



# Hier lang!

Wie Forschung neue Wege für eine zukunftsfähige Landwirtschaft zeigt

# forschungsfelder Ausgabe 1 – Mai 2023



## Liebe Leserinnen und Leser,

*bunte Blühstreifen wie auf unserem Titelbild säumen wieder häufiger unsere Felder. Sie sind nicht nur ein Blickfang, sondern bieten Insekten ein vielfältiges*

*Blütenangebot und Vögeln einen wertvollen Rückzugsort – und helfen so mit, die Artenvielfalt zu schützen.*

*Das Beispiel zeigt: Wir müssen und können neue Wege gehen, damit Landwirtschaft angesichts von Extremwetter, Artensterben, Kriegen und Konflikten krisenfester wird und die Bevölkerung mit Nahrung versorgen kann. Es braucht praxistaugliche Ansätze, die das Nutzen und Schützen unserer Lebensgrundlagen besser miteinander in Einklang bringen – nachhaltig und dauerhaft. Auch deshalb hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, den ökologischen Landbau in Deutschland bis 2030 auf 30 Prozent auszubauen.*

*Entscheidend ist dabei auch, wie wir uns in Zukunft ernähren. Die internationale Staatengemeinschaft hat sich verpflichtet, nachhaltige, inklusive und krisenfeste Agrar- und Ernährungssysteme zu fördern. Sie sind auch die Voraussetzung, damit wir bis 2030 das UN-Ziel erreichen, den Hunger auf der Welt zu beenden und Ernährungssicherheit zu schaffen.*

*Damit Nachhaltigkeit gelingt, braucht es Forschung und Innovation. Deswegen unterstützt das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft Projekte, die den Einklang von „Bewahren und Verändern“ schaffen und dafür sorgen, dass Landwirtschaft auch morgen und übermorgen noch möglich ist. Erfahren Sie in dieser Ausgabe der **forschungsfelder**, wie der Anbau von Pflanzen in ressourcenschonenden Systemen funktioniert, warum wir unsere Felder auch Tropfen für Tropfen bewässern können und was Hecken für unsere Ökosysteme leisten.*

*Viel Freude beim Lesen!*

*Ihr*

*Cem Özdemir  
Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft*

## INHALT

- 4 Wissen in Häppchen**  
*Über Frauen in der Landwirtschaft und den Boden des Jahres*
- 6 Das besondere Foto**
- 8 Alle Hebel in Bewegung**  
*Von Landwirtschaft, die zukunftsfähig und resilient ist*
- 10 Die Abwehr wecken**  
*Wie Pflanzenextrakte und Bakterien Gerste fitter machen*
- 16 „Mehr Resilienz ist dringend notwendig“**  
*Prof. Dr. Frank Ewert über die Zukunft unserer Landwirtschaft*
- 18 Landkarte**
- 20 Tropfen für Tropfen**  
*Wie ein effizienter Umgang mit Wasser gelingt*
- 24 Forschungslandschaft**
- 26 Die perfekte Hecke**  
*Was Gehölze für unser Ökosystem leisten*
- 28 Eine gute Kombi**  
*Emissionen senken und Rohstoffe sparen: Wie der Gemüseanbau nachhaltiger wird*
- 34 Forschungsfrage**  
*Produzieren wir künftig auf Feldern auch Strom?*
- 35 Impressum**



Für die Aufnahme des Cover-Motivs kletterte Eddo Hartmann hoch hinaus. Der niederländische Fotograf dokumentierte in Zusammenarbeit mit der Universität Groningen und der Noorderlicht Foundation zwischen 2018 und 2022 Forschung, die das Wechselspiel zwischen Natur und Landwirtschaft untersucht. Sein Projekt „Collective Landscape“ lehnt sich an das gleichnamige Konzept aus der Landschaftsarchitektur an, das sich damit auseinandersetzt, wie Menschen die Umgebung gestalten. Um dies sichtbar zu machen, arbeitet er mit künstlichem Licht – und setzt damit auch die Arbeit von Forschenden in Szene.

Foto: Eddo Hartmann/www.eddohartmann.nl; Illustration rechts: Sarah Heiß

forschungsfelder  
» Ausgabe downloaden  
» Kostenfreies Abonnement  
[www.forschungsfelder.de](http://www.forschungsfelder.de)

## Termine

4.6.

Umweltfestival  
am Brandenburger Tor, Berlin

Die „Grüne Liga Berlin“ lädt ein zu Aktionen und Informationen rund um Umwelt- und Naturschutz.

14.—15.6.

Öko-Felddtage, Ditzingen

28.—29.6.

Deutscher Bauerntag, Münster

Mehr als **16 Mio.**  
**MENSCHEN**

essen Schätzungen zufolge täglich in Gemeinschaftseinrichtungen, wozu zum Beispiel Kitas, Schulen, Betriebe, Kantinen, Kliniken und Senioreneinrichtungen gehören. Damit können diese Einrichtungen zu einer nachhaltigeren und gesünderen Ernährung für viele Menschen beitragen. Diese zu fördern ist ein Ziel der Ernährungsstrategie der Bundesregierung, die 2023 vorgelegt werden soll. Ein Ansatzpunkt ist es, in der Gemeinschaftsverpflegung die Qualitätsstandards der Deutschen Gesellschaft für Ernährung verbindlich zu etablieren und mehr Biolebensmittel anzubieten.

# Ackerboden ist Boden des Jahres 2023

Er ist Lebensraum von unzähligen Bodentieren und Mikroorganismen wie Regenwürmern und Bakterien. Auf ihm wächst Nahrung für Mensch und Tier. Und er leistet einen Beitrag zum Klimaschutz: Unter einem Hektar Ackerboden sind durchschnittlich 95 Tonnen Kohlenstoff gespeichert. Bearbeitet, bewässert und mit Nährstoffen versorgt – so bekommt der Ackerboden seinen humusreichen Oberboden, die Ackerkrume. In Deutschland machen Äcker rund 120.000 Quadratkilometer und damit mehr als zwei Drittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche aus. Doch der Bestand ist gefährdet: zum Beispiel durch Erosion oder nicht angepasste Bewirtschaftungsformen. Auch müssen landwirtschaftliche Flächen zunehmend Gewerbe, Verkehr und Wohnraum weichen. Um auf seine Bedeutung und eine schonende Nutzung aufmerksam zu machen, hat die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG) den Ackerboden zum Boden des Jahres 2023 erklärt.



## Frauen in der Landwirtschaft

Wie steht es um die Arbeits- und Lebenssituation von Landwirtinnen in Deutschland? Das untersuchten das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, die Universität Göttingen und der Deutsche LandFrauenverband. Die Befragungen ergaben, dass Frauen zentrale Aufgaben auf den Höfen übernehmen, etwa in der Buchhaltung, bei der Direktvermarktung, in der Tierhaltung und auf dem Feld. Zusätzlich betreuen sie oft die Beschäftigten und leisten den Großteil der familiären Fürsorgearbeit. Obwohl viele Frauen an strategischen Entscheidungen beteiligt sind, leiteten nur elf Prozent der Studienteilnehmerinnen den Betrieb selbst. Häufig hindern veraltete Geschlechterbilder und traditionelle Vererbungswege sie daran. Rund 18 Prozent der befragten Betriebe möchten die Leitung zukünftig in die Hände ihrer Töchter legen.

## Einflussreiche Erbengemeinschaft

Warum können sich manche Pflanzen besser an Umweltbedingungen anpassen und woher kommt ihre Resilienz? Zum Teil liegt das an den Genen. Aber Forschende des Leibniz-Instituts für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB) wiesen nach, dass Pflanzen über ihre Samen auch ihr Mikrobiom vererben. Das ist eine Gemeinschaft von Mikroorganismen wie Pilze und Bakterien, die ein Lebewesen besiedeln. Sie schützen Pflanzen vor Krankheiten, fördern ihr Wachstum und die Widerstandskraft. Nun untersuchte ein internationales Forschungsteam, an dem sich das ATB beteiligte, die mikrobielle Vererbung genauer. Mit dem Ergebnis, dass abiotische Faktoren wie klimatische Bedingungen die Übertragung des Mikrobioms ebenso prägen wie die Pflanzengenetik. Daraus schließen die Forschenden: Passt man die Produktion, Behandlung und das Lagern von Saatgut zukünftig an die Bedürfnisse des Saatmikrobioms an, kann das resilientere Pflanzen hervorbringen.

STICHWORT

# RESILIENZ

bezeichnet das Maß an Widerstandsfähigkeit, mit dem ein System auf Belastungen und extreme Ereignisse reagieren kann. Resiliente Agrarsysteme besitzen die Fähigkeit, wirtschaftliche, ökologische oder soziale Krisen zu bewältigen. Sie können sich an neue Gegebenheiten wie Preis- und Nachfrageschwankungen, Klimawandel und Arbeitskräftemangel anpassen und durch Veränderungen ihre Funktionsfähigkeit erhalten oder sogar verbessern.



## Gefroren, um zu schmelzen

Foto: Ciril Jazbec

Um sich gegen die zunehmende Trockenheit in ihrer Region zu wehren, erschaffen die Menschen im indischen Himalaja riesige Eiskegel: Über Rohre leiten sie Wasser aus Bergflüssen im Winter talwärts, wo es senkrecht in die Luft gesprüht wird und zu Gebilden gefriert, die an Stupas – buddhistische Schreine – erinnern. Im Frühjahr schmelzen diese nur langsam und liefern so Wasser für die umliegenden Felder. Auch wenn Stupas nicht die Folgen des Klimawandels aufhalten, sind sie ein Versuch, Dürre in den Tälern zu vermeiden. In diesem Stupa in der Region Ladakh gibt es sogar ein Café.

