

Unter uns

Die komplizierte Beziehung zwischen Mensch und Boden



Liebe Leserinnen und Leser,

die Fußspuren auf dem Cover dieser Ausgabe machen es deutlich: Böden sind unsere Lebensgrundlage. Und sie haben eine tragende Rolle. Sie sichern die Ernährung für eine wachsende Bevölkerung und sind wichtige Partner beim Klimaschutz. Denn Böden speichern Kohlenstoff und sind deshalb eine natürliche Treibhausgassenke. Mehr als zwei Milliarden Tonnen Kohlenstoff sind allein in den landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands gespeichert. Um ein Gespür dafür zu bekommen, was das heißt, hier eine weitere Zahl: Die gesamten CO₂-Emissionen Deutschlands lagen 2016 bei 219 Millionen Tonnen. Die Wald- und Agrarökosysteme speichern zusammen so viel organischen Kohlenstoff wie Deutschland bei dem derzeitigen Emissionsniveau in 23 Jahren an CO₂ emittiert.

Was jedoch vielen nicht immer präsent ist: Unsere Böden sind endlich – und eine nicht erneuerbare Ressource. Um ihr Kohlenstoff-Speicherpotenzial nutzen zu können und die hohe Fruchtbarkeit unserer Böden in Deutschland zu erhalten, müssen wir sie abwechslungsreicher und nachhaltiger bewirtschaften. Das macht auch die aktuelle Ackerbastrategie unseres Ministeriums deutlich. Klares Ziel ist dabei, den Bodenschutz und die Bodenfruchtbarkeit weiter zu stärken und damit auch die Speicherung von Kohlenstoff durch eine nachhaltige Humuswirtschaft zu erhalten – und wo möglich zu erhöhen.

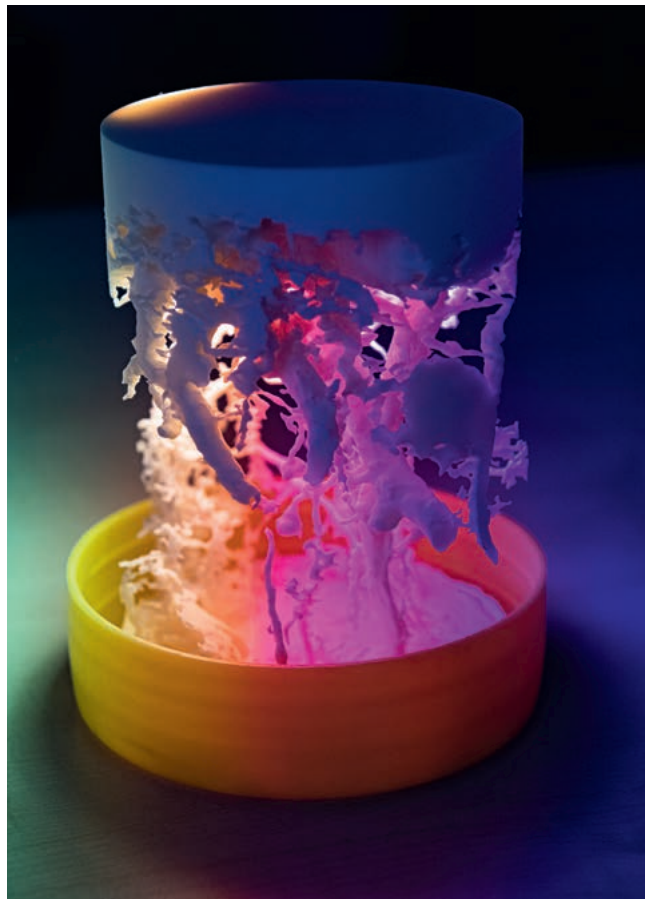
Um das zu erreichen, brauchen wir die Erkenntnisse aus der Wissenschaft: Sie helfen uns, das komplexe Ökosystem Boden besser zu verstehen, und liefern uns neue Ansätze, um fruchtbare Böden zu erhalten oder die Fruchtbarkeit sogar zu erhöhen. In dieser Ausgabe der **forschungsfelder** geben wir Ihnen deshalb Einblicke in die Arbeit von Forscherinnen und Forschern, die sich im Auftrag unseres Ministeriums mit Böden befassen: Finden Sie heraus, warum ein Team aus Fachleuten Bodenproben in einem medizinischen Computertomografen scannt, wieso es sinnvoll ist, auf Pflanzen mit „Tiefgang“ zu setzen – und was Moore mit Spreewaldgurken gemeinsam haben.

Viel Spaß beim Lesen!

Ihre
Julia Klöckner
Bundesministerin für Ernährung und Landwirtschaft

INHALT

- 4 Wissen in Häppchen**
Von Maulwürfen, Wattböden und extremen Wetterlagen
- 6 Das besondere Foto**
- 8 Bunter Grund**
Böden sind so vielfältig wie die Sprache, mit der sie beschrieben werden
- 10 Schicht für Schicht**
Ein Forschungsteam scannt Bodenproben im Computertomografen
- 16 Druck von oben**
Neue Technologien machen schwere Landmaschinen sensibler
- 20 Hier wimmelt's**
Eine Infografik zeigt Leben und Beziehungen im Untergrund
- 22 Neues Nass**
Wie entwässerte Moore wieder zu Klimaschützern werden
- 27 Landkarte**
- 28 Forschungslandschaft**
- 30 Mit Tiefgang**
Mehr Vielfalt im Wurzelwerk hilft nicht nur dem Boden
- 34 Forschungsfrage**
Was Satelliten über unsere Böden verraten
- 35 Impressum**



Was aussieht wie ein modernes Kunstwerk, ist ein Modell, das einen Teil des Bodens sichtbar macht: die mit Luft gefüllten Makroporen. Es entstand im 3-D-Drucker – auf Basis einer CT-Analyse. Warum die Forscherinnen und Forscher des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Bodenproben auf diese Weise durchleuchten, lesen Sie auf Seite 10.

Foto: Jan Windszus; Illustration: Sarah Heiß

forschungsfelder
» Ausgabe downloaden
» Kostenfreies Abonnement
www.forschungsfelder.de

Termine

3.—5.4.

FORST live: Internationale Fachmesse für Forsttechnik und Erneuerbare Energien, Offenburg

26.—27.5.

Biogas-Innovationskongress, Osnabrück

9.—10.6.

Woche der Umwelt, Berlin

Die Veranstaltung findet alle vier Jahre im Park von Schloss Bellevue statt und bietet ein umfangreiches Programm rund um Umwelt und Nachhaltigkeit. 180 Ausstellerinnen und Aussteller präsentieren ihre Projekte.

13.—14.6.

Tag des offenen Hofes, bundesweit

Mehr als 800 Bauernfamilien öffnen ihre Tore für Besucherinnen und Besucher.

16.—18.6.

DLG-Felddtage – Treffpunkt für Pflanzenbauprofis, Gut Brockhof in Erwitte/Lippstadt (NRW)

BODEN UND TIER DES JAHRES 2020



Im Watt ist was los

Wattböden sind geprägt von einem Wechselspiel aus Wasser, Wind, Salz und unterschiedlichen Temperaturen. Hier hat sich eine einzigartige Lebensgemeinschaft von Algen, Bakterien, Würmern, Muscheln, Schnecken, Fischen, Krebsen und Vögeln entwickelt. Ihr Lebensraum ist durch den Klimawandel besonders bedroht. Um mehr Bewusstsein für die Artenvielfalt des Wattbodens zu schaffen, hat ihn die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG) zum Boden des Jahres 2020 erklärt. Denn auch wenn Wattgebiete in allen Klimazonen und auf allen Kontinenten vorkommen, sind sie gerade für Deutschland wichtig: An der Nordseeküste liegt mit etwa 3.500 Quadratkilometern das größte zusammenhängende Watt der Erde.



Vier Daumen hoch

Die Deutsche Wildtier Stiftung macht dieses Jahr auf ein Lebewesen aufmerksam, das großteils im Verborgenen lebt: Sie hat den Europäischen Maulwurf zum Tier des Jahres 2020 gekürt. Die Art ist zwar nicht bedroht, doch ihr Lebensraum – Wiesen und Weiden – verkleinert sich stetig. Zudem will die Stiftung die bedeutende Rolle der Maulwürfe für unsere Böden hervorheben. Denn sie machen Jagd auf Pflanzenschädlinge und durchlüften den Boden mit ihren weitläufigen Tunnelsystemen. Um sich durch diese Gänge zu bewegen, haben die Tiere eine einzigartige Form der Fortbewegung entwickelt: Sie stützen sich auf ihren zusätzlichen „falschen Daumen“ an den beiden großen Grabenschaufeln und ziehen ihren Körper voran – ähnlich wie ein Mensch auf Krücken. Das beobachteten nun erstmals Forscherinnen und Forscher, während sie mit Hochgeschwindigkeitskameras einen Maulwurf auf dem Weg durch einen Plastiktunnel filmten.

Für jedes Wetter gewappnet

Dürre, Starkregen, Hagel: Extreme Wetterereignisse werden häufiger – mit drastischen Folgen für die Landwirtschaft. So kann es vermehrt zu Ernteaussfällen und Bodenerosion, bei Äpfeln sogar zu Sonnenbrand kommen. Wie können solche Schäden vermindert werden? Dieser Frage gehen Forscherinnen und Forscher des Julius Kühn-Instituts, des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) und des Deutschen Wetterdienstes nach. Gemeinsam haben sie Wetterdaten und Risiken analysiert und ein digitales Vorwarnsystem entwickelt. Es soll Landwirtinnen und Landwirte über eine Internetplattform und eine App informieren, welche Schäden drohen und welche Vorkehrungen sie treffen können. Getestet wird das System beim Apfel- und Weizenanbau im Alten Land und in der Uckermark.

STICHWORT

HUMUS

bezeichnet abgestorbene pflanzliche und tierische Überreste in und auf einem Mineralboden. Bodenorganismen tragen durch ihren Stoffwechsel laufend zum Auf-, Um- oder Abbau des Humus bei. Humus ist wichtig für die Bodenfruchtbarkeit, da er Pflanzen mit Nährstoffen und Wasser versorgt und den Wasser-, Wärme- und Lufthaushalt eines Bodens beeinflusst. Sein Gehalt variiert jedoch je nach Bodentyp, klimatischen Bedingungen und Bodenbewirtschaftung sehr stark.



Weißes Gold

Foto: Matjaž Krivic/INSTITUTE

Salzvorrat für die Zukunft: In der bolivianischen Fabrik Planta Llipi am Salar de Uyuni – dem größten Salzsee der Welt – wird Lithium produziert. Als wesentlicher Bestandteil der Akkus von Smartphones und Elektroautos steigt die Nachfrage nach dem Rohstoff exponentiell an. Laut Schätzungen liegen drei Viertel aller Vorkommen im Dreiländereck von Argentinien, Chile und Bolivien. Dort setzt ein neuer „Goldrausch“ ein. Das birgt wirtschaftliche Chancen für die Länder – aber auch Konflikte um Land und Einkommen.



BUNTER GRUND

Unsere Böden sind so vielfältig wie das Leben, das in und auf ihnen stattfindet. Das gilt selbst für die Sprache, mit der sie beschrieben werden.

