50). Zudem ließe sich auch durch bestimmte Additive (Mineralstoffe, Huminstoffe), die im Boden freigesetzt werden, eine bodenverbessernde Funktion erreichen. „Wir sind hier noch ganz am Anfang, weil wir sowohl die Eintragswege als auch die Abbauwege genauer verstehen müssen. Land- oder forstwirtschaftlich funktionelle Materialien entwickeln wir dann durch Additive, die vielleicht bei den Gebrauchseigenschaften keine große Rolle spielen, aber beim Abbau ihre nützlichen Inhaltsstoffe freigeben werden.“

Karsten Werth

Prof. Cordt Zollfrank

studierte Chemie an der TUM. Anschließend wechselte er an das Institut für Holzforschung der LMU, später TUM, wo er über ein holzchemisches Thema zum Doktor der Forstwissenschaften promovierte. Von 2000 bis 2002 forschte er zunächst als Postdoktorand an der Universität Erlangen-Nürnberg am Lehrstuhl für Glas und Keramik im Bereich der Biomimetischen Materialsynthese. Ab 2002 baute er als wissenschaftlicher Assistent die Arbeitsgruppe Biotechnische Keramik und Biomaterialien auf und habilitierte sich 2009 für das Fach Werkstoffwissenschaften. 2011 wurde er zum Professor für das Fachgebiet Biogene Polymere der TUM am WZS berufen.

2013 erhielt Zollfrank ein mit 1,25 Millionen Euro dotiertes Reinhart Koselleck-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

2016 wurde er in die renommierte Internationale Akademie der Holzwissenschaft (International Academy of Wood Science/IAWS) aufgenommen.

Impressum

Herausgeber
Präsident der Technischen Universität München
Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang A. Herrmann

Redaktion
Sabine Letz (verantwortlich), Dr. Christine Rüth

Autoren
Gerlinde Felix, Birgit Fenzel, Sabine Letz, Dr. Karsten Werth

Fotos
Uli Benz (S. U1, 5, 6 links oben, Mitte; 7 oben, 15 oben, 16 oben, 16A–17A, 17, 19, 23, 25, S. 26B oben, 32B–33A, 36–39, 40–42); Astrid Eckert (S. 10, 14, 18, 32, 47); ediundsepp (S. 6 unten, 21, 51); Andreas Heddergott (S. 4, 8A, 10, 12, 13, 14, 15 unten, 18, 20, 26, 26B unten, 27A, 27B oben, 29, 30, 33B, 48, 49, 52); Photocase (S. 40 oben, 41); Privat (S. 22, 24); TUM Lehrstuhl für Phytopathologie (S. 7 rechts, 26A, 27B unten, 27); TUM Professur für Biogene Polymere (S. 52)

Grafiken
ediundsepp Gestaltungsgesellschaft, München
(S. 6 links unten, 8–9, 28, 30–31, 32A, 34–35, 43, 44, 51)

Gestaltung
ediundsepp Gestaltungsgesellschaft, München

Lektorat
Angela Obermaier

Auflage
5.000 Stück

Herstellung
Druckerei Fibo Druck und Verlags GmbH, Neuried

Gedruckt auf
Papyrus RecyStar Nature (Zertifikate: Der blaue Engel, EU Ecolabel, DIN ISO 9706)
Papyrus RecySatin (Zertifikat: FSC–recycled)

© 2016 für alle Beiträge Technische Universität München, Corporate Communications Center, 80290 München. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur in Absprache mit der Redaktion.

FS
TU 97