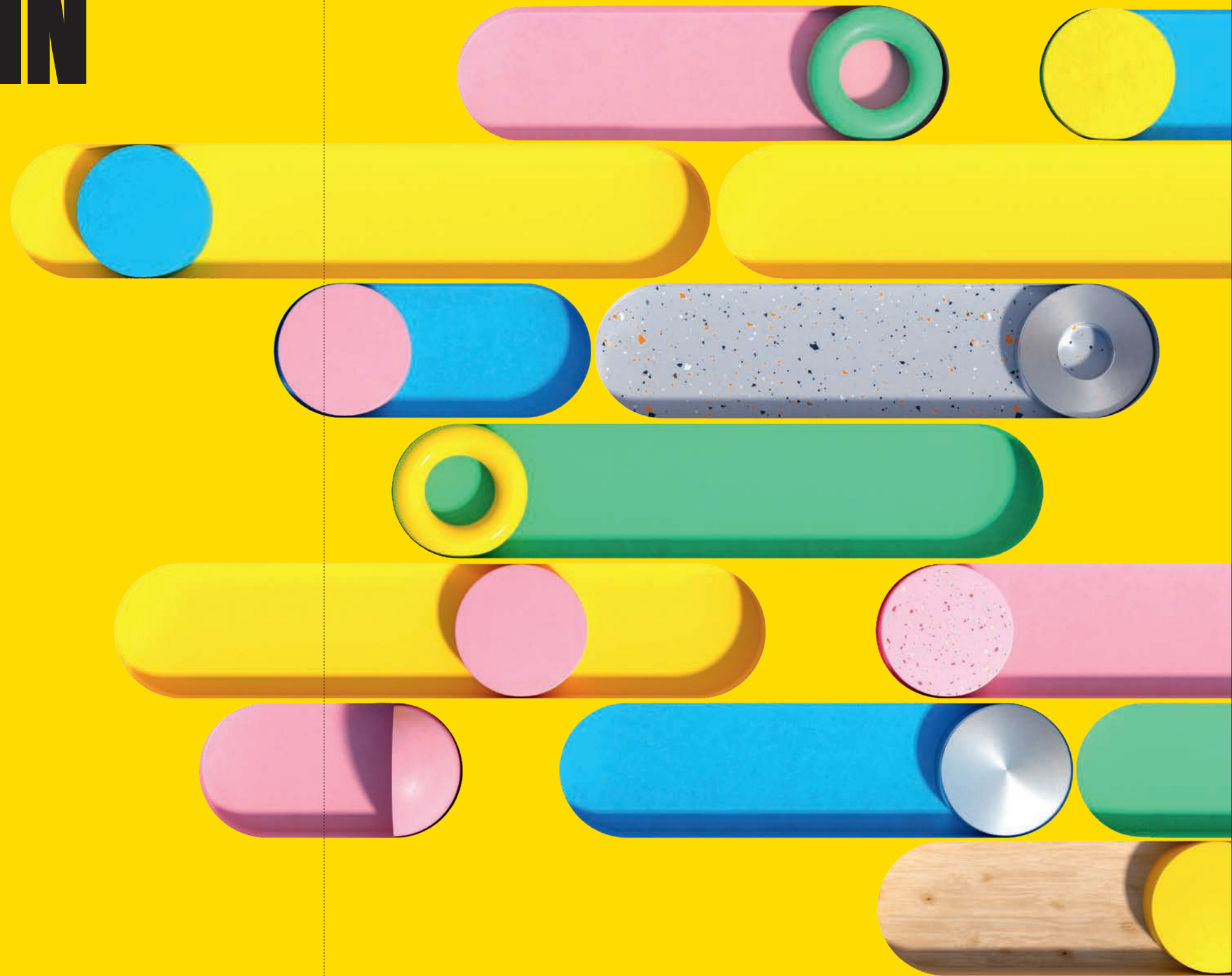
# ALLE HEBEL IN BEWEGUNG

**T**emperaturen über 35 Grad und manchmal wochenlang kaum Niederschlag: Die Sommer brechen immer neue Hitze- und Trockenheitsrekorde. Unter diesen Bedingungen leiden auch die landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Aber sie wissen sich in dieser Stresssituation zu helfen: Wenn es zu heiß und trocken wird, schließen sie die Poren auf ihren Blättern, die sogenannten Spaltöffnungen. Damit vermeiden sie bis zu 90 Prozent des Wasserverlusts und schützen sich vor dem Austrocknen. Sie reagieren also direkt auf die sich wandelnden Umweltbedingungen – ein Zeichen von Resilienz. Diese Fähigkeit hilft – nicht nur den Pflanzen – sich an Veränderungen anzupassen, zumindest bis zu einem gewissen Grad.

Aber die Resilienz hat ihre Grenzen: Schließen Pflanzen die Blätter, um Wasser zu speichern, wird auch die Fotosynthese und damit das Wachstum eingestellt. Je länger der Stress andauert, desto

weniger hilft ihnen diese Strategie also weiter. Damit sie weiterhin gut gedeihen, braucht es Unterstützung von außen. Das kann zum Beispiel die Züchtung von klimaangepassten Kulturpflanzen oder der effizientere Einsatz von Ressourcen wie Wasser sein.

Aber auch abseits der Felder sorgen die vielfältigen Krisen unserer Gegenwart für weitere Herausforderungen, etwa steigende Energiepreise oder die Störanfälligkeit digitaler Infrastrukturen. Sie verstärken die Unsicherheit, der die Agrarbetriebe ohnehin ausgesetzt sind. Es geht also um die Zukunftsfähigkeit der Landwirtschaft selbst. Damit sie ihre Resilienz weiter stärken kann, muss sie an vielen Hebeln ansetzen. Nur so kann sie krisenfest bleiben. Um Antworten auf diese komplexen Fragen zu finden, arbeiten Landwirtschaft und Forschung eng zusammen.





# Die Abwehr wecken

Um die Gerstenpflanzen auch im Freilandversuch unter Trockenstress untersuchen zu können, hilft das sogenannte Rain-out-Shelter. Das rollende Gewächshaus bewegt sich bei Regen sensorgesteuert über die Versuchsfläche und schirmt den Niederschlag von den Pflanzen ab.

*Pflanzen müssen fitter werden, damit sie Klimawandel und Krankheiten künftig besser trotzen können. Dabei unterstützen Forscherinnen und Forscher mithilfe von Pflanzenextrakten und Mikroorganismen.*

**M**ilde Winter und sommerliche Rekordtemperaturen, oft regnet es im Frühjahr und Sommer wochenlang keinen Tropfen – was das für die Kulturpflanzen auf den Feldern bedeutet, haben die vergangenen Jahre deutlich gezeigt: Mancherorts stand der Mais nur hüfthoch, mit eingerollten Blättern und leeren Kolben, Getreidepflanzen gingen in die Notreife, Zuckerrüben blieben klein. Bei Hitze und Trockenheit wachsen viele Pflanzen auf Sparflamme und sterben im schlimmsten Fall ab. Außerdem profitieren Krankheitserreger wie etwa Mehltau oder Getreiderostpilze von den veränderten Klimabedingungen und setzen den ohnehin schon geschwächten Pflanzen zusätzlich zu. Am Julius Kühn-Institut (JKI) loten gleich mehrere Forschungsteams aus, wie die

Landwirtschaft diesen Herausforderungen begegnen kann und entwickeln neue Ansätze für einen nachhaltigen Anbau und sichere Ernten. Am Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz in Quedlinburg beispielsweise setzt die Agrarwissenschaftlerin Dr. Gwendolin Wehner Getreidepflanzen gezielt Trockenheit aus, um zu untersuchen, wie die Pflanzen reagieren und was ihnen helfen könnte. 2020 initiierte sie mit ihrem Team und zwei weiteren Instituten des JKI – dem Institut für Biologischen Pflanzenschutz in Dossenheim und dem Institut für Strategien und Folgenabschätzung in Kleinmachnow – das Projekt „MORGEN“. Die Forscherinnen und Forscher untersuchen darin, welche Kombination aus genetischen Variationen, Stärkungsmitteln auf Naturstoffbasis und Anbauver-



Gerste im Feldversuch und Gewächshaus: Mit ihrem Team untersuchte Agrarwissenschaftlerin Dr. Gwendolin Wehner verschiedene Gerstengenotypen in Trockenphasen – mit und ohne die Behandlung mit stärkenden Pflanzenextrakten.



fahren die größtmögliche Trockenstresstoleranz in Sommergerste hervorrufen und wie künftige Züchtungsprogramme darauf aufbauen können.

### Gestresste Pflanzen stärken

„Sommergerste ist eine wichtige Kultur in Deutschland, die aber unter der zunehmenden Frühjahrstrockenheit leidet“, erläutert Wehner die Auswahl der Pflanzen für ihre Forschung. Mit ihrem Team untersuchte sie das Wachstum von 200 verschiedenen Gerstengenotypen – also Pflanzen mit unterschiedlicher genetischer Ausstattung. Sechs Wochen lang mussten die jungen Setzlinge unter extremem Trockenstress wachsen, in dieser Zeit bekamen sie einmal wöchentlich 20 Milliliter Wasser. Das Forschungsteam dokumentierte den Prozess und erhob zahlreiche Daten wie Blattfarbe, Gewicht, Chlorophyll- und Wassergehalt. Das Ziel: verstehen, was während der Trockenphasen in den Pflanzen geschieht und wie diese mit Dürre umgehen. Um herauszufinden, welche Gene dabei aktiv sind, entnahmen die Forschenden außerdem Gewebeproben.

Aus diesen Voruntersuchungen wählten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler schließlich zehn geeignete Genotypen aus und testeten an den jungen Gerstenpflanzen die Wirksamkeit von 20 unterschiedlichen biologischen Pflanzenschutz- und -stärkungsmitteln, sogenannten Biologicals. Diese werden aus Pflanzenextrakten oder Stärke gewonnen und auf die Pflanzen gesprüht. Sie haben keine schädlichen Wirkungen auf die Umwelt – können aber das Pflanzenwachstum stark beeinflussen. „Einige Biologicals bilden auf den Blättern einen Film und schützen die Pflanzen so vor Verdunstung, andere halten den Druck in den Zellen aufrecht, der die Pflanzen insgesamt stabilisiert, bei vielen ist die Wirkung aber noch unbekannt“, sagt Gwendolin Wehner.