Auch wenn es auf den ersten Blick eher an ein wild gemustertes Outfit oder eine besonders abstrakte Version von „Malen nach Zahlen“ erinnert: Was Sie links sehen, ist der Ausschnitt einer Landkarte, die die verschiedenen Böden Deutschlands zeigt. Jede Zahl steht darauf für einen anderen Bodentyp – und die haben zum Teil poetisch klingende Namen. Da ist zum Beispiel der „Pseudogley aus lehmig-sandigem Geschiebemergel“, der in Schlämmgrün und mit der 23 eingezeichnet ist. Haben Sie ihn entdeckt? Dieser Bodentyp ist auf der Karte ganz oben, an der Ostsee, zu finden. Er wird in der Fachsprache auch als „schluffig“

bezeichnet. Das bedeutet, dass er kleine mehrtartige Bodenpartikel enthält, die Schluff genannt werden. So faszinierend wie die Sprache, mit der Böden beschrieben werden, sind auch die unterschiedlichen Lebewesen, denen die Bodentypen einen Lebensraum bieten. Diese Vielfalt – über und unter der Oberfläche – ist für uns Menschen von großer Bedeutung. Doch sie ist bedroht: unter anderem durch die Folgen des Klimawandels sowie durch eine zu intensive Nutzung für die Landwirtschaft. Hier gilt es, Lösungen zu finden, um mit der Ressource Boden schonender umzugehen – damit sie auch in Zukunft unsere Lebensgrundlage bilden kann.

SCHICHT FÜR SCHICHT

Ein Team aus Forscherinnen und Forschern lüftet die Geheimnisse der Böden: Mithilfe eines Computertomografen (CT) beleuchten sie Proben aus dem Erdreich von allen Seiten – und nutzen die neuen Erkenntnisse, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten.

Noch glitzert der morgendliche Raureif auf den Wiesen, doch der leichte Frost der letzten Nacht ist kaum in den Boden gedrungen. Für Dr. Monika Joschko und Holger Schulz ist das ein Glücksfall. Denn sie wollen an diesem Tag auf den Versuchsfeldern des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) in Müncheberg besondere Bodenproben nehmen. Starker Frost hätte ihre Pläne durchkreuzt. Doch heute ist der Boden weich genug, um mit einem Spezialgerät in die Erde vorzudringen. Behutsam setzt der Werkzeugmacher Holger Schulz den Bohrer an, der sich langsam in den Boden schraubt. Gemeinsam mit seinem Team eines Unternehmens für Umwelttechnik in Müncheberg hat Schulz das Gerät entwickelt – nach den Wünschen und Vorstellungen der Bodenforscherinnen und Bodenforscher des ZALF. Durch einen ausgeklügelten





Mit einem speziellen Bohrer entnimmt der Werkzeugmacher Holger Schulz eine Bodenprobe. Dabei bleibt das Bodengefüge samt Wurzeln und Regenwurmgingen durch einen besonderen Mechanismus intakt. Im Anschluss wandert der Zylinder in den Computertomografen (CT), wo das Forschungsteam ihn durchleuchtet.

Mechanismus senkt sich im Inneren des Bohrers ein Zylinder in den Boden, während die Erde um den äußeren Rand herum weggeschaufelt wird. Mit dem Ergebnis dieses Verfahrens ist die Bodenbiologin Monika Joschko äußerst zufrieden. Ihr geht es vor allem darum, ein intaktes Bodenprofil der oberen Bodenschichten zu erhalten. Am Ende hält sie einen zwölf mal zwölf Zentimeter großen Zylinder aus Plexiglas in der Hand, der genau dieses in seinem Inneren konserviert: Jedes Körnchen und Steinchen, jede Wurzel und jeder Regenwurmgang sind unverändert erhalten geblieben. Ein Spatenstich würde diese Strukturen zerstören. „Bodengefüge“ nennen die Fachleute die räumliche Anordnung der festen Boden-



partikel, die sich unter der Oberfläche verbirgt. Sie verrät ihnen einiges über den Zustand und die Eigenschaften des Erdreichs, aber auch über seine Bewirtschaftung. „Nur 45 Prozent eines gesunden Bodens bestehen aus festen mineralischen Bestandteilen – aus Tonen, Mineralen, Sand und Lehm –, der Rest sind Wasser, Biomasse und luftgefüllte Poren in allen möglichen Größen“, erklärt der Bodenkundler Prof. Dr. Wilfried Hierold, der gemeinsam mit Monika Joschko am ZALF im Projekt „DIWELA“ forscht – gefördert von der Landwirtschaftlichen Rentenbank und dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Ziel des Projekts ist es, auf Grundlage des Bodengefüges ein Diagnosewerkzeug für Landwirtinnen und Landwirte zu entwickeln, um die Bodenfruchtbarkeit steigern zu können. Denn Fruchtbarkeit und Bodengefüge sind zwei Größen, die untrennbar miteinander verbunden sind.

Auf die Poren kommt es an

Nach einem ersten Blick auf die Bodenprobe erkennt Monika Joschko sofort: „Hier haben wir nur wenige große Makroporen, die Aktivität von Regenwürmern ist

»Das Bodengefüge ist die zentrale Schnittstelle für alle wichtigen Bodenfunktionen.«

gering.“ Für die Forscherin ein erstes Indiz, dass der Boden vielleicht nicht optimal bewirtschaftet wird. Denn eine hohe Anzahl an Regenwürmern ist wichtig und erwünscht. Die Tiere durchlüften den Boden,

bauen tote Pflanzenreste ab und geben Nährstoffe frei – sie garantieren, dass der Boden fruchtbar bleibt. Es gibt neben diesem sofort sichtbaren Merkmal aber noch zahlreiche weitere, oft weniger gut erkennbare Strukturen des Bodengefüges, die ebenfalls Aussagen über Fruchtbarkeit, Gesundheit und Speichervermögen von Wasser und Nährstoffen zulassen. Deshalb möchte Joschko noch einen viel detaillierteren Blick auf ihre Probe werfen und nutzt dafür ein Verfahren aus der Medizin. Mit ihren gut verpackten Zylindern macht sich die Wissenschaftlerin auf den Weg nach Berlin. Hier, am Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW), wird sie von Tierarzt Guido Fritsch bereits erwartet. In seinem Labor steht ein Computertomograf, mit dem er normalerweise die Tiere des angrenzenden Tierparks untersucht. „Dieses Gerät ist eigentlich für die Humanmedizin konstruiert“, erklärt Fritsch. „Es ist eines der besten, die es der-

Die Röntgendetektoren und die Software des CT-Geräts verwandeln die Proben nach wenigen Sekunden in ein hochaufgelöstes digitales Abbild.



Am Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung macht ein Computertomograf die Mikrostrukturen der Bodenprobe sichtbar. Aus einer Vielzahl von Röntgenaufnahmen wird ein mehrdimensionales Bild erzeugt. Je dichter das Material, desto heller ist der Ton.

zeit gibt.“ Der Untersuchungstisch des Geräts hält 320 Kilogramm aus – auf ihm lag auch schon der Eisbär Knut aus dem Zoologischen Garten in Berlin. Hin und wieder scannt Fritsch damit auch ganz besondere Objekte, etwa den versteinerten Urvogel Archäopteryx aus dem Berliner Naturkundemuseum oder Mumien aus der Steinzeit.

Dagegen mögen die Bodenproben aus dem märkischen Müncheberg auf den ersten Blick unscheinbar wirken. Doch auch sie geben viele Geheimnisse preis. Die Röntgendetektoren und die Software des CT-Geräts verwandeln die Proben nach wenigen Sekunden in ein hochaufgelöstes digitales Abbild. Die Forscherinnen und Forscher können so mithilfe von Hunderten Bildern den gesamten Längs- und Querschnitt der Probe bis auf den Mikrometerbereich analysieren. „Virtuelle Brotschneidemaschine“ nennt Fritsch das Hightech-Gerät liebevoll, weil es Schicht um Schicht das Innere von Körpern und Proben sichtbar macht.

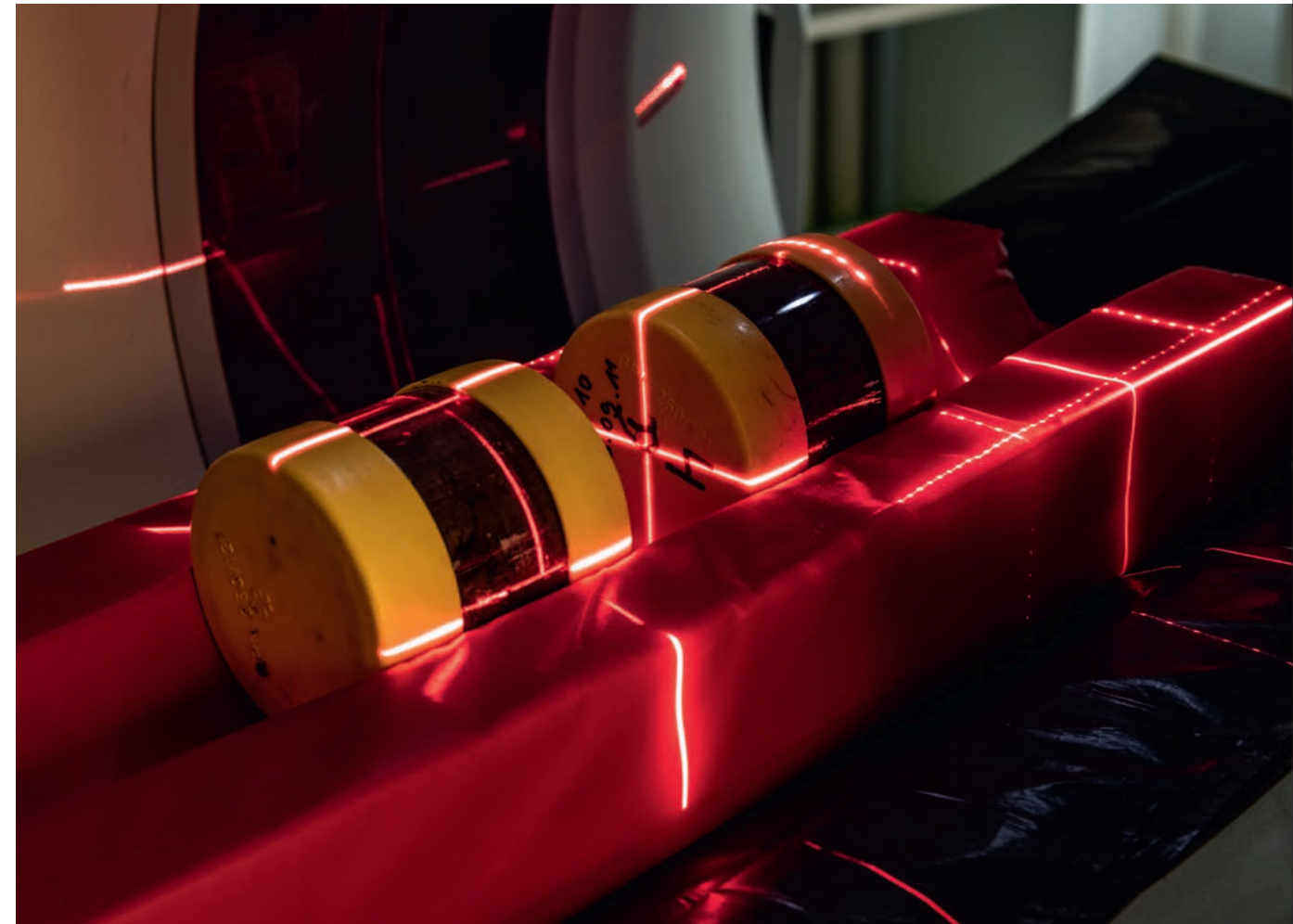
Kleinere Steinchen, grober Sand, Wurzelgänge, Verdauungsreste von Regenwürmern, mikroskopisch kleine Aggregate – all das erscheint auf dem Monitor in verschiedenen Grautönen. Je dichter das Material, desto heller ist der Ton. Die luftgefüllten Poren sind fast schwarz.