Erneut mussten die Pflanzen sechs Wochen lang in Gewächshaus- und Freilandversuchen unter Dürre leiden, wurden diesmal aber ein- bis zweimal wöchent-

lich mit den Stärkungsmitteln besprüht. Das waren sowohl kommerziell erhältliche Produkte als auch selbst hergestellte Mittel aus Extrakten des Sachalin-Staudenknöterichs oder der Klettenwurzel. Am Ende des Versuchs machten die Forscherinnen und Forscher eine erstaunliche Entdeckung: Sowohl der Ertrag als auch das Gewicht der dürrgestressten Pflanzen waren – je nach Genotyp und dem verwendeten Biological – zum Teil erheblich höher, wenn sie mit Biologicals behandelt wurden. So erntete das Team aus einem Versuch 400 Gramm Körner von unbehandelten und 600 Gramm von behandelten Pflanzen. Bei normaler Bewässerung jedoch zeigten sich – wie von der Forscherin erwartet – keine Ertragsunterschiede zwischen den behandelten und den unbehandelten Pflanzen, denn beide hatten keinen Trockenstress. „Pflanzenstärkungsmittel regen die Biomasseproduktion von Pflanzen enorm an und helfen gerade bei ungünstigen Bedingungen wie Trockenheit“, betont Wehner. Für die Forschung ist aber noch ein weiterer Aspekt hochinteressant: Abhängig von ihrer jeweiligen genetischen Ausstattung reagieren die getesteten Gerstenlinien sehr unterschiedlich auf Pflanzenstärkungsmittel. Bei einigen Genotypen lassen sich Ertrag und Biomasse mit ihnen erheblich steigern, bei anderen wirken sie dagegen kaum.

### Krankheiten zu Leibe rücken

Neben der Trockenheit haben die Forschenden um Gwendolin Wehner mit ihrem Kooperationspartner – dem JKI-Institut für Biologischen Pflanzenschutz –

auch Krankheitserreger wie Mehltau oder Getreiderostpilze im Blick, die vom Klimawandel profitieren und häufiger auftreten. Auch hier wirken Biologicals und können die Widerstandsfähigkeit der Gerstenpflanzen erhöhen. Wie genau das geschieht und wie sich Biologicals bei Wasserknappheit und gleichzeitigem Mehлтаubefall auf die Pflanzen auswirken, untersuchen die Forscherinnen und Forscher nun in weiteren Versuchen.

Um die beste Kombination aus Biological und Genotyp zu finden, kommen die Kolleginnen und Kollegen vom JKI-Institut für Strategien und Folgenabschätzung ins Spiel. Auf Grundlage der Daten aus den Trockenstress- und Mehltauversuchen entwickeln sie mathematische Pflanzenwachstumsmodelle. Mit ihrer Hilfe wollen sie das Wachstum von Genotypen mit günstigen Eigenschaften unter verschiedenen Klimaszenarien und Stressfaktoren simulieren. Auf diesem Wissen sollen künftige Züchtungsprogramme aufbauen können.

### Mit Molekülen anstupsen

Wie Krankheitserreger den Kulturpflanzen zusetzen und was sich dagegen machen lässt, ist das Forschungsfeld von Dr. Adam Schikora vom JKI-Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik in Braunschweig. In seiner Arbeit hat er ebenfalls die Stärkung von Pflanzen im Blick, setzt dabei aber auf Bodenbakterien. Er ist besonderen chemischen Molekülen auf der Spur, sogenannten acylierten Homoserinlactonen, kurz AHL-Molekülen, die Bakterien im Boden als Signalstoffe dienen. Mit ihrer Hilfe kom-

*Pflanzenextrakte können das Wachstum der Gerste fördern – ohne der Umwelt zu schaden.*

## Die positive Wirkung von Bodenbakterien und Pflanzenextrakten könnte künftig dazu beitragen, den Verbrauch von Pestiziden erheblich zu senken – indem sie Kulturpflanzen auf andere Weise stärken und resistenter gegen Krankheiten machen.

munizieren die Mikroorganismen untereinander und aktivieren oder deaktivieren bestimmte bakterielle Zellfunktionen. AHL-Moleküle sind aber nicht nur innerhalb der mikrobiellen Gemeinschaft wichtig. Wenn Pflanzen die bakteriellen Moleküle etwa über ihre Wurzeln aufnehmen, können sie zu einem späteren Zeitpunkt Krankheitserreger besser abwehren. Denn die Signalstoffe der Bakterien sensibilisieren das pflanzliche Immunsystem, bereiten es so für mögliche Krankheitserreger vor und machen es widerstandsfähiger, wenn es tatsächlich auf Krankheitserreger trifft. In der Forschung wird dieses Phänomen „Priming“ genannt. „Dass bestimmte chemische Moleküle solche Reaktionen auslösen können, ist im Prinzip schon seit den 1920er-Jahren bekannt“, sagt Schikora. Neu ist dagegen, dass auch Bodenbakterien wie etwa Knöllchenbakterien das pflanzliche Immunsystem stärken und damit im Pflanzenschutz eine wichtige Rolle spielen können.

Adam Schikora arbeitet bereits seit einigen Jahren mit *Ensifer meliloti*, einem weltweit vorkommenden Knöllchenbakterium, und hat dessen positiven Einfluss in zahlreichen Versuchen beobachtet. Heute kennt die Forschung noch viele weitere Bakterien, die AHL-Moleküle produzieren und damit die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen erhöhen können. „In der Natur kommen Pflanzen natürlich nicht nur mit einem Bakterium, sondern mit einer großen mikrobiellen Gemeinschaft in Berüh-

rung, die viele verschiedene Moleküle produzieren“, betont der Forscher, für den sich damit wieder neue Forschungsfragen eröffnen. Wie bei den von Gwendolin Wehner untersuchten Biologicals gilt aber auch hier: Bestimmte Genotypen antworten besser auf Priming als andere.

### Wertvoll für die Züchtung

Um die genetischen Grundlagen zu verstehen und die Gene zu identifizieren, die das Priming möglich machen, arbeiten beide Forschende projektübergreifend zusammen. Das Team um Gwendolin Wehner analysiert dafür das komplette Erbgut der Nutzpflanzen. „Wir kennen sie noch nicht genau, aber wissen etwa bei Gerstenlinien schon, auf welchem Chromosom und an welcher Stelle des Genoms sich die entscheidenden Gene befinden“, fasst Schikora die bisherigen Ergebnisse seiner Kollegin zusammen. Und das ist bereits eine wertvolle Information – auch für seine Arbeit. „Für diese Positionen kann man leicht Genmarker entwickeln, die anzeigen, welche Genotypen die entscheidenden Gene besitzen. Mit diesen kann man dann in die Züchtung gehen.“

Von der wissenschaftlichen Theorie müssen die Erkenntnisse nun ihren Weg in die landwirtschaftliche Praxis finden. Adam Schikora ist überzeugt, dass Priming oder Biologicals wichtige Bausteine für die künftige Produktion von Lebensmitteln sein werden, die den Verbrauch von Pestiziden und Düngemitteln erheblich senken

können. Denn die Kulturpflanzen werden mit ihrer Hilfe gestärkt, beim Wachsen unterstützt und können Krankheiten – und den Auswirkungen des Klimawandels – besser widerstehen.

Von Heike Kampe

Mit einer Pipette fügen die Forschenden der Erde Bodenbakterien zu. Anschließend untersuchen sie die Wirkung dieser Mikroorganismen auf den Setzling.



# BAKTERIENKUR FÜR DIE GERSTE





# „MEHR RESILIENZ IST DRINGEND NOTWENDIG“

*Globale Krisen, Extremwetter, Artensterben: Die großen Herausforderungen unserer Zeit sind auch auf den Feldern und bei der Versorgung mit Nahrungsmitteln spürbar. Wie muss das Agrar- und Ernährungssystem in Deutschland gestaltet werden, um künftig gut gewappnet zu sein? Das erläutert Prof. Dr. Frank Ewert, Wissenschaftlicher Direktor des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.*

**Herr Professor Ewert, gehört Unvorhersehbares nicht schon immer zum Alltag der Landwirtschaft?**

Ja, auf gewisse Schwankungen, beispielsweise bei Niederschlag und Temperatur, muss sie grundsätzlich vorbereitet sein. Doch bedingt durch den fortschreitenden Klimawandel gab es in den vergangenen

zehn Jahren immer wieder neue Hitze rekorde und wir verzeichnen mehr Dürreperioden über viel größere Regionen – über große Teile Deutschlands oder gar Europas hinweg, als dies noch vor 20 bis 30 Jahren der Fall war. Neu ist auch, dass die extremen Ausschläge teilweise direkt aufeinanderfolgen, wie zum Beispiel 2018

und 2019. Das kann für manche Betriebe sogar das wirtschaftliche Aus bedeuten.

**Wie sind wir bisher durch solche Krisen gekommen?**

Aufgrund der ökonomischen Stärke Deutschlands war es möglich, betroffene landwirtschaftliche Betriebe mit staatli-

chen Kompensationszahlungen oder Krediten zu unterstützen. Die Verbraucherinnen und Verbraucher haben diese Situationen kaum gespürt, da vieles über Importe ausgeglichen oder auf vorhandene Lagerbestände zum Beispiel von Getreide zurückgegriffen werden konnte. Beides sind wichtige Instrumente für ein resilientes Agrar- und Ernährungssystem – zu dem neben der landwirtschaftlichen Produktion auch die gesamte Verwertungskette bis hin zu Verbraucherinnen und Verbrauchern zählt. Das System als Ganzes konnte solche Krisen – auch im internationalen Vergleich – gut abfedern. Doch wir werden künftig leider vor noch viel größeren Herausforderungen stehen.