Mit ihrer Methode machen die Forscherinnen und Forscher diese Mikrostrukturen sichtbar. Sie können mit den Bildern aus dem CT-Gerät gemessen und quantifiziert werden. Die so erhaltenen Daten liefern nicht nur wertvolle Informationen über den Status quo, sondern auch Hinweise dafür, wie ein angepasstes Bodenmanagement das Bodengefüge verbessern kann. Bereits zwei bis vier Proben genügen, um zu ermitteln, wie verdichtet der Ackerboden ist oder wie sich die Bodenbearbeitung auf das Gefüge auswirkt.

„Das Bodengefüge ist die zentrale Schnittstelle für alle wichtigen Bodenfunktionen“, betont Monika Joschko. „Und es ist der beste Indikator für Bodenfruchtbarkeit.“ Von seiner Struktur hängt ab, wie hoch der Kohlenstoffumsatz ist, wie gut die Samen keimen und ob es reichlich Bodenleben gibt. Dort, wo

das Gefüge verdichtet ist, haben es Pflanzenwurzeln schwer, das Wasser wird schlechter gespeichert und Nährstoffe sind weniger gut verfügbar. Dann bleiben auch die Erträge niedrig. Ein einheitliches Bild eines gesunden oder kranken Bodens gibt es aber nicht. Je nachdem, ob die Erde sandig oder lehmig, ob das Klima feucht oder trocken ist, variiert auch die Struktur.

In einem „Gefügeatlas“ stellen die Forscherinnen und Forscher des ZALF nun unterschiedliche Gefügebilder zusammen und beschreiben diese. „Hier arbeiten wir die Ergebnisse praxisgerecht auf“, erklärt Isabell Szallies vom Unternehmen agrathaer, das eng mit dem Institut kooperiert und dafür sorgt, dass die Erkenntnisse aus der Forschung auch bei den Menschen ankommen, die die Felder bewirtschaften. Der Gefügeatlas als Handreichung ist ein erster wichtiger Schritt



dafür. Er soll vermitteln, auf welche Indikatoren Landwirtinnen und Landwirte achten müssen. Neun Standorte wurden dafür im ersten Schritt analysiert.

Datenschatz statt Spatenstich

Landwirtinnen und Landwirte sollen künftig leichter abschätzen können, was ihrem Boden guttut. Bisher gilt die „Spatendiagnose“ als Methode der Wahl, bei der sich mit einem Stich und auf einen Blick grob erfassen lässt, in welcher Verfassung ein Acker ist. Weitaus mehr Informationen über den Boden kann das bildgebende Verfahren liefern. Auch mithilfe von künstlicher Intelligenz will das Team diesen Datenschatz heben und verfügbar machen.

Dr. Ralf Wieland ist der Herr über das dafür notwendige leistungsstarke Rechen-

cluster am ZALF. Hier trainiert der Informatiker mit Tausenden Bildern aus der Computertomografie seine Systeme. Sie analysieren die Strukturen, erstellen Tabellen, verarbeiten alle Informationen digital. Am Ende sollen die Programme selbstständig erkennen und mathematisch definieren, was die jeweiligen Profile über den Zustand des Bodens verraten. Auf dieser Basis sollen Landwirtinnen und Landwirte Empfehlungen erhalten, wie sie ihren Boden optimal bewirtschaften.

„In Zukunft wollen wir Analysegeräte direkt an den landwirtschaftlichen Maschinen haben“, beschreibt Ralf Wieland seine Vision. Die Instrumente an Bord könnten dann alles in kurzer Zeit und ohne zusätzlichen Aufwand erledigen: Probenahme, Erstellen von Bildern, Auswertung, Diagnose und Empfehlungen

für das Bodenmanagement – mit diesem Rundum-Paket sollen Landwirtinnen und Landwirte sofort wissen, was ihr Boden braucht. Sollte die Bodenbearbeitung verändert werden? Ist eine Zwischenfrucht mit Leguminosen wie Luzerne oder Klee sinnvoll, um die Bodenstruktur zu stabilisieren? Muss das Bodenleben durch Kompostgaben gefördert werden? Auf all diese Fragen könnten so schnelle und fundierte Antworten geliefert werden.

Noch ist das alles Zukunftsmusik, aber Monika Joschko ist zuversichtlich: „Die Digitalisierung schreitet voran, gerade in der Landwirtschaft.“ Eine automatisierte Bodenanalyse, die sofort hochdetaillierte Ergebnisse liefert – in 20 Jahren sei das sicher Standard.

Von Heike Kampe



DRUCK VON OBEN

Äcker clever zu bearbeiten, will gelernt sein. Damit der Boden nicht verdichtet, muss zur richtigen Zeit das richtige Werkzeug zum Einsatz kommen. Heute sind auf den Feldern Hightech-Landmaschinen unterwegs – das führt mitunter zu Problemen wie etwa Bodenverdichtung. Ein Forscherteam am Thünen-Institut arbeitet daran, die Schwergewichte mit sensiblen Fühlern auszustatten.

Wenden oder nicht wenden?
Oft eine Frage der Region

„Bei der Bodenbearbeitung gibt es derzeit drei gängige Verfahren: Wendende Bodenbearbeitung, nicht wendende Bodenbearbeitung und Direktsaatverfahren“, erklärt PD Dr. Joachim Brunotte vom Thünen-Institut. In den 1960er-Jahren wurden die Böden zu 100 Prozent mit dem Pflug bearbeitet. Im Verlauf der Jahre ist man aber dazu übergegangen, den Boden weniger stark zu wenden und Reststoffe an der Oberfläche zu belassen. Denn das schützt vor Bodenabtragung durch Wind oder Wasser. Der Boden wird in seinem natürlichen Aufbau belassen. „Man spricht in diesem Fall von konservierender Bodenbearbeitung. Gegenwärtig haben wir ungefähr noch 50 Prozent Pflugeinsatz und bereits 50 Prozent nicht wendende Verfahren, bei denen sogenannte Grubber und Eggen zum Einsatz kommen“, sagt Brunotte. Direktsaatverfahren, also solche, bei denen die neue Saat ohne vorherige Bodenbearbeitung direkt auf den Acker gebracht wird, spielen nur bei etwa einem Prozent der Böden eine Rolle. „Regional gibt es allerdings sehr große Unterschiede. In der Vorharz-Region, also dort, wo es hügelig und eher trocken ist und wo Zuckerrüben und Mais angebaut werden, findet man mit-

unter über 90 Prozent nicht wendende Bodenbearbeitung. In niederschlagsreicheren Regionen, wie etwa dem Kraichgau, hat der Pflug eine größere Verbreitung.“

Lieber nicht: Erst Pflug, dann schwere Maschinen

Für welche Methode der Bewirtschaftung sich die Landwirtin oder der Landwirt entscheidet, hänge von vielen Faktoren ab, sagt Brunotte. „Der Pflug ist das Mittel der Wahl, wenn der Acker sehr zerfahren ist, wenn es sehr feucht ist, oder aber auch, wenn man Pilzbefall hat oder Pflanzenreste auf dem Acker liegen, die von Schädlingen wie dem Maiszünsler befallen sind.“ Das Umpflügen durchbricht dann die Infektionskette. Es gebe also immer noch gute Gründe für den Einsatz des Pflugs – gleichzeitig berge dieser aber auch Risiken und Nachteile. Abgesehen davon, dass der Pflug in den Anschaffungskosten annähernd doppelt so teuer ist wie ein Grubber, greife man beim Pflügen auch massiver in das Bodengefüge ein: „Je tiefer ich arbeite, desto mehr Wasser bringe ich an die Oberfläche und damit zur Verdunstung – im Zweifelsfall fehlt das dann später der Kulturpflanze. Ist die Bodenoberfläche eingeebnet und ohne pflanzliche Reststoffe, ist außerdem die Gefahr für Verschläm-

Wo früher mit Pferd und Holzpflug das Land bestellt wurde, fahren heute tonnenschwere Maschinen über den Acker. Für viele Landwirtinnen und Landwirte sind diese unverzichtbar, da sie – um genug Einkommen zu erzielen – immer größere Flächen bestellen. Damit der Boden trotzdem fruchtbar bleibt, sind Augenmaß und Fingerspitzengefühl gefragt: So muss beispielsweise je nach Standort und Situation individuell entschieden werden, wie der Boden am besten zu bearbeiten ist.



Bei den Versuchen auf dem Acker kam auch ein sogenannter Rübenroder zum Einsatz: Die schwere Landmaschine ist mit dicker Bereifung ausgestattet, um den Druck auf den Boden zu verteilen.

Foto: Hans-Heinrich Voßenrich/Thünen-Institut

mung und Abtragung von Boden durch Wind und Wasser besonders groß.“ Die Arbeitsbreite eines Pflugs ist – im Vergleich zu einem Grubber – relativ gering; viele Überfahrten sind daher nötig, viele Fahrspuren entstehen. „Kritisch ist zudem, dass eine Überlockerung des Gefüges entsteht und man dadurch sehr viel Luft in den Boden bringt. Dadurch sinkt die Tragfähigkeit für schwere Maschinen“, sagt der Wissenschaftler. Eben solche schaffen die Agrarbetriebe aber zunehmend an.

Ursächlich dafür ist ein Strukturwandel: Während die Anzahl der Betriebe seit den 1970er-Jahren stark gesunken ist, stieg die Zahl der pro Betrieb jeweils zu bearbeitenden Flächen enorm. Moderne Landmaschinen machen dies möglich, sie sind im Verlauf immer größer und schwerer geworden. Das bedeutet gleichzeitig, dass der Druck auf den Boden steigt. „Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sind schwere Maschinen derzeit die Hauptursache für schadhafte Boden-

verdichtungen“, sagt Dr. Marco Lorenz, Bodenphysiker am Thünen-Institut. „Böden haben neben der Ertragsfunktion ja auch noch eine Lebensraum-, Filter- und Pufferfunktion. Wenn man sich das zusammengedrückte Porensystem vor-

Böden dienen auch noch als Lebensraum, Filter und Puffer.

stellt, ahnt man leicht, dass der Boden diese Funktionen nicht mehr erfüllen kann.“ Er bekommt nicht mehr genügend Sauerstoff, kann Wasser nicht in ausreichendem Maße aufnehmen und Wurzeln können durch die Verdichtung nicht mehr nach unten dringen. Auch die Aktivität von Bodenlebewesen wie etwa

Regenwürmern, Asseln und Milben, die maßgeblich an der Bildung von fruchtbarem Humus beteiligt sind, ist stark gemindert. „Die Folgen können Abtragung von Boden durch Wind und Wasser sowie stehendes Wasser an der Oberfläche sein – und natürlich eine verminderte Ertragsfähigkeit“, sagt Lorenz.