**Worauf sollten wir uns einstellen?**

Extremwetterereignisse, Dürren, Artensterben, Umweltbelastungen, globale Krisen wie Pandemien oder Kriege sowie daraus resultierende Preisschwankungen und Lieferengpässe – die Liste ist lang. In gewissem Umfang ist das System vorbereitet. Doch wenn solche Krisen zunehmen und künftig auch zeitgleich auftreten, wird es schwierig. Ein zügiger und nachhaltiger Umbau hin zu mehr Resilienz in der Landwirtschaft ist daher dringend notwendig. Und zwar auf sämtlichen Systemebenen: auf ökologischer, ökonomischer und soziokultureller Ebene, aber auch räumlich betrachtet – also regional, national und global. Die landwirtschaftlichen Betriebe können dies allein nicht leisten. Deshalb suchen unsere Forschungsteams mit ihnen zusammen nach Lösungen.

**Wie können diese aussehen?**

Auf der Produktionsebene kann Diversifizierung helfen, das Risiko kompletter Ertragsausfälle zu reduzieren. Dabei bauen Landwirtinnen und Landwirte statt nur einiger weniger Fruchtarten deutlich mehr an – das können dann in zwei bis drei Fruchtfolgen 10 bis 15 Fruchtarten sein, die jeweils etwas unterschiedliche Ansprüche haben. Nach einer extremen Hitze- oder Dürreperiode liefern dann vielleicht zumindest noch einige Frucht-

arten einen auskömmlichen Ertrag. Auch mit dem Anbau von Arten, die besser mit Trockenheit und Hitze umgehen können, wie Kichererbse oder Hirse, können sich die Betriebe breiter aufstellen und besser vor Ernteausfällen schützen.

**Und hier setzt auch die Forschung an?**

Ja, für uns aus Wissenschaftssicht gibt es einige Fragen zu beantworten: Welche Fruchtarten und Sorten eignen sich für welchen Standort? Wie müssen sie jeweils angebaut werden und welche Erntetechniken sind geeignet? Können neue Technologien wie Sensorik und Robotik helfen, Anbausysteme zu diversifizieren? Gibt es einen Markt für diese Produkte? Um Antworten darauf zu finden, ist Wissenschaft unabdinglich, ebenso für die Erforschung hitze-, dürre- und krankheitsresistenterer Sorten. Darüber hinaus müssen die Anbausysteme insgesamt nachhaltiger gestaltet werden: etwa durch Verbesserung der Wasserhaltefähigkeit oder Fruchtbarkeit der Böden. Dabei rücken Bodenstruktur, Humusgehalt oder die Wirksamkeit von Maßnahmen wie Mulchen in den Blick. Dazu gehört aber auch die bereits angesprochene Ausweitung der Fruchtfolgen, über die die Bodengesundheit verbessert und der Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln reduziert werden können. Außerdem: In Deutschland müssen zukünftig voraussichtlich mehr Felder bewässert werden. Dringend angegangen werden sollte daher auch die Entwicklung von Rückhaltebecken in der Landschaft. Sie können als Wasserreservoir für die Bewässerung genutzt werden.

**Was muss noch passieren?**

In der Tierhaltung sollte ebenfalls eine Veränderung stattfinden: hin zu regional gleichmäßiger verteilten geringeren Tierdichten und Mischbetrieben, die Ackerbau und Tierhaltung kombinieren. Damit lassen sich Nährstoffkreisläufe besser schließen und Stickstoffauswaschungen und Treibhausgasemissionen regional und insgesamt reduzieren – und so nachhaltig, umwelt- und klimaschüt-

zend wirtschaften. Auch hier kann die Forschung den Transformationsprozess unterstützen.

**Und wie verhält es sich auf der ökonomischen Ebene?**

Damit die Betriebe künftige Krisen gut überstehen, müssen sie ökonomisch stark sein. Zentral ist eine ausgewogene Mischung von regionalen und globalen Lieferketten. Insbesondere die Versorgung mit regionalen Produkten sollte künftig weiter gestärkt werden, um von globalen Markt- oder Preisschwankungen unabhängiger zu sein. Auch hier braucht es die Wissenschaft: Um stabile Versorgungs- und Wertschöpfungsnetze aufbauen zu können, wird etwa in Modellrechnungen ermittelt, wie viel Anbaufläche notwendig ist, um die Bevölkerung einer bestimmten Region zu versorgen und gleichzeitig den Betrieben gesicherte Einkommen zu ermöglichen. Ein weiterer wichtiger Baustein, um auf Extremereignisse vorbereitet zu sein, liegt im Angebot geeigneter Versicherungsprodukte, etwa gegen Ertragsausfälle aufgrund von Überschwemmungen, Hitze und Dürre. Hier ist das Angebot noch sehr begrenzt.

**Wie können Verbraucherinnen und Verbraucher die Resilienz des Agrar- und Ernährungssystems stärken?**

Ein bewusster Ernährungsstil hat einen erheblichen Einfluss auf das Gesamtsystem. Wird etwa der Fleischkonsum reduziert, müssen weniger Futtermittel für die Tierhaltung produziert werden, sodass am Ende große landwirtschaftliche Flächen weniger intensiv gedüngt oder mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden müssen – oder eben gänzlich zum Beispiel für den Naturschutz frei werden. Wenn das Bewusstsein hierfür noch weiter wächst, wäre das großartig! Denn eine Veränderung hin zu mehr Resilienz ist nur erfolgreich, wenn nicht nur die Politik die richtigen Rahmenbedingungen setzt, sondern auch die Verbraucherinnen und Verbraucher mitmachen.

Das Gespräch führte Nicole Silbermann.

# BESSER ESSEN

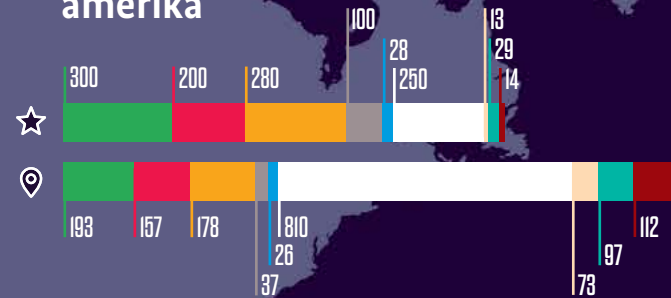
*Gute Nachrichten: Wir könnten uns auf diesem Planeten alle gesund ernähren – auch mit umweltverträglich produzierten Lebensmitteln. Was müsste dafür täglich auf den Tisch kommen? Und was müsste sich bei der Herstellung von Lebensmitteln ändern?*

Selbst mit zehn Milliarden Menschen auf der Welt wäre eine gesunde und ressourcenschonende Ernährung für alle möglich. Das zeigen die Berechnungen der EAT-Lancet-Kommission, eines internationalen Teams von Forschenden.

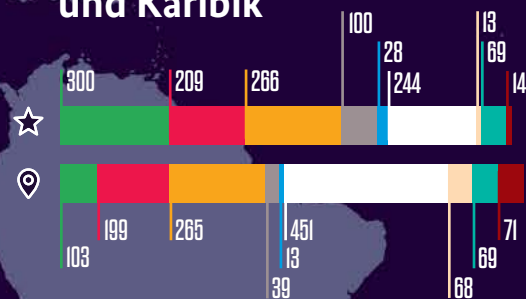
Unsere Grafik veranschaulicht, wie sich das von ihnen empfohlene Tagesmenü, die sogenannte Planetary Health Diet\*, in Gramm pro Lebensmittelgruppe, Kopf und Tag zusammensetzt. Angenommen wird dabei eine hauptsächlich pflanzenbasierte Ernährung, bei der tierische Lebensmittel wie Käse oder Fleisch nur in geringen Mengen konsumiert werden.\*\* Jedem Kontinent raten die Forschenden zu eigenen Zielen, ausgehend von regional unterschiedlichen Produktions- und Ernährungsweisen sowie Umweltbedingungen. Fast immer gilt jedoch: Weniger ist mehr. Zudem müssten die meisten Kontinente auf eine deutlich pflanzenbasiere Ernährung umstellen, Gemüse, Früchte, Nüsse und Hülsenfrüchte müssten mancherorts gar doppelt so oft auf den Tisch kommen als momentan. Den Konsum von rotem Fleisch hingegen gilt es, überall zu reduzieren.

Damit sich alle Ernährungssysteme innerhalb der planetaren Grenzen bewegen, müsste insgesamt ökologisch nachhaltiger produziert, Lebensmittelabfälle müssten stark reduziert und Erträge gesteigert werden. Dazu zählt auch, eine bedarfsgerechte Düngung der Kulturpflanzen sicherzustellen, Wasser effizienter zu nutzen, mehr für den Klimaschutz zu leisten und die Biodiversität zu bewahren.

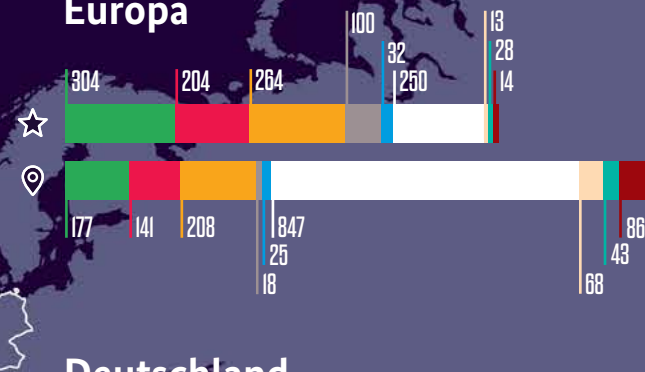
## Nordamerika



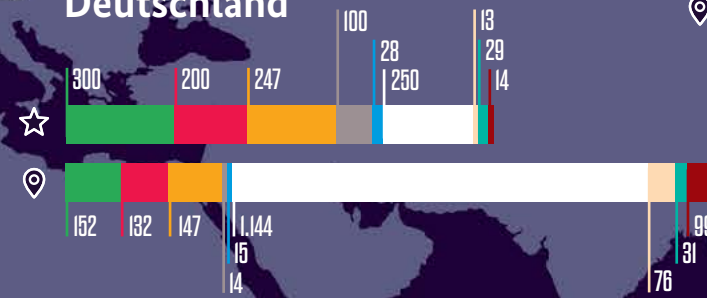
## Lateinamerika und Karibik



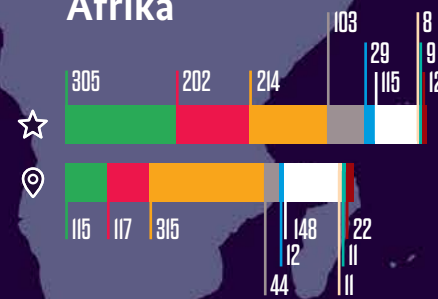
## Europa



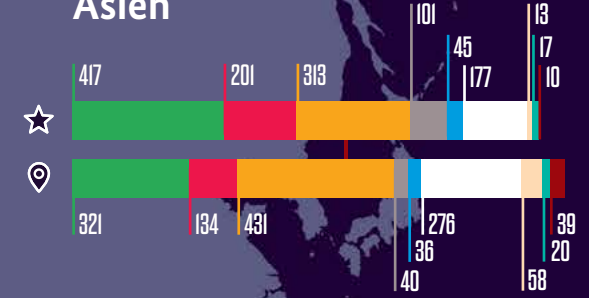
## Deutschland



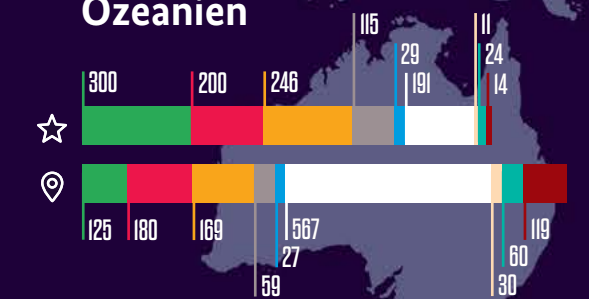
## Afrika



## Asien



## Ozeanien



### LEBENSMITTELGRUPPEN (Werte in Gramm pro Kopf und Tag)

- Gemüse
- Obst
- Getreide
- Hülsenfrüchte & Nüsse
- Fisch & Meeresfrüchte
- Milch & Milchprodukte\*\*\*
- Eier
- Huhn
- Rind, Schwein & Lamm

\*\*\* Das Modell der Planetary Health Diet rechnet sowohl Milch als auch die für Milchprodukte benötigte Milch ein. Für 1 Kilogramm Käse sind dies zum Beispiel etwa 10 Liter Milch.

\* Das Konzept der „Planetary Health Diet“ berücksichtigt die nachhaltige Lebensmittelproduktion innerhalb sogenannter planetarer Grenzen. Damit sind die folgenden sechs Prozesse gemeint, die gemeinsam den Zustand unserer Erde beeinflussen:

- Klimawandel
- Landnutzung
- Wassernutzung
- Biodiversität
- Globaler Stickstoff-Zyklus
- Globaler Phosphor-Zyklus

\*\* Die Planetary Health Diet ist in verschiedenen Szenarien denkbar: Neben der hier dargestellten flexitarischen ist sie auch mit pescetarischer, vegetarischer oder veganer Ernährungsweise vereinbar. In ihren Grundzügen stimmt die hier gezeigte Ernährung mit den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung überein, allerdings sind die angegebenen Gramm-Werte pro Kopf und Tag nur Mittelwerte. Für einen schwer körperlich arbeitenden Menschen wären diese Werte zu gering, für Menschen, die am Schreibtisch arbeiten, zu viel.

# Tropfen für Tropfen

*Zu kostbar zum Verschwenden: Zunehmend heiße und trockene Sommer zwingen die Landwirtschaft dazu, ihren Umgang mit Wasser anzupassen. Dabei hilft Forschung auf vielen Ebenen – vom Boden bis zum All.*

**D**ie Zahlen klingen zunächst wenig beunruhigend. Nur drei Prozent der landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland werden bewässert. Im Vergleich dazu: In Ägypten sind es 93 Prozent und in Italien immerhin ein Drittel. Doch der Wasserbedarf von landwirtschaftlichen Betrieben wird in Zeiten des Klimawandels auch hierzulande weiter steigen. Allein zwischen 2009 und 2019 wuchs die bewässerte Freilandfläche in Deutschland um 36 Prozent.

Niederschlag ist für Pflanzen insbesondere dann wichtig, wenn sie wachsen, blühen und fruchten – also im Frühling, Sommer und Herbst. Tatsächlich verschiebt sich der Regen aber vermehrt in die Winter. In Dürresommern mit langen Hitzeperioden und geringen Niederschlägen sinken zudem der Grundwasserspiegel sowie die Pegel von Flüssen und Seen – allesamt auch wichtige Quellen für die Bewässerung. Verschiedene Forschungsprojekte beschäftigen sich deshalb mit dem

möglichst produktiven Einsatz von Wasser. Sie nutzen dabei unter anderem zwei zentrale Hebel: die Bewässerungstechnologie und die Digitalisierung, Letztere insbesondere in Form von Sensoren.

## Den Durst im Boden aufspüren

„Sensoren haben einen Entwicklungsschub in die Bewässerungstechnik gebracht“, sagt Dr. Manuela Zude-Sasse. Sie erforscht am Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB) in Potsdam digitale Technologien zum Wassereinsatz im Obst- und Gemüsebau. Denn die Sensoren liefern Informationen über den exakten Wasserbedarf der Pflanzen, digital gesteuerte Bewässerungssysteme sollen das Wasser dann im genau benötigten Umfang dorthin bringen, wo es gebraucht wird. Bislang standen den Anbaubetrieben nur recht allgemeine Informationen aus Wetterstationen und Bodendaten zur Verfügung, um den Wasserbedarf zu berechnen. Mit Sensoren lässt sich nun unter anderem auch die Bodenfeuchtigkeit vor Ort, der Zustand der Früchte oder auch die gesamte Blatt- und Gehölzoberfläche der Pflanzen bestimmen. All dies liefert wichtige Hinweise auf den Bewässerungsbedarf.

Im Obst- und Gemüsebau ist die künstliche Bewässerung von Apfelbäumen, Zucchini und Tomaten Standard. Sie ermöglicht den Betrieben unabhängig vom Niederschlag optimale Ernteergebnisse. Dort bringen meist Tropfsysteme am Boden das Wasser effizient und zielgenau an die Wurzel. Es dringt sofort in die Erde

ein, statt an der Oberfläche der Pflanzen zu verdunsten. „Der Bewässerungsbedarf im Obstanbau hat sich aber während der heißen Dürresommer wie 2018 und 2020 stark erhöht“, erklärt Zude-Sasse. Mit dem Einsatz von Sensoren ließe sich die Tröpfchenbewässerung weiter optimieren. Statt alle Reihen einer Obstplantage würden nur jene mit Wasser versorgt, die digital einen Bewässerungsbedarf signalisieren.

Doch wie erkennen die Sensoren eigentlich den Durst einer Pflanze? „An Traktoren befestigte Laserscanner können etwa die Baumoberflächen erfassen“, erläutert die Forscherin. Diese Oberfläche gibt Aufschluss darüber, wie viel Wasser bei Niederschlag auf Gehölzen und Blättern verdunstet, ohne dass die Pflanze ihn nut-

Früchte gelegt und zeigen an, ob diese in zu großer Dürre schrumpfen. Dann ist es höchste Zeit, den Hahn aufzudrehen. „Dendrometer sind allerdings recht aufwendig und werden eher in Anbaugebieten wie Kalifornien genutzt, die noch stärker als Deutschland unter Trockenheit leiden“, so die Wissenschaftlerin. Gemeinsam mit sechs Brandenburger Obstbaubetrieben testet Zude-Sasse der-

**„Sensoren haben einen Entwicklungsschub in die Bewässerungstechnik gebracht.“**

**Dr. Manuela Zude-Sasse**

zen kann. Bei einer großen Baumkrone muss die Wurzel dann entsprechend stärker bewässert werden.

Andere Sensoren senden direkt von der Pflanze aus Signale, zum Beispiel sogenannte Dendrometer. Sie werden wie zarte Klammern um Stamm oder auch

zeit ein alternatives System für den heimischen Markt, das als ersten Schritt verschiedene Informationsebenen in einer Online-Anwendung zusammenführt. Es verbindet in einer Cloud gespeicherte detaillierte Bodendaten für eine gewählte Obstanlage mit aktuellen Wetterdaten,

Informationen über den Reifegrad der Früchte und Sensor-Informationen über die Größe der Bäume. Auf Basis dieser Daten errechnet das Programm, ob und wo eine Bewässerung nötig ist. Auch wenn dadurch der Wassereinsatz schon genauer zu steuern ist, wäre das nur ein Zwischenschritt: Die große Herausforderung für die Forschenden besteht derzeit darin, aus all den erfassten Informationen Algorithmen zu bilden, die dann Bewässerungssysteme gezielt und

noch immer die häufigste, energieintensivste und zugleich am wenigsten effiziente Bewässerungsmethode“, sagt Dr. Katrin Drastig, Expertin für Wasserkreisläufe am ATB. Ein beachtlicher Teil des Wassers verdunstet in der Luft, bevor er den Boden erreicht. Eine modernere Version sind Kreisberechnungsanlagen, wie man sie vor allem auf großen Feldern im Osten Deutschlands sieht. Aber auch sie gießen wenig zielgerichtet und verschwenden daher Wasser. Bei Wind verteilen sie es jedoch bodennäher und genauer als die Starkregner und benötigen weniger Energie, so die Expertin. Doch welche Bereiche des Feldes brauchen eigentlich mehr und welche weni-

## „Für große Agrarflächen können Satellitendaten die am Boden erhobenen Daten sinnvoll ergänzen.“

Dr. Katrin Drastig

automatisch in Gang setzen. „Für den professionellen Anbau gibt es das noch nicht“, sagt die Potsdamer Forscherin.