Ein Spatenstich, bevor die Fahrt beginnt

Wie empfindlich ein Boden für Verdichtung ist, hängt von seiner Art, seinem Aufbau und auch von der jeweils herrschenden Bodenfeuchte ab (mehr dazu auch in der Forschungsfrage auf Seite 34). Die Landwirtin oder der Landwirt muss entscheiden: Zu welchem Zeitpunkt fahre ich aufs Feld und mit welcher Belastung? „Um das zu entscheiden, hebt sie oder er im Optimalfall einfach mit einem handelsüblichen Spaten ein Stück Erde aus und analysiert diese“, sagt Brunotte. „Wenn die Böden an diesem Tag trocken

sind, macht eine hohe Belastung weniger Schaden, als wenn der Boden sehr feucht ist“, ergänzt Lorenz. „Auch der Tongehalt spielt eine Rolle: Je höher er ist, desto verdichtungsempfindlicher ist der Boden im Vergleich zu lehmigen oder sandigeren Böden.“

Während Landwirtinnen und Landwirte Verdichtungen im Oberboden mit einem Pflug durchaus wieder beseitigen können, ist eine Schädigung des Unterbodens – aufgrund der begrenzten Werkzeugtiefe – praktisch irreversibel. „An der Basis der Krume – das ist der oberste bearbeitete Bodenhorizont – entsteht aber mit der Zeit eine relativ kompakte Pflugsohle, das ist so etwas wie ein tragender Balken im Boden. Dieser Bereich ist etwas stärker verdichtet, aber noch ausreichend durchlässig für Wurzeln, Wasser, Luft und Nährstoffe. Diese Zone puffert viel von dem Druck ab, der oben durch die Maschinen aufgebracht wird“, erklärt Brunotte.

Spontan runter mit dem Reifendruck

Bis zu welcher Tiefe die Verdichtung tatsächlich dringt, hängt entscheidend von den Radlasten ab. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Thünen-Instituts arbeiten im Forschungsprojekt „SOILAssist“ daher an einer Sensorik, die Landwirtinnen und Landwirten während der Befahrung der Äcker in Echtzeit Daten zur Bodenbelastung übermittelt. „Wir haben in unseren Experimenten verschiedene Sensoren in der Maschine, die Parameter wie beispielsweise die Spurtiefe des Reifens oder die sogenannte Reifenabplattung messen. An Letzterer kann dann die Radlast bestimmt werden.“ Je schwerer ein Fahrzeug ist – weil es im Laufe einer Fahrt beispielsweise sehr viel Ernte eingefahren hat – desto mehr Druck übt es auf den Reifen und damit auf den Boden aus. Durch Anpassung des Reifeninnendrucks kann die Auflagefläche des Reifens auf dem Untergrund vergrößert werden. Je größer

diese Reifenabplattung und damit die Auflagefläche ist, desto besser kann sich dann der Druck auf dem Untergrund verteilen – und desto geringer ist die Bodenbeanspruchung an einer einzelnen Stelle. „Ziel unserer Forschung ist es, mit den Sensoren die aktuelle Situation der Maschine und des Bodens möglichst genau ableiten zu können“, sagt Lorenz. Einzelne Fahrzeugparameter können die Maschinenführenden dann umgehend anpassen: Etwa an einer Stelle mit Staunässe auf Knopfdruck den Reifendruck vermindern, um die Kontaktfläche des Schleppers zu erhöhen. „Ziel ist es, die Sensorik zukünftig möglichst in jede Maschine – vom Mähdrescher bis zum Rübenroder – verbauen zu können.“ Nur mit einer solch schonenden und nachhaltigen Bewirtschaftung wird es langfristig gelingen, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Die Landwirtschaft schützt damit nicht nur die Natur – sondern auch ihre eigene Existenz.

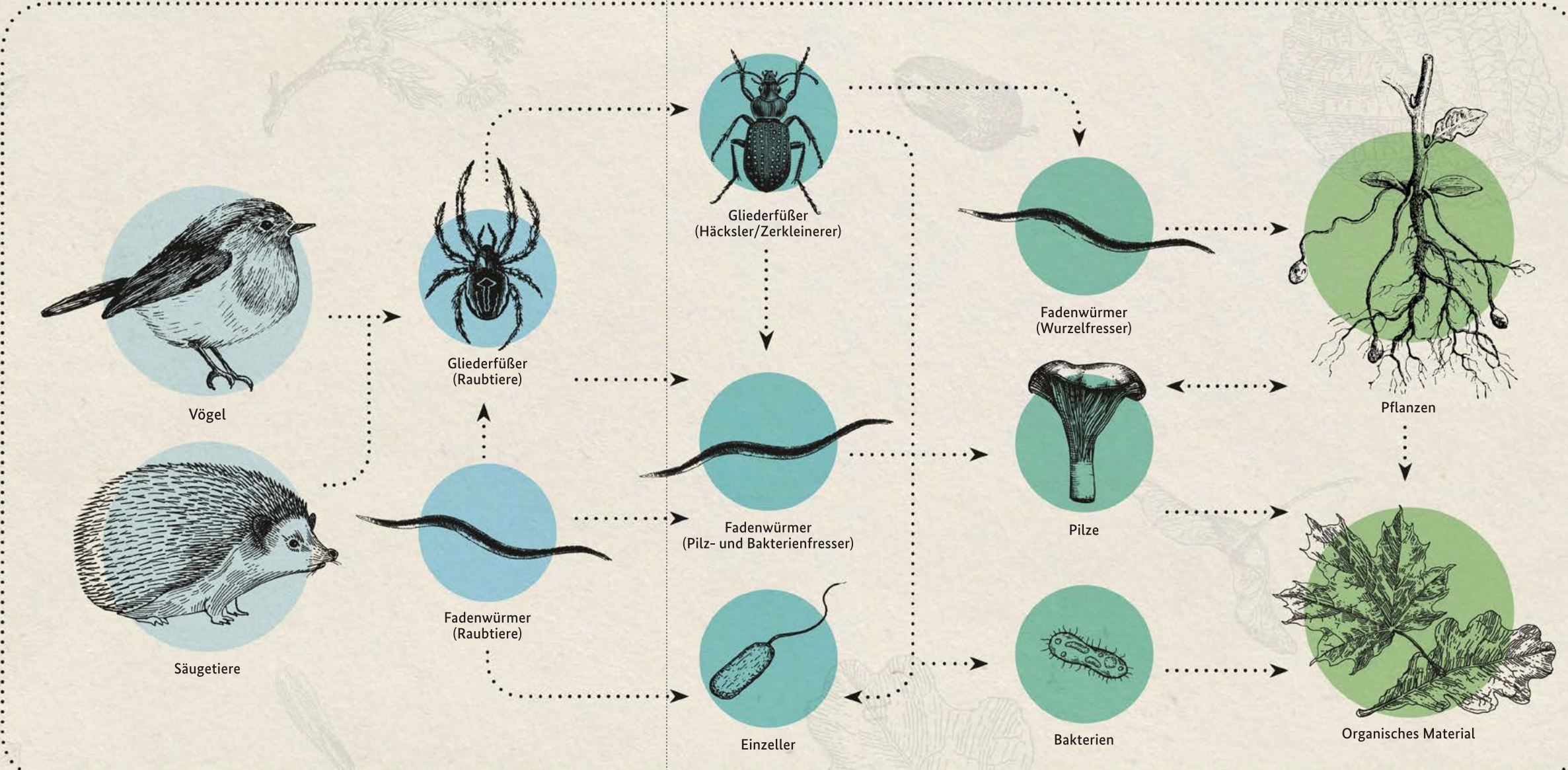
Von Ulrich Schaper

Hier wimmelt's

Wer eine Handvoll Erde hält, kann sich sicher sein: Hier tummeln sich gerade mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde. Die meisten von ihnen sind mit dem bloßen Auge nicht zu sehen: Mikroorganismen, zu denen Bakterien und Pilze gehören – und die Mikrofauna, also Bodentiere unter 0,2 Millimeter Körpergröße wie etwa Wimperntierchen. Dagegen sind die Fadenwürmer und Milben der Mesofauna wahre Riesen. Sie kommen auf eine Körpergröße von bis zu vier Millimetern. Übertroffen werden sie von der Makrofauna, die Schnecken, Spinnen und Regenwürmer umfasst. Ihre Vertreter sind bis zu acht Zentimeter groß.

Ob groß oder klein – alle Bodenlebewesen sind aufeinander angewiesen. Viele ernähren sich von jeweils kleineren oder von totem organischen Material. Einige Pilzarten gehen sogar Tauschgeschäfte ein und leben in der sogenannten Mykorrhiza – in einer Symbiose mit Pflanzenwurzeln. Bei allem, was die Bodenlebewesen tun, halten sie ihren Lebensraum intakt und fruchtbar, lockern, belüften, durchmischen, düngen und stabilisieren ihn. So schafft dieses Gewimmel letztendlich auch die Grundlage für unser Leben.

Quelle: oben rechts: Themendossier „Boden und Leben der Initiative „Boden, Grund zum Leben“, vertreten durch die GIZ, nach Ledtke, E.; Bodenentsstehung, Ökologie, Schutz, 1989; Mitte: FAO: Soils and Biodiversity, 2015.



Voller Leben

So viele Lebewesen tummeln sich durchschnittlich in 0,3 Kubikmetern* Boden in Mitteleuropa

Makrofauna (bis 8 cm)

Borstenwürmer	10.000
Vielfüßler	300
übrige Kerbtiere	150
Käfer und Larven	100
Zweiflüglerlarven	100
Regenwürmer	80
Schnecken	50
Spinnen	50
Asseln	50

Mesofauna (bis 4 mm)

Fadenwürmer	1.000.000
Milben	100.000
Springschwänze	50.000
Rädertiere	25.000

Mikrofauna (bis 0,2 mm)

Geißeltierchen	500.000.000.000
Wurzelfüßer	100.000.000.000
Wimperntierchen	1.000.000

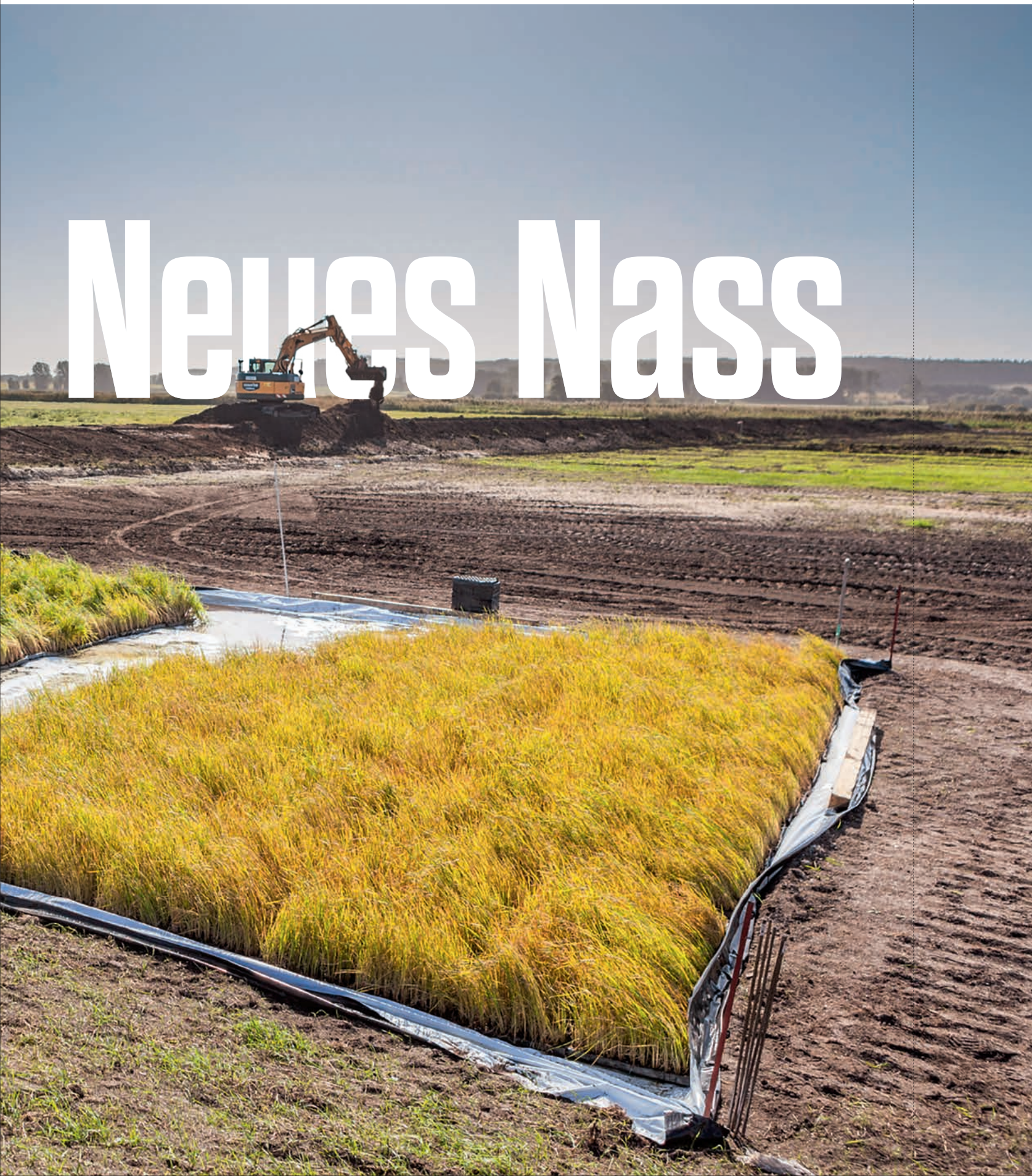
Mikroorganismen (0,1 µm bis 700 µm)