### Verdunstung verhindern

Dennoch wird Wasser im Obst- und Gemüseanbau durch die Tröpfchentechnik heute bereits viel effizienter eingesetzt, als dies etwa auf großen Agrarflächen geschieht. Dort schießen an heißen Sommertagen oft dieselbetriebene mobile Starkregner im hohen Bogen Wasserfontänen auf Mais-, Weizen- oder Kartoffelfelder. „Starkregner sind hierzulande

ger Wasser? Hier hilft auch ein Blick aus der Vogelperspektive. „Für große Agrarflächen können Satellitendaten die am Boden erhobenen Daten sinnvoll ergänzen“, sagt die Hydrogeologin Drastig. Ihr Potsdamer Team untersuchte in dem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten Projekt „ALCIS“ (Agricultural Low Cost Integral System), inwiefern frei zugängliche Fernerkundungsdaten für große Anbauflächen nützlich sein können. In regelmäßigem Abstand erfasste Satellitenbilder zeigen zum Beispiel, wie sich die Oberflächentemperatur eines Feldes und seine

Verdunstungsrate entwickeln. Beides sind wichtige Indikatoren für Trockenstress. Pflanzen kühlen sich durch Verdunstung herunter. Bei Wassermangel sinkt die Verdunstungsrate, folglich steigt die Temperatur auf der Blattoberfläche: Der Blick auf die Hitzeverteilung eines Feldes zeigt also an, wo genau es höchste Zeit für eine Bewässerung ist.

Drastigs Blick auf die Wassereffizienz gilt nicht nur dem Pflanzenanbau, sondern richtet sich auf den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb. Wie viel Wasser nutzt der einzelne Betrieb? Wie viel steckt in seinen Produkten? Drastigs Arbeitsgruppe „Wasserproduktivität in der Landwirtschaft“ hat am ATB eine entsprechende Methodik entwickelt, das AgroHyd-Farmmodell. Damit können Betriebe auf der Basis von Boden- und Klimadaten zum Beispiel errechnen, wie viel Wasser sie auf ihren Feldern zur Erzeugung von einem Kilogramm Kartoffeln benötigen. Diese Wasserproduktivität ist ein wichtiger Indikator: Der Landwirtschaftsbetrieb kann entsprechend planen oder sich für andere, wassersparendere Pflanzen entscheiden.

### Mehr Regenwasser nutzen

Nach und nach arbeitet das ATB-Team immer mehr Parameter in das AgroHyd-Modell ein, zum Beispiel Informationen, ob Betriebe ihr Abwasser wiederverwenden oder Regenwasser sammeln. Beides würde sich positiv auf die Wasserproduktivität auswirken, passiert hierzulande aber noch viel zu selten. Während das regenarme Israel und Malta mehr als 90 Prozent ihrer Abwässer recyceln, sind es in Deutschland weniger als 30 Prozent. Erst seit 2020 darf laut einer neuen EU-Verordnung gereinigtes Abwasser zur Bewässerung von landwirtschaftlichen Produkten eingesetzt werden, die nicht roh verzehrt werden.

Rückhaltebecken und Wasserreservoirs könnten zusätzlich Niederschlag auffangen. „Doch es gibt hierzulande zu wenige von ihnen, weil ihre Notwendigkeit in der Vergangenheit schlichtweg unterschätzt wurde“, sagt Drastig. Nun wächst aber die Einsicht, dass sie ein wichtiger Baustein gerade im Kontext steigender Trockenheit aufgrund des Klimawandels sind.

Damit die Ergebnisse der Forschung auch von Nutzen für die Praxis sind, ist ein Wissenstransfer entscheidend. Außerdem setzen sich Innovationen, ausgefeilte Modelle und Technologien rund um die Wassereffizienz nur durch, wenn sie ökonomisch für die Landwirtschaft tragbar sind. Drastig plädiert dafür, die Betriebe noch besser zu informieren und Anreize zu setzen – und gleichzeitig auch Mindeststandards bei der Bewässerung einzuführen. Sie nennt ein Beispiel: In Brandenburg fördert das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) neue Bewässerungsanlagen und -techniken nur dann finanziell, wenn diese insgesamt mindestens 15 Prozent Wasser einsparen.

Fest steht, dass das Thema mit den vergangenen Dürrejahren an Fahrt aufgenommen hat. „Ich bekomme derzeit sehr viele Anfragen aus der Praxis“, sagt die Wissenschaftlerin. „Das Interesse an einem effizienteren Umgang mit Wasser hierzulande wächst.“

Von Petra Krimphove

Kiel  
.....

## Alles Gute fürs Rind

Innovative Ansätze für eine zukunftsfähige Rinderhaltung zu entwickeln ist das Ziel des Projekts „InnoRind“. Neun Projektpartner unter Leitung der Universität Kiel arbeiten daran zusammen mit ihren landwirtschaftlichen Versuchsbetrieben in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen und Bayern. Dazu untersuchte das Forschungsteam zunächst den Status quo der Rinderhaltung, identifizierte Verbesserungspotenziale und bezog über eine repräsentative Online-Befragung auch die Perspektive von Verbraucherinnen und Verbrauchern mit ein. Den größten Bedarf sahen die Befragten bei der Verbesserung des Tierwohls. Wichtig war dabei unter anderem, dass Rinder Zugang zu Tageslicht und Frischluft haben, ihre natürlichen Verhaltensweisen ausleben können sowie insgesamt mehr Tierwohl erfahren. Auf Basis der gesammelten Daten erarbeiteten die Forschenden Maßnahmen, die die Versuchsbetriebe in den kommenden drei Jahren testen werden: Zwei Höfe beispielsweise erweitern ihre Bullenmastställe um Auslaufbuchten. Drei andere Betriebe werden die Kälberaufzucht verändern. Nach Trennung von der Mutter halten sie die Kälber nicht mehr wie bisher meist üblich einzeln, sondern paarweise oder in Gruppen. Zudem richten sie in den Gruppenbuchten für Milchkühe geschützte Bereiche ein und untersuchen, ob die Tiere sich zur Geburt zurückziehen – so wie es ihrem natürlichen Verhalten entspräche. Anschließend wird das Forschungsteam analysieren, wie sich die Maßnahmen auf Tierwohl und –gesundheit sowie die Umwelt auswirken. Auch die Praxiseignung der Maßnahmen wird berücksichtigt: Die beteiligten Versuchsbetriebe repräsentieren wichtige Regionen der Rinderhaltung in Deutschland. An ihnen soll erprobt werden, wie gut sich die Neuerungen wirklich in der Breite umsetzen lassen – auch mit Blick auf die Ökologie und Arbeitswirtschaftlichkeit.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Christian-Albrechts-Platz 4 | 24118 Kiel  
www.uni-kiel.de

Braunschweig  
.....

## Mehr Vielfalt im Acker

Wie wirken Fruchtfolgen, Zwischenfrüchte oder Mischkulturen im Vergleich zu Monokulturen auf die Vielfalt und Leistungsfähigkeit der Mikroorganismen im Boden? Um das herauszufinden, nahm das Thünen-Institut für Biodiversität im EU-Vorhaben „DiverIMPACTS“ Bodenproben aus verschiedenen Langzeitversuchen unter die Lupe. Das Ergebnis: Diversifizierte Fruchtfolgen erhöhten die Artenvielfalt der Bakterien, auch von den weniger dominanten Arten. Diese tragen zwar nur mit einem geringen Anteil zum Bodenmikrobiom – der Gesamtheit aller Mikroorganismen im Boden – bei, sind aber äußerst wichtig, etwa für den Stickstoffkreislauf. Auch Winterzwischenfrüchte stabilisierten das Vorkommen von Bakterien, die die Bodenstruktur verbesserten und im Frühjahr Nährstoffe zur Verfügung stellten. Versuche zu Untersaaten und Stickstoffdüngung ergaben: Übermäßige Düngung schwächt die Netzwerkstrukturen des Mikrobioms – was vermutlich deren Zusammenwirken verschlechtert und das Mikrobiom weniger resistent gegen Umweltwirkungen wie Trockenheit macht.

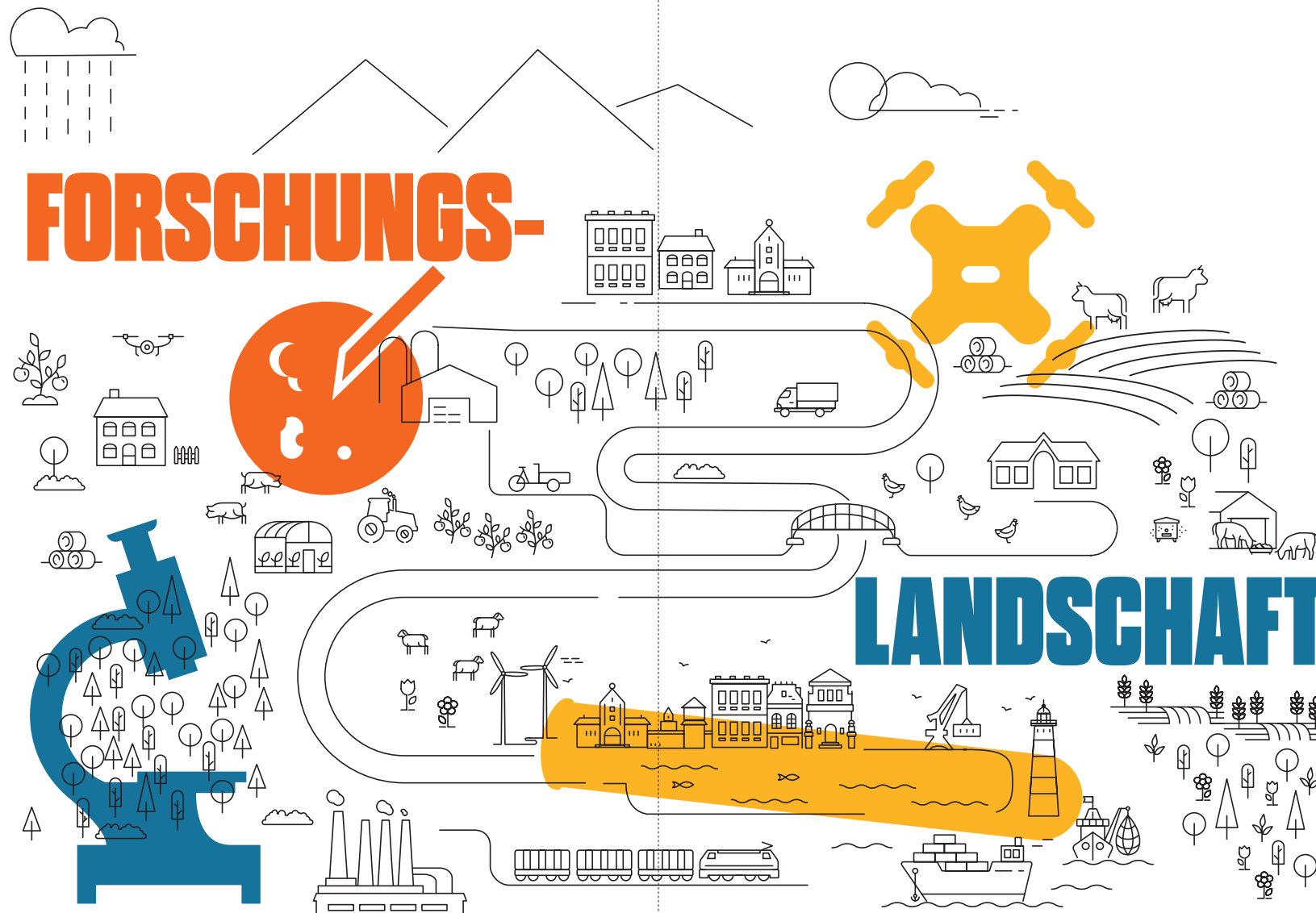
Thünen-Institut für Biodiversität  
Bundesallee 65 | 38116 Braunschweig  
www.thuenen.de

Holtsee  
.....

## Im virtuellen Garten

Die eine Pflanzensorte mag es wärmer, die andere wächst auch auf trockenerem Boden und die dritte ist resistent gegen Schadinsekten – so etwas ließ sich bislang vor allem bei zeitintensiven Feldversuchen beobachten. Was aber wäre, wenn sich aussichtsreiche Sortenkandidaten direkt miteinander vergleichen ließen? Am besten hinweg über unterschiedliche Jahre oder Länder? Das Forschungsteam im Projekt „PORTAL“ will das ermöglichen – mit einem virtuellen Zuchtgarten. Die Daten liefern autonome Roboter: Sie erfassen im dreijährigen Projektverlauf sensorisch, bildgebend und dreidimensional mehrere reale Feldversuche mit Winterraps in allen Wachstumsperioden. Jeder einzelne Sortenkandidat wird mit seinen Daten virtuell dargestellt. So können Forschende diesen unabhängig von Zeit und Raum bewerten und nährstoffeffiziente, ertragssichere und krankheitstolerante Pflanzen schneller identifizieren. Eine im System integrierte künstliche Intelligenz lernt anhand der Bewertungen mit, um die Züchtungsforschung künftig mit Analysen zu unterstützen.

NPZ Innovation GmbH  
Hohenlieth-Hof | 24363 Holtsee  
www.npz-innovation.de

Hohenheim  
.....

## Kleine digitaler machen

Ob Feldroboter, Stallkameras oder Cloudsysteme – bislang nutzen überwiegend größere landwirtschaftliche Haupterwerbsbetriebe solche digitalen Hilfsmittel. Im Projekt „Digitale Wertschöpfungsketten für eine nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft“ wird untersucht, wie kleinere Betriebe stärker profitieren könnten. Ein Forschungsteam blickt dabei zusammen mit Partnern aus Industrie, Dienstleistung und Landwirtschaft auf Acker- und Feldgemüsebau, Grünlandbewirtschaftung, Rinder- und Pferdehaltung. Es passt Technologien an und entwickelt diese weiter, sodass sie auch Kleinbetrieben die Arbeit erleichtern und sie darin unterstützen, Natur besser zu schützen und ein höheres Tierwohl zu ermöglichen.

Universität Hohenheim  
Schwerzstraße 44 | 70599 Stuttgart  
diwenkla.uni-hohenheim.de

Köln  
.....

## Ernährung sichern in Mosambik

Wie resilient ist das Ernährungssystem in Mosambik, wo viele Menschen unterernährt sind? Diese Frage untersucht ein Team von der Technischen Hochschule Köln, zwei mosambikanischen Universitäten und weiteren Partnern im Rahmen des Projekts „Stärkung der Widerstandsfähigkeit des ländlichen Ernährungsumfelds im Kontext des Katastrophenrisikos und des Klimawandels in Mosambik“. In sogenannten Living Labs erforscht es zusammen mit der Praxis, wie mehr landwirtschaftliche Produktion oder höhere Einkommen die Ernährung beeinflussen könnten, und fördert den Wissenstransfer. Gezeigt hat sich bereits, dass das Ernährungssystem wegen des hohen Grads an Selbstversorgung recht stabil ist. Unter anderem verteuern sich Lebensmittel durch Extremwetterereignisse weniger stark als vermutet.

Technische Hochschule Köln  
Betzdorfer Straße 2 | 50679 Köln  
www.th-koeln.de

# Die perfekte Hecke

Sie leisten viel – sowohl für die Landwirtschaft als auch das gesamte Ökosystem: Hecken in Agrarlandschaften tragen dazu bei, fruchtbaren Ackerboden zu schützen, in heißen Sommern die Felder zu kühlen und Lebensraum für Tiere zu bieten. Sie sind etwa als sogenannte Wallhecken auf Erdhügeln angelegt oder als Steinriegelhecken rund um gesammelte Steine neben dem Acker. Diese beiden aus ökologischer Sicht „perfekten“ Hecken haben mit der auf dieser Seite dargestellten eines gemeinsam: Sie bestehen aus mindestens drei Reihen, mittig sind Bäume, an den Rändern Sträucher. Eher „unperfekt“ ist die Verbreitung von Hecken: Hierzulande machen diese derzeit deutlich weniger als ein Prozent der Agrarfläche aus.

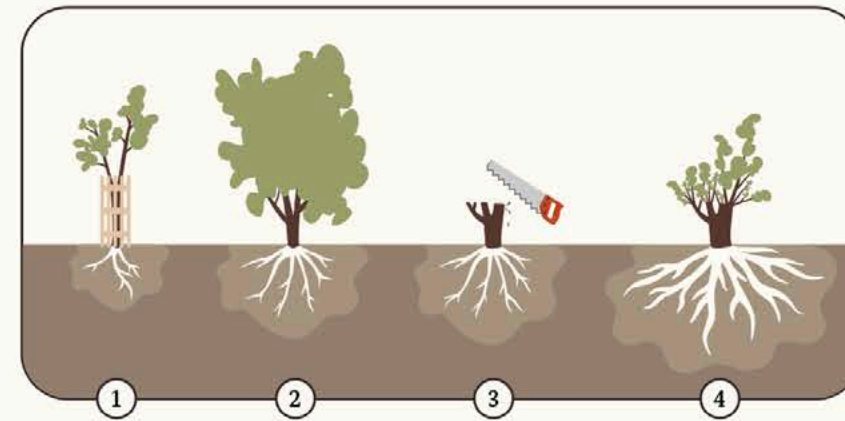
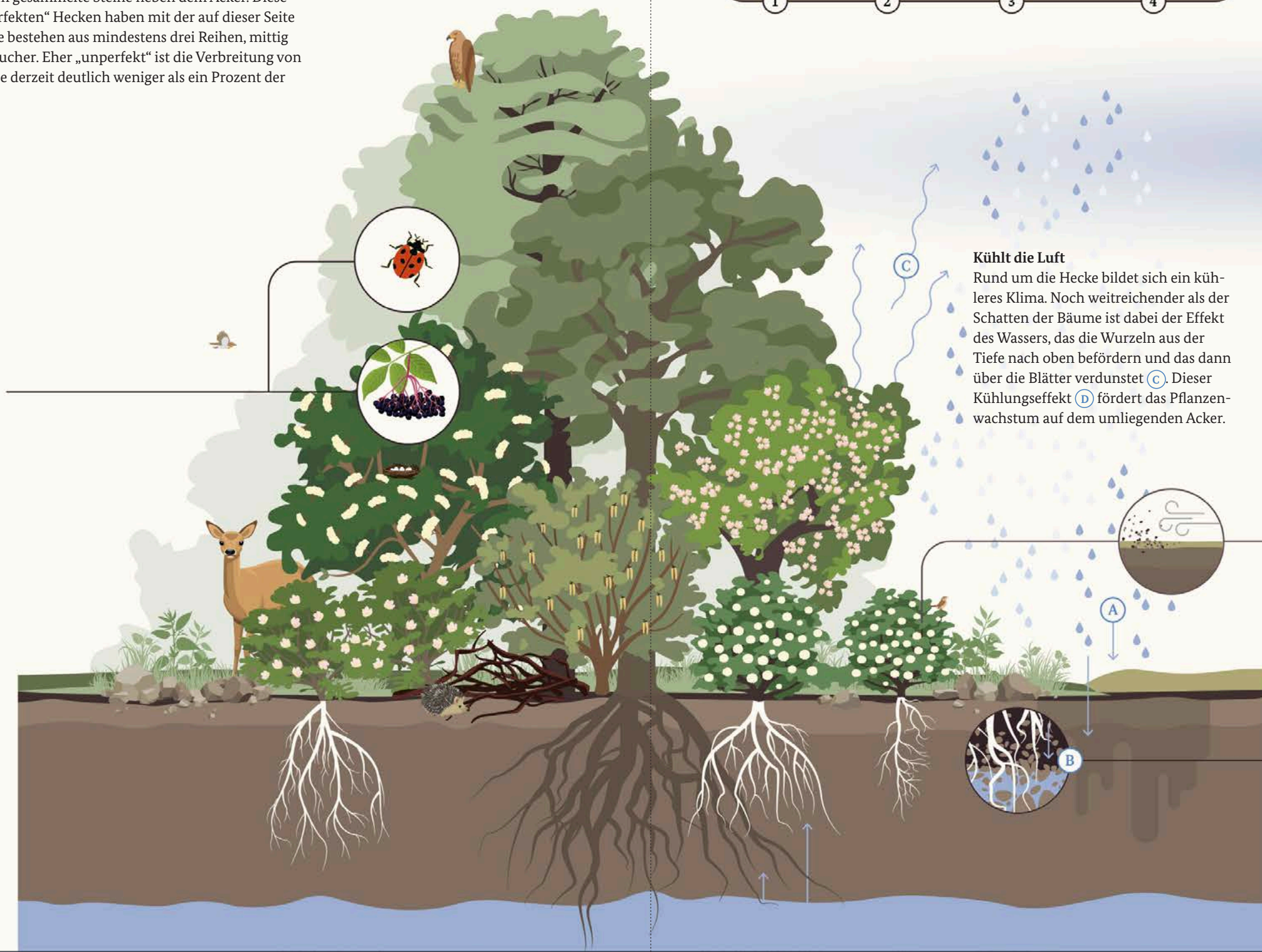
## Stärkt die Biodiversität