Bakterien	1.000.000.000.000
Strahlenpilze	10.000.000.000
Pilze	1.000.000.000
Algen	1.000.000

*1 Quadratmeter, 30 Zentimeter tief

Illustrationen: Arzu Gokmen, Morphart Creation, Hein Nouwens, manita, Farbakolero, cgterminal, Yevhenia Lytvynovych/Shutterstock.com

Neues Nass



Deutschlands trockengelegte Moore sollen wieder vernässt werden – unter anderem, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Dass sie für die Landwirtschaft trotzdem nicht verloren sind, will ein Forschungsteam der Universität Greifswald in der Praxis beweisen. Das Schlüsselwort heißt „Paludikultur“.

Schaurig, von Geistern bewohnt und gefährlich: Wo immer es Moore gibt, kennt die Bevölkerung düstere Legenden und Sagen, in denen von Irrlichtern Angelockte auf ewig im Sumpf verschwinden. Moore hätten einen schlechten Ruf, bedauert der Greifswalder Moorforscher Prof. Dr. Hans Joosten. Er kann das nicht nachvollziehen. Der Niederländer ist fasziniert von den „lebenden Superorganismen“ und hat sich ihrer Rettung verschrieben. Genauer gesagt: ihrer Wiederherstellung. Auf nassen Mooren können weder Kühe weiden noch Mais wachsen. Also durchzogen Menschen sie im Laufe der Jahrhunderte mit Entwässerungsgräben und legten sie trocken. Einige Millionen Hektar deutsche Moore wurden auf diesem Weg in Weide- und Ackerland umgewandelt. Etliche dieser Böden haben durch die Trockenlegung ihren Moorcharakter unwiederbringlich

verloren, sie seien zu Mineralböden geworden, sagt Joosten. Doch unter sieben Prozent der derzeit landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland verberge sich noch immer eine Torfschicht (mehr dazu erfahren Sie auf Seite 27). Eine Wiedervernässung könnte dieses Land erneut zu dauerhaft kohlenstoffspeichernden Mooren machen. Für den Klimaschutz wäre dies eine höchst erfreuliche Nachricht.

Klimaschutz unter der Oberfläche

Moore machen zwar nur drei Prozent der globalen Landfläche aus. „Aber sie speichern doppelt so viel Kohlenstoff wie die Biomasse aller Wälder der Erde, die ein Drittel der Erdoberfläche bedecken“, erklärt Hans Joosten. Der Grund liegt in ihrer dichten organischen Masse, dem Torf: Unter der Oberfläche verwandeln sich abgestorbene Pflan-

zenreste, die im wassergetränkten Boden quasi konserviert werden, in eine langsam wachsende Torfschicht. Im weltweiten Durchschnitt enthalte ein Hektar Moor die gleiche Kohlenstoffmenge wie zwei Millionen Liter Diesel, so Joosten. Wenn dieser Kohlenstoffspeicher mit Sauerstoff in Kontakt gerät – zum Beispiel durch den Aushub von Entwässerungsgräben –, verwandelt sich das Moor jedoch in eine Kohlendioxid-Schleuder. „Ein Hektar entwässerter Moorboden emittiert pro Jahr so viel CO₂ wie ein Mittelklasse-PKW während 145.000 Kilometern Fahrt“, sagt der Forscher. So erklärt sich, dass derzeit über ein Drittel der CO₂-Emissionen, die in Deutschland der Landwirtschaft zugerechnet werden, auf trockengelegte landwirtschaftlich genutzte Moore entfallen. Hans Joosten weiß, dass es unrealistisch wäre, sie gänzlich wieder in sumpfige Wildnis zu verwandeln



Viele Arten von Schilf und Rohrkolben fühlen sich auf nassen Böden wohl. Ihre Halme können bis zu vier Meter in die Höhe ragen.

und Landwirtschaft gefördert wird. Sie prüfen dabei auch, mit welchen Pflanzen diese feuchten Anbaumethoden am besten funktionieren. Im September 2019 bepflanzten sie ein acht Hektar großes Versuchsfeld mit zwei Rohrkolbenarten und fünf verschiedenen Schilftypen und fluteten die Fläche. Nun lassen sie die Setzlinge unter verschiedenen Wasserständen und bei unterschiedlicher Nährstoffverfügbarkeit wachsen. Zweieinhalb Jahre lang wird das Team kontinuierlich die Fortschritte dokumentieren und auch Daten über die Qualität und Wirtschaftlichkeit der Paludikultur erheben. 2020 soll die erste Ernte eingefahren werden. Dazu bedarf es auf dem feuchten Untergrund spezieller Maschinen mit Raupenantrieb oder Ballonreifen, die nicht zu viel Druck auf den empfindlichen Boden ausüben. An Verwertungsmöglichkeiten mangelt es nicht, das haben bereits andere Projekte unter Beweis gestellt. Zum einen sind Rohrkolben und Schilf als nachwachsende Rohstoffe für den Energiesektor interessant: Im Heizwerk Malchin, 70 Kilometer von Greifswald entfernt, werden bereits seit Juni 2014 Pflanzen aus dem Niedermoor zur Energieerzeugung genutzt. 540 Haushalte, ein Kindergarten und eine Schule beziehen aus Malchin ihre Wärme. „Aus Rohrkolben lässt sich auch Dämm- und Baumaterial oder Viehfutter herstellen“, ergänzt Hans Joosten. Ein niederländisches Forschungsprojekt hat bereits gezeigt,

und der Landwirtschaft zu entziehen. Also: „Wenn wir auf die Flächen nicht verzichten können, müssen wir nasse Produktionsverfahren entwickeln.“ Gemeinsam mit seinem Team will er Landwirtinnen und Landwirten Optionen aufzeigen, wie man auf feuchten Böden rentabel wirtschaften kann. Dabei muss er auch gegen grundsätzliche Überzeugungen angehen: „Viele meinen, dass man trockene Böden für die Landwirtschaft brauche“, sagt der Moorexperte, „aber das stimmt nicht.“

Ein neuer Name

Der Konflikt zwischen Landwirtschaft und Moorschutz liegt auf der Hand. Und so versucht die sogenannte Paludikultur-Forschung an der Universität Greifswald, beiden

Seiten gerecht zu werden. *Palus* ist das lateinische Wort für Sumpf oder Morast. Paludikultur steht entsprechend für eine „nasse Land- und Fortwirtschaft“. Joosten ersann den Begriff vor über 20 Jahren. „Ich suchte ein Wort ohne negative Assoziationen“, erinnert er sich. Kein Sumpf, kein Moor im Namen – Paludi klinge da weit neutraler. Das Konzept der Paludikultur ist ambitioniert und realistisch zugleich: Wiedervernässte Moore sollen zum Anbau von Rohrkolben, Schilf oder Torfmoos genutzt werden und der Landwirtin oder dem Landwirt eine gute Einnahmequelle sichern. Unter welchen Bedingungen das funktionieren kann, untersuchen Greifswalder Forscherinnen und Forscher im Projekt „Paludi-PRIMA“, das durch das Bundesministerium für Ernährung



Forscherinnen und Forscher der Universität Greifswald pflanzen Rohrkolben auf Flächen, die anschließend geflutet werden. Sie wollen herausfinden, welche Pflanzenarten in der feuchten Anbaumethode am besten funktionieren.

dass frischer und silierter Rohrkolben von Milchkühen gut als Futterbeimischung vertragen wird. Schilf wiederum eignet sich bei entsprechender Qualität für Reetdächer und Bauplatten. Alternativ könnte man die Nassflächen auch als Wiese für Wasserbüffel nutzen, so der Wissenschaftler. Schließlich erfreue sich Büffelmozzarella in Deutschland wachsender Beliebtheit. „Kartoffeln wachsen hier natürlich nicht“, sagt Joosten. Aber es gehe ja auch nur um einen kleinen Teil der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Für die wäre die in Greifswald erforschte Nutzung durchaus realistisch. Neben der Landwirtschaft setzt die Torfindustrie den Mooren zu. Derzeit stammen in Deutschland jährlich drei Millionen Kubikmeter Weißtorf aus dafür trockengelegten Mooren. Der dient in der Gartenbauwirtschaft als idealer Boden für die Anzucht von Gemüse und Zierpflanzen. Daher forschen

die Greifswalderinnen und Greifswalder auch an Torfersatzstoffen: Die auf wiedervernässten Hochmoorflächen wachsenden Torfmoose könnten Torf im Gartenbau ersetzen. „Torfmoose ähneln in ih-

ren Eigenschaften als Substrat sehr dem Torf“, sagt Hans Joosten (mehr dazu im Kasten). Noch ist es nicht zu spät, das Rad ein Stück weit zurückzudrehen und die trockengelegten Moore wieder

Gärtnern ohne Torf

Um das Klima zu schützen, ist es essenziell, die Moore zu bewahren. Deshalb verfolgt die Bundesregierung mit dem Klimaschutzprogramm 2030 das Ziel, die Verwendung von Torf zu reduzieren. Der fossile Rohstoff ist häufig ein wesentlicher Bestandteil von herkömmlicher Blumenerde. Kommt Torf mit Sauerstoff in Berührung, zersetzt er sich. Dadurch entstehen im Gartenbau hierzulande Treibhausgasemissionen in Höhe von mehr als einer Million Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) fördert unter anderem Forschungsvorhaben, in denen torf reduzierte und torffreie Kultursubstrate entwickelt und erprobt werden. Dabei wird beispielsweise untersucht, ob sich Grünschnitt, Holzfasern oder Torfmoose als Torfersatz eignen. Das BMEL hat das Thünen-Institut und das Julius Kühn-Institut beauftragt, eine Strategie zur Torfminde- rung im Gartenbau wissenschaftlich zu unterstützen.

zu dem zu machen, was sie einst waren. „Das ist wie bei Spreewaldgurken“, erklärt Joosten das Prinzip. Wenn man die aus dem Essig fischt und dem Sauerstoff aussetzt, fangen sie langsam an, sich zu zersetzen. Sobald die Gurke zurück in die Flüssigkeit gelegt wird, stoppt der Prozess. Vorausgesetzt, sie hat sich noch nicht vollständig zersetzt. So verhält es sich auch mit Moorböden. Joosten schätzt, dass sich 90 Prozent der entwässerten Moore wiedervernässen und für die Paludikultur nutzen lassen. Damit könnten sie den Kohlenstoff wieder dauerhaft gespeichert halten, so wie vor ihrer Trockenlegung.