Bäume, Sträucher, Kräuter und Gräser – die Pflanzenvielfalt in einer Hecke ist enorm. Zudem bietet sie vielen unterschiedlichen Tieren wie etwa Vögeln, Igel und Insekten Unterschlupf und Futter, zum Beispiel Beeren. So leben Marienkäfer und die räuberische Schwebfliege gern in Hecken, beide sind natürliche Feinde von Blattläusen und anderen Schädlingen.

## Schützt das Klima

Hecken speichern in ihren Stämmen, Ästen und Wurzeln Kohlenstoff – mit ihrem großen Wurzelwerk pro Quadratmeter sogar ähnlich viel wie Wälder.

Quelle: Dieses Schaubild wurde in enger Kooperation mit PD Dr. Axel Don und M. Sc. Sophie Drexler vom Thünen-Institut für Agrarklimaschutz erstellt.



## Pflege wirkt

Eine Hecke zu pflanzen ist der erste Schritt ①. Aber sie braucht auch Pflege, denn wenn sie zu hoch wächst ②, verliert sie ihre Funktion als Windstopper und Versteck für Tiere. Deshalb schneiden Landwirtinnen und Landwirte die Sträucher und Bäume einer Hecke abschnittsweise alle 10 bis 15 Jahre bis auf den Stock zurück ③. Die Schnittreste können als erneuerbare Energiequelle genutzt werden. In den folgenden Jahren treiben neue Äste aus, die die Hecke immer dichter werden lassen. Auch die Wurzeln wachsen stärker nach ④.

Ⓓ Kühlung der Umgebung bis zu

**10x**

so weit, wie die Hecke hoch ist

## Kühlt die Luft

Rund um die Hecke bildet sich ein kühleres Klima. Noch weitreichender als der Schatten der Bäume ist dabei der Effekt des Wassers, das die Wurzeln aus der Tiefe nach oben befördern und das dann über die Blätter verdunstet ③. Dieser Kühlungseffekt ④ fördert das Pflanzenwachstum auf dem umliegenden Acker.

## Bewahrt fruchtbaren Boden

In einigen Regionen Deutschlands führt Erosion durch Wind und Wasser zum Verlust von fruchtbarem Oberboden. Hecken sind willkommene Windbremsen und reduzieren die Erosion durch Wasser. Zudem verwandeln sich abgestorbene Wurzeln, Äste und Blätter in Humus und verbessern so die Bodenfruchtbarkeit in der Hecke und direkt daneben.

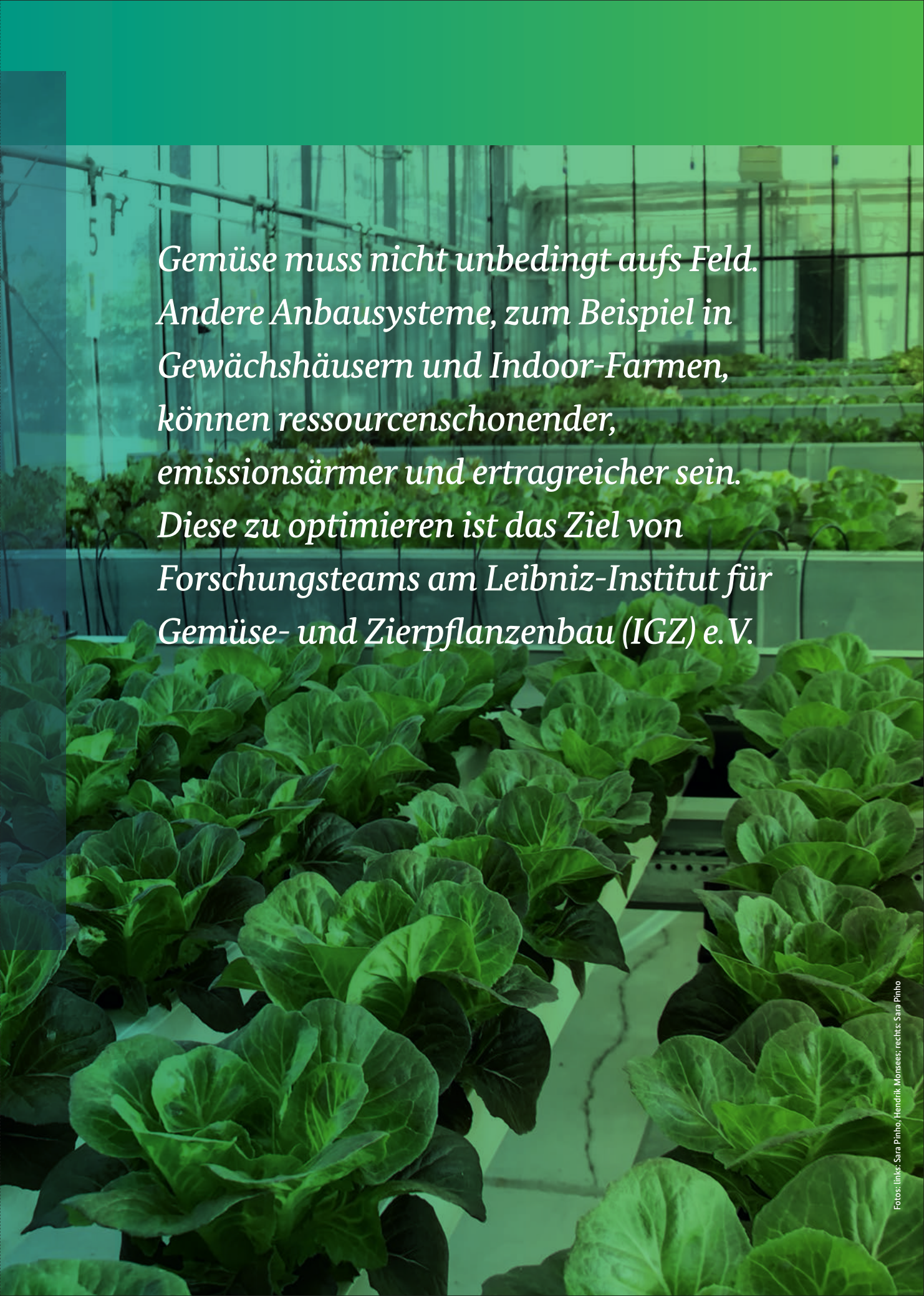
## Fördert Bildung von Grundwasser

Bei Starkregen staut sich das vom Feld abfließende Wasser vor den Hecken ① und versickert im gut durchwurzelten Boden. Damit fördern Hecken die Neubildung von Grundwasser ②.



# EINE GUTE KOMBI

Von Fischen, Salat und  
geregelten Umwelten



*Gemüse muss nicht unbedingt aufs Feld.  
Andere Anbausysteme, zum Beispiel in  
Gewächshäusern und Indoor-Farmen,  
können ressourcenschonender,  
emissionsärmer und ertragreicher sein.  
Diese zu optimieren ist das Ziel von  
Forschungsteams am Leibniz-Institut für  
Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V.*

# „Beim Gemüseanbau im Gewächshaus hat man einen hohen und relativ vorhersagbaren Ertrag pro Quadratmeter.“

Dr. Oliver Körner

**E**ine der größten Herausforderungen in der Lebensmittelproduktion: die wachsende Weltbevölkerung gut, sicher und umweltschonend zu ernähren. Das bedeutet auch, den Gemüseanbau zukunftsfähig zu gestalten. Wann immer Gemüse auf dem Feld wächst, fallen zwar kaum Energiekosten an, dafür aber können die Erträge im Vergleich zu alternativen Anbauformen weitaus niedriger sein. Zudem versickern und verdunsten auf Feldern große Mengen an Wasser und es gehen Nährstoffe verloren. Angesichts des Klimawandels ist zu erwarten, dass sich Herausforderungen auf dem Feld verschärfen – und der Anbau in geschützteren Umwelten