Auf internationaler Bühne

Darüber wird mittlerweile weltweit diskutiert. Hans Joosten ist Generalsekretär der Internationalen Moorschutzorganisation und bringt seine Expertise im Weltklimarat (IPCC)

ein. Auf Klimaverhandlungen, so stellt er erfreut fest, sei die Rolle der Moore für den Klimaschutz mittlerweile ein wichtiges Thema. „Vor 15 Jahren hat noch niemand über sie geredet.“

Eine der großen Fragen wird sein, welche Kosten die Umstellung auf die Paludikultur mit sich bringt und ob sie für Landwirtinnen und Landwirte am Ende ökonomisch sinnvoll ist. „Das beste Argument ist das Geld“, weiß Hans Joosten. Wer lässt seine Weide wiedervernässen, wenn er am Ende draufzahlt? Andererseits kosten die entwässerten Moore die Gesellschaft sehr viel Geld, gibt er zu bedenken. Das Team aus Greifswald hat ausgerechnet, dass die Landwirtschaft auf Moorböden in Deutschland einen jährlichen Klimaschaden von 7,4 Milliarden Euro verursacht.

Um die Paludikultur von möglichst vielen Seiten zu beleuchten, arbeiten im Projekt Expertinnen

und Experten aus der Biologie, Agrarökonomie und Landschaftsökologie Hand in Hand. Sie analysieren unter anderem, unter welchen ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen die feuchte Landwirtschaft funktioniert: Was sind die idealen Voraussetzungen für eine gute Ernte und wie lassen sich Produkte gewinnbringend vermarkten? Dazu gilt es, die neue Moornutzung überzeugend zu kommunizieren. „Wir müssen die Denkweisen vollständig verändern“, ist der Wissenschaftler überzeugt, und er kennt den wichtigen Hebel. „Wir müssen zeigen, dass sich Paludikultur lohnt“, sagt er, und es klingt wie eine Mission, die es so schnell wie möglich zu erfüllen gilt. Denn als Klimaschützer weiß er, dass bei der Eindämmung von Treibhausgasemissionen jedes Jahr zählt.

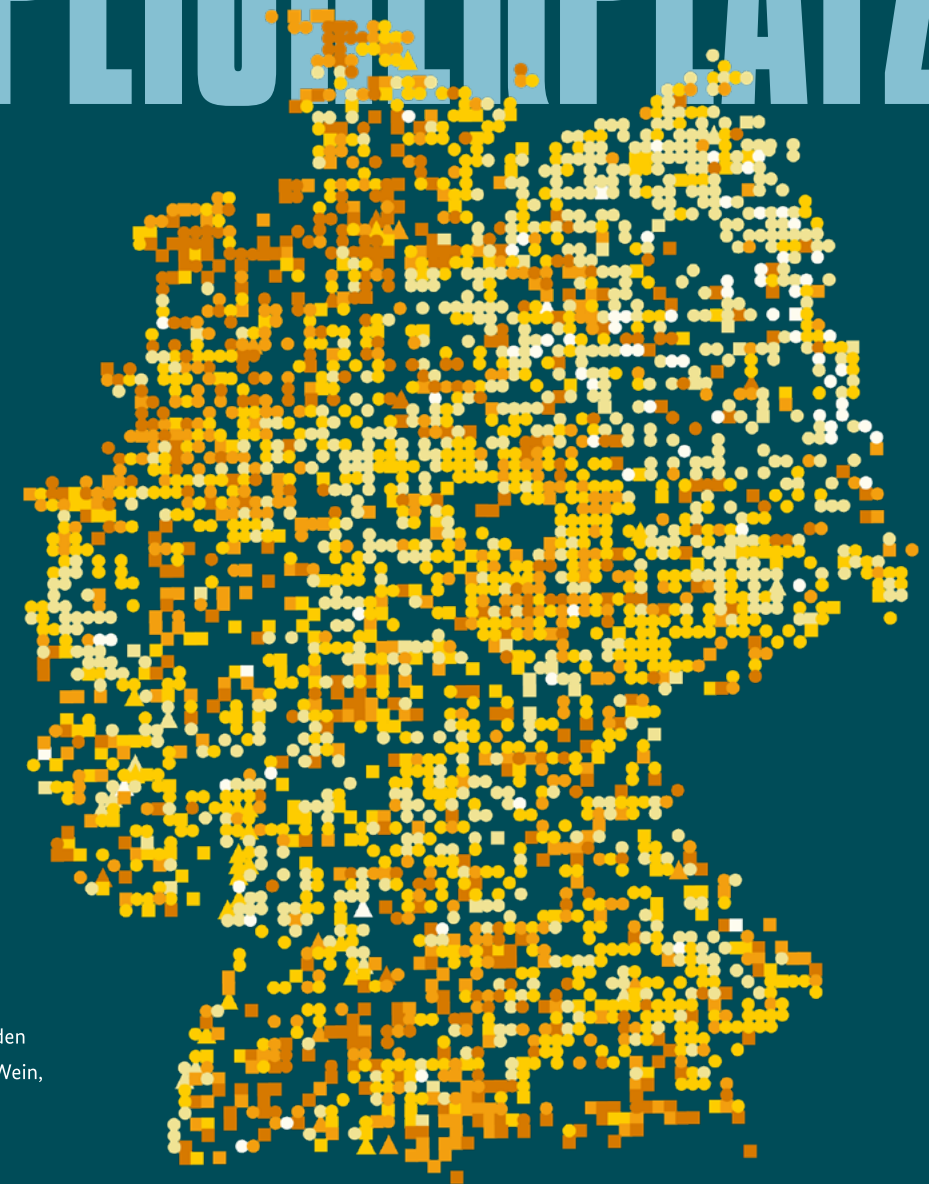
Von Petra Krimphove



Foto: Tobias Dahms

LANDKARTE

SPEICHERPLATZ



Vorrat organischer Kohlenstoff (t/ha) im landwirtschaftlich genutzten Oberboden (0–30 cm)

- < 30
- 30–50
- 50–70
- 70–90
- > 90

Messpunkte

- Acker
- Dauergrünland wie Wiesen und Weiden
- △ Sonderkulturen wie Wein, Obst oder Hopfen

Böden sind wichtige Klimaschützer: Sie zählen zu den größten Kohlenstoffspeichern unseres Planeten. Landwirtschaftlich genutzte Böden bedecken die Hälfte der Fläche Deutschlands und enthalten im oberen Meter 2,5 Milliarden Tonnen organischen Kohlenstoff. Das zeigt die „Bodenzustandserhebung Landwirtschaft“, für die das Thünen-Institut Bodenproben von mehr als 3.000 Standorten untersuchte. Nicht abgebildet ist der Waldboden, der auch ein großer Kohlenstoffspeicher ist. Zwei Drittel des Kohlenstoffs sind im landwirt-

schaftlich genutzten Oberboden, also in den oberen 30 Zentimetern, gespeichert. Die Vorräte verteilen sich regional unterschiedlich: So speichern Moorböden und sonstige wasserbeeinflusste Böden in Norddeutschland und dem Alpenvorland besonders viel Kohlenstoff. Außerdem bevorraten mineralische Böden unter Dauergrünland im Schnitt doppelt so viel Kohlenstoff wie Ackerböden. Werden Böden entwässert oder nach Grünlandnutzung umgebrochen, setzen sie CO₂ frei. Bodenschutz ist also ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

Berlin

Einfach berieseln lassen

Seit der industriellen Revolution liegen Abgase in der Luft – und setzen auch jenen zu, die sie eigentlich sauber halten sollen: den Wäldern. Schwefeldioxid und Stickstoff greifen nicht nur das Blattwerk der Bäume an, sondern lagern sich auch im Waldboden ein und lassen ihn versauern. Die Folgen: Die Böden speichern weniger Wasser und Nährstoffe, können weniger Kohlenstoff binden und bilden weniger Humus. Außerdem setzen sie mehr Metalle frei. Darunter leiden die Bodenlebewesen, die Wurzelsysteme und damit das gesamte Ökosystem. Das Ausmaß der Schäden zeigte sich in den 1980er-Jahren. Um ihnen entgegenzuwirken, streuen Helikopter noch heute immer wieder große Mengen Kalk über deutschen Wäldern aus. Denn Kalk ist basisch und hilft, den Boden wieder zu neutralisieren.

Im Verbundprojekt „KalKo“ untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Technischen Universität Berlin nun, inwieweit das Kalken auch die CO₂-Speicherung und die Senkenfunktion der Wälder sichert. Dafür arbeiten sie mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt und der Forstlichen Versuchs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg zusammen. Das Projektteam prüft außerdem, wie das Kalken auf die Bodenstruktur und die Wurzelsysteme, den Wasserhaushalt, die Waldernährung und damit auch auf das Baumwachstum wirkt. Das wird vor allem dann wichtig, wenn es um die Anpassungsfähigkeit der Wälder an den Klimawandel geht. Denn nur, wenn Bäume weiterhin gesund und standfest wachsen, können sie langfristig auf die veränderten Bedingungen durch den Klimawandel reagieren und weiterhin eine ihrer wichtigsten Funktionen erfüllen: allen Lebewesen Luft zum Atmen schenken.

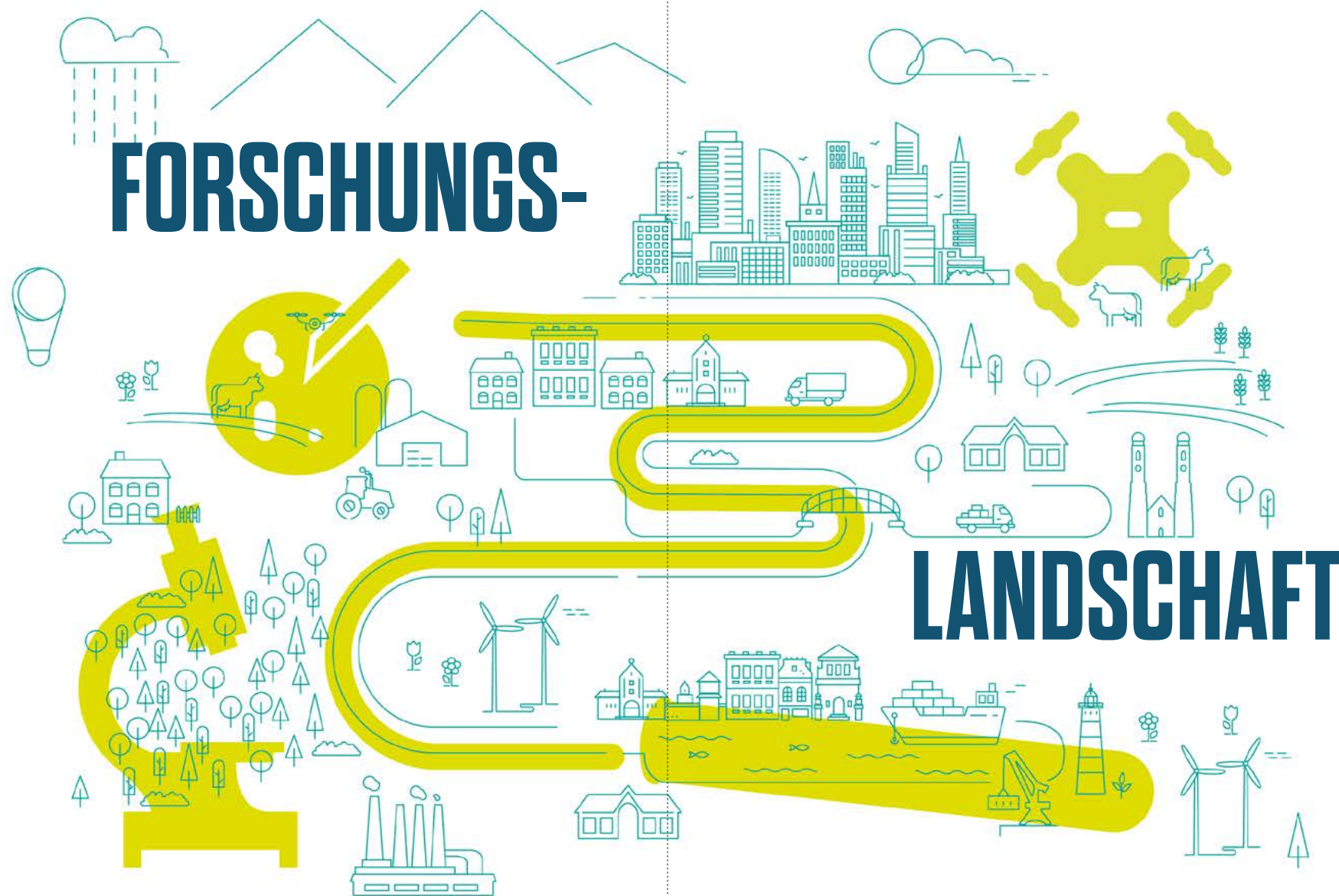
Technische Universität Berlin
Institut für Ökologie | Fachgebiet Bodenkunde
Ernst-Reuter-Platz 1 | 10587 Berlin
www.bodenkunde.tu-berlin.de

Gießen

Zu trocken?

Die Ernährungssituation in Ost-Afrika mit vielfältiger pflanzlicher Produktion zu verbessern, war das Ziel des Projekts „HealthyLAND“, an dem Forschungsinstitute aus Deutschland, Uganda, Kenia und Malawi beteiligt waren. Vor dem Hintergrund des Klimawandels untersuchten sie auch die jeweilige Nährstoffkonzentration der Ernte. Die Ergebnisse zeigen, dass Dürren die Nährstoffgehalte maßgeblich beeinflussen – je nach Grad der Trockenheit allerdings unterschiedlich: Bei schwerer Dürre geht die Nährstoffkonzentration zurück, bei leichter Dürre steigt sie an. Damit öffnet sich den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ein neues Feld. Denn die Auswirkungen von Trockenheit auf die Nährstoffzusammensetzung in Lebensmitteln sind bisher wenig erforscht.

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Agrarpolitik und Marktforschung
Senckenbergstr. 3 | 35390 Gießen
www.healthyland.info



Greifswald – Insel Riems

Viren in freier Wildbahn

Der Erreger der Afrikanischen Schweinepest ist extrem stabil – auch in toten Wildschweinen. Um Tierseuchen zu bekämpfen, ist es essenziell, die ersten verstorbenen Tiere frühzeitig zu entdecken. Denn die Bekämpfungsmaßnahmen richten sich nach dem Todeszeitpunkt. Wie man diesen bestimmt, haben zahlreiche Studien schon für Hausschweine beschrieben. Bekannt ist, dass an Kadavern eine bestimmte Reihenfolge verschiedener aasfressender Insekten auftritt. Sie zeigen, wie lange ein Tier schon tot ist. Um das auch bei Wildschweinkadavern bestimmen zu können, untersucht das Friedrich-Loeffler-Institut deren Zersetzungsprozess unter verschiedenen Umweltbedingungen. Das Ergebnis: Aasfresser und Insekten sind maßgeblich an der Zersetzung beteiligt – und wie diese abläuft, wird auch durch das Mikroklima vor Ort beeinflusst.

Friedrich-Loeffler-Institut
Institut für Epidemiologie
Südufer 10 | 17493 Greifswald – Insel Riems
www.fli.de

Müncheberg

Luft nach oben

Um Rohstoffpflanzen nachhaltig und klimafreundlich anbauen zu können, entwickeln Forscherinnen und Forscher des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) gemeinsam mit dem Thünen-Institut eine Bodenbearbeitungstechnik aus den 1960er-Jahren weiter: die Krumensenke. Dabei wird der Boden in einzelnen Streifen, jeweils mit einigem Abstand zueinander, vertieft. Dadurch entstehen an diesen Stellen unterhalb des Oberbodens – der sogenannten Krume – Schächte. Dank dieser sollen Böden mehr Kohlenstoff speichern, mehr Stickstoff binden und weniger Treibhausgase freisetzen. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Methode die Böden fruchtbarer macht und damit die Erträge erhöhen kann.

Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.
Eberswalder Straße 84 | 15374 Müncheberg
www.zalf.de

Braunschweig

Punktgenau

Drunter oder drüber? Im Verbundprojekt „GülleBest“ sucht das Thünen-Institut gemeinsam mit Projektpartnern nach einem Weg, um Gülle emissionsarm, stickstoffeffizient und gezielt in wachsende Pflanzenbestände auszubringen. Dazu experimentieren Forscherinnen und Forscher auf Feldern in ganz Deutschland mit verschiedenen Techniken, Gülle auszubringen: Bei der Schleppschlauchtechnik wird die Gülle streifenförmig nah an der Pflanzenwurzel ausgebracht. Im Grünland wird hierfür das Schleppschuhverfahren genutzt. Wird die Gülle zusätzlich angesäuert, können die Ammoniakemissionen sinken. Und mit der Schlitztechnik, bei der der Boden eingeschnitten wird, kann die Gülle tiefer in den Boden abgelegt werden.

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz
Bundesallee 65 | 38116 Braunschweig
www.thuenen.de
www.unter-2-grad.de/guellebest.html



WIRTSCHAFT

Es sieht hübsch aus, wenn Luzerne und Wegwarte im Sommer violett und bläulich blühen. Beide dienen häufig als Futter für Rinder. Besonders in trockenen Jahren haben sich diese Pflanzen bewährt, weil sie auch ohne viel Regen wachsen. Wie groß ihr Potenzial ist, zeigt allerdings erst ein Blick in die Tiefe. Luzerne und Wegwarte bilden sogenannte Pfahlwurzeln, die je nach Standort bis zu drei und vier Meter in den Boden hineinwachsen. „Sie lockern den Boden dort auf, wo wir mit dem Pflug nichts mehr

Erst ein Blick in die Tiefe zeigt das Potenzial von Luzerne und Wegwarte.

Landwirtinnen und Landwirte nutzen vor allem die oberen 30 Zentimeter des Bodens. Doch um zunehmende Sommer-trockenheit zu überbrücken und Erträge zu stabilisieren, setzen Fachleute auf Pflanzen, die auch in tiefere Schichten vordringen.

ausrichten können“, sagt Dr. Miriam Athmann von der Universität Bonn, die diese Zusammenhänge an der Abteilung für Agrarökologie und Organischen Landbau erforscht. „So können nachfolgend angebaute Pflanzen den Unterboden leichter durchwurzeln und die dort la-

gernden Nährstoff- und Wasservorräte vollständig nutzen, was dazu beitragen kann, Erträge zu sichern“, so die Agrarwissenschaftlerin. Insbesondere im Ökolandbau hilft das. Denn dort ist der Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger verboten. „Wenn von oben wenig draufkommen darf, ist es günstig, wenn Pflanzen die tieferen Schichten nutzen“, erläutert Miriam

Athmann. Bloß wie? In der Landwirtschaft gilt der Unterboden als schwer erschließbar. Seit 2010 bringen Athmann und ihr Team mit ihren Arbeiten Licht ins Dunkel: „Damals gab es kaum Untersuchungen“, erklärt die Forscherin, die in einem Projekt der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) gemeinsam mit ihrem Team sowie neun Verbundpartnern die

Grundlagen ermittelte. Auf einem Versuchsfeld mit Luzerne und Wegwarte hob ein Mitarbeiter mit einem Bagger eine mehr als zwei Meter tiefe Grube aus, die von innen verschalt werden musste, damit die Forscherinnen und Forscher sicher stehen. Das Team spatete eine Wand glatt ab und spülte einen Zentimeter Erde weg, sodass die Wurzeln aus der Wand heraushingen. „Wir haben sie gezählt“, sagt die Wissenschaftlerin. „Der gesamte Unterboden war vergleichsweise stark durchwurzelt.“

Wie im Landbau üblich, brach das Team Luzerne und Wegwarte nach zwei Jahren mit dem Pflug um, sodass die Wurzeln verrotteten. „Was blieb, waren lange, röhrenartige Hohlräume, sogenannte Bioporen“, sagt Athmann. Diese Poren bieten tief grabenden Regenwürmern einen Lebensraum. So zog der Tauwurm Pflanzenreste, die er an der Oberfläche fand, dort hinein, fraß sie, verdaute und kleidete die Wände der Poren mit seinem nährstoffreichen Kot aus. „Dabei war Bodenruhe wichtig, denn nur wenn der Boden nicht umgebrochen wird, finden die Würmer ausreichend Futter.“



Ein Endoskop zeigt, was in den Bioporen passiert.

Von Bioporen und Regenwürmern profitierte nun die nachfolgende Frucht. Um sich davon zu überzeugen, bauten die Expertinnen und Experten rund um Athmann Weizen an. Wieder wurden Gruben ausgebagert. „Wir wollten sehen, was in den Bioporen passiert, und verwendeten dazu ein recht grobes Endoskop aus dem technischen Bereich“, sagt die Wissenschaftlerin. Ihr Team legte die Poren von unten frei und beobachtete, dass die Wurzeln des Weizens in die Bioporen hinein- und auch wieder herauswuchsen und somit Nährstoffe und Wasser des Unterbodens erreichten. Es war klar zu sehen, dass die Wurzeln über dichte Haarzonen an ihren Spitzen die Nährstoffe an den Wänden der Poren aufnahmen.

„Indem wir Pfahlwurzler anbauten, konnten wir die Weizenerträge in einem extrem trockenen Jahr signifikant steigern“, erklärt Athmann. Die Forscherin hatte im vorher geschilderten Versuch mit Reinsaaten experimentiert. „Im Ökolandbau bauen wir aber gerne Gemenge an, also Pflanzenmischungen. Sie erhöhen die Artenvielfalt und auch die Ertragsicherheit durch die vollständige Ausnutzung von Nährstoffreserven“, erläutert Athmann. Diese Zusammenhänge sind gut erforscht. Doch wie spielen unterirdisch die Wurzeln zusammen? Damit Landwirtinnen und Landwirte das Wissen der Forschenden anwenden können, starteten Athmann und ihr Team das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderte Projekt „MIKODU“ – was für „Mischenbau allorhizer und homorhizer Arten zur komplementären Durchwurzelung des Ober- und Unterbodens“ steht. Dabei testeten die Forscherin und ihr Team verschiedene Mischungen von Pfahl- und Feinwurzlern. Letztere bilden ihre Wurzeln im flachen Erdreich und fördern dort gute Wachstumsbedingungen. Die Fachleute möch-



Um die Wirkung der Wurzeln zu erforschen, schaut das Team unter die Oberfläche. Im Bild rechts wird der Boden mithilfe einer Profilwand in kleine Quadrate aufgeteilt und Stück für Stück untersucht. Ganz ohne Raster wird im Bild oben deutlich, wie ein Ölrettich seine Pfahlwurzel in den Boden wachsen lässt.



ten herausfinden, ob sich die Vorteile beider Wurzeltypen kombinieren lassen. „Im Frühjahr und im Herbst 2018 haben wir versucht, in unterschiedlichen Parzellen die Pfahlwurzler Luzerne und Wegwarte jeweils mit dem Feinwurzler Rohrschwengel zu kombinieren. Doch in diesem Ausnahmejahr regnete es so wenig, dass die Saat nicht aufging. „Erst im Frühjahr 2019 ist es uns geglückt, die verschiedenen Mischungen zu etablieren“, erläutert die Expertin. „Wir lassen die Futterpflanzen nun zwei Jahre lang stehen.“ 2021 wird die Nachfrucht – Sommerweizen – erstmalig wachsen. Erst dann können die Forscherinnen und Forscher mit Ergebnissen rechnen.

Mit einem anderen Versuchsaufbau ist das Team schon weiter. „Bei ‚MIKODU‘ testen wir zusätzlich Zwischenfruchtgemenge, die sich auch für Höfe ohne Tierhaltung eignen“, sagt Athmann, „zum Beispiel mit Ölrettich oder Lupine.“ Sie fungieren als Stickstoffspeicher: Bevor es Winter wird und nichts mehr wächst, nehmen sie überschüssigen Stickstoff aus dem Boden auf, verhindern, dass er ausgewaschen wird, und schützen so das Grundwasser. Bricht man diese Pflanzen im Frühjahr um, reichert sich der Boden mit Stickstoff an – der den Pflanzen während ihrer Wachstumsphase zur Verfügung steht.

Auf dem Versuchsfeld kombinierten die Fachleute die beiden Pfahlwurzler jeweils zum Beispiel mit den Feinwurzlern Grünroggen oder Inkarnatklée. Diese Pflanzen stehen in landwirtschaftlichen Betrieben in der Regel nur wenige Monate auf dem Feld. „Im ersten Versuchsjahr reichte diese Dauer aus, um durch komplementäres Wurzelwachstum eine im Vergleich zu den Reinsaaten höhere Stickstoffaufnahme zu erzielen“, erklärt die Wissenschaft-

Ziel ist es, die Vorteile unterschiedlicher Wurzeltypen zu kombinieren.

lerin. Erneut hoben die Kolleginnen und Kollegen eine Grube aus. „Doch wir forschen nun an einem anderen Standort. Dort sind die Böden nicht so tief, nach einem Meter stößt man bereits auf Kies.“ Wieder spatete das Team eine Wand glatt ab, spülte Erde weg und unterschied die Wurzeln. „Lupine und vor allem Ölrettich wurzelten bereits ein paar Wochen nach der Aussaat durchschnittlich 35 Zentime-

ter tiefer als die Feinwurzler“, sagt die Wissenschaftlerin. „während der Inkarnatklée im Oberboden intensiv Wurzeln bildete.“ Das Ergebnis: Die ausgewählten Arten wurzelten also wirklich komplementär. Doch welche Vorteile bringt das mit sich? „Die Nachfrucht folgt den Pfaden der dann verrotteten Wurzeln unserer Fein- und Pfahlwurzler“, sagt Athmann. Durch ihren Anbau ist der Boden optimal vorbereitet – ganz gleich, ob es ausreichend regnet oder das Jahr eher trocken ist. „Aus unserem Vorgängerprojekt wissen wir, dass die Wurzeln der Folgefrucht in Jahren mit genügend Regen die Feinporen nutzen“, so die Forscherin, denn bei Feuchtigkeit mineralisieren die im Oberboden enthaltenen Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor gut und stehen den Pflanzen in ausreichender Menge zur Verfügung. Sie kommen dann ohne die Vorräte des Unterbodens klar. „In trockenen Jahren allerdings sind die Bioporen tief im Boden förderlich“, erklärt die Wissenschaftlerin. „Bioporen sind wie eine Autobahn, denn sie bewirken rasches Wachstum in die Tiefe, sodass die Pflanzen dort Wasser und Nährstoffe aufnehmen können.“ Um über diese Ergebnisse zu informieren, haben die Forschenden im Rahmen von „MIKODU“ bereits einen Feldtag veranstaltet. „Auch konventionell wirtschaftende Landwirtinnen und Landwirte sind gekommen“, sagt die Wissenschaftlerin, „weil sie mit dem Wasser die gleichen Probleme haben. Die Sommertrockenheit hält immer länger an.“

Zurzeit ist das Team damit beschäftigt, den Wurzeldurchmesser zu untersuchen. Dazu werden die Wurzeln gewaschen. Mit Spateln haben die Forschenden Quader aus verschiedenen Bodentiefen herauspräpariert. „Die Wurzeln hängen in unserem Labor in Sieben, und wir brausen sie ab“, beschreibt Athmann die aktuellen Arbeiten. Das ist sehr mühsam, aber diese Untersuchung ist notwendig, denn: „Im Gemenge reagieren Pflanzen manchmal und bilden feinere Wurzeln.“ Das Ziel: noch genauer Bescheid zu wissen, wie sich Ernten stabilisieren lassen, wenn Pflanzen die Nährstoffe und das Wasser der tiefen Schichten nutzen.

Von Stephanie Eichler

DIE FORSCHUNGSFRAGE

Wie sehen Satelliten unsere Böden?

Das Forschungsvorhaben „SoFI“ entwickelt in Rheinland-Pfalz sensorbasierte Kartendienste für die Landwirtschaft. Dafür setzt es auch auf Hilfe aus dem Weltall.

Herr Dr. Trapp, warum beobachten Sie den Boden so genau?

Gesunder Boden ist eines der wertvollsten Güter, das wir haben. Mit dem Projekt „SoFI: Smart Soil Information for Farmers“ wollen wir helfen, ihn zu schützen. Wir entwickeln einen sensorbasierten Kartendienst. Dieser liefert Daten, mit deren Hilfe Landwirtinnen und Landwirte ihre Flächen möglichst schonend und effizient bewirtschaften können. Dabei geht es vor allem darum, wie feucht die Böden sind.

Warum ist das so wichtig?

Werden Böden direkt nach einem Starkregen mit schwerem Gerät bearbeitet, kann das den Boden verdichten. Oder: Werden Mineraldünger und Gülle bei zu geringer Bodenfeuchte ausgebracht, können Pflanzen die Nährstoffe nicht effizient aufnehmen und verwerten. Dies kann zu erhöhter Nährstoffauswaschung in Gewässer und Grundwasser führen. Die Daten von „SoFI“ helfen, den idealen Zeitpunkt für diese Arbeiten abzapassen.

Welche Daten verwenden Sie dafür?

Wir setzen auf drei verschiedene Quellen: Der erste Datensatz heißt Bodenschätzung. Er enthält Daten zu allen ackerbaulich genutzten Flächen. Davon nutzen wir besonders Informationen zur Wasserspeicherfähigkeit des Bodens. Unsere zweite Quelle sind exakte Höhendaten als Geländemodell. Dank des abgeleiteten Feuchtigkeitsindex wissen wir, wie das Wasser bei Regen oberflächennah ab-

fließt. Zudem verwenden wir Wetterdaten wie Niederschlag, Verdunstung oder Temperatur. Daraus ermitteln wir die Menge an Feuchtigkeit, die von Pflanzen oder durch offene Bodenporen verdunstet und dem Boden nicht zur Verfügung steht. Diese drei Quellen führen wir in einem Modell zusammen – und errechnen daraus eine tägliche Vorhersage über die potenzielle pflanzenverfügbare Wassermenge im Boden.

Wie überprüfen Sie Ihre Annahmen?

Wir verwenden Daten, die mit fest installierten und mobilen Messgeräten direkt im Boden erhoben werden. Hinzu kommen Daten zweier Satelliten aus dem Copernicus-Programm der Europäischen Union: Der radargestützte „Sentinel 1“ kann bis zu fünf Zentimeter in unbewachsene trockene Böden eindringen. Der optische Satellit „Sentinel 2“ misst unter anderem via Infrarot das Chlorophyll der Pflanzen. Somit haben wir eine tägliche Simulation, die wir anhand von Messwerten überprüfen und mit den Satellitendaten vergleichen. In Kürze erhalten wir zudem noch Daten, die direkt von einer Düngemaschine stammen, und wissen so, wie gut die Gülle in den Boden eingebracht wird. So erfahren wir auch direkt aus der Praxis, wie gut unsere Berechnungen waren – und können das Modell weiter verbessern.

Um am Ende welches Ziel zu erreichen?

Dass Landwirtinnen und Landwirte den Datensatz nutzen. Dabei ist Datenschutz

sehr wichtig. Es ist ganz klar, dass die Daten den Betrieben gehören. Sie erhalten spezielle Soft- und Hardware, mit der sie ihre Daten geschützt bei sich haben. So können sie frei entscheiden, welche Informationen sie mit wem teilen. Kommen die Daten zum Einsatz, sollten seltener schädliche Bodenverdichtungen entstehen. Optimal wäre, wenn dadurch zum Beispiel Gülle seltener zu ungünstigen Zeiten ausgebracht wird und weniger Treibhausgase ausgestoßen würden. Das hieße dann auch weniger Folge- oder Umweltschäden. Mich würde es freuen, wenn ein Ansatz wie „SoFI“ auch für andere Bundesländer weiterentwickelt werden kann – und in einigen Jahren bundesweit zum Boden- und Klimaschutz beiträgt.



Dr. Matthias Trapp leitet am Forschungsinstitut RLP AgroScience das Konsortium zum Forschungsvorhaben „SoFI“.

Das Gespräch führte Martin Sattler.

Illustration: Sarah Heiß



Volle Ladung

Durch den globalen Handel mit pflanzlichen Waren gelangen Insekten, Bakterien oder Viren in andere Länder. Das kann für heimische Ökosysteme gefährlich werden. Was Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler tun, um das zu verhindern, und wie sie fremde Arten ausrotten, bevor sie Schaden anrichten, lesen Sie in der nächsten Ausgabe der **forschungsfelder**.

Impressum

forschungsfelder

Das Magazin wird herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

Fachliche Betreuung, Steuerung:

BMEL-Referat MK2, Öffentlichkeitsarbeit
V. i. S. d. P.: Dr. Michaela Nürnberg, Dorothea Schildt
Konzept, Redaktion, Gestaltung:
neues handeln AG
Alexandra Resch (Ltg.), Nannette Rimmel,
Sabrina Strecker, Laura Theuer
Angela Matern (AD), Christian Jung,
Charlotte Matern
Bildredaktion: Studio Stauss, Berlin

Fotos und Illustrationen, wenn nicht anders angegeben: Titel und Rücktitel: Stephen Shepherd/plainpicture; Seite 28/29 (Forschungslandschaft): Lemberg Vector studio, kuroksta, Doloves, MicroOne, Maxim Cherednichenko, Val_Zar/Shutterstock.com
Litho: Twentyfour Seven, Berlin
Druck: Prinovis GmbH & Co. KG, Dresden

Wenn Sie dieses Magazin

bestellen möchten:
Bestell-Nr.: BMEL20033
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Telefon: 030 18 272-27 21
Fax: 030 1810 272-27 21
Schriftlich: Publikationsversand der Bundesregierung,
Postfach 48 10 09, 18132 Rostock
Printed in Germany



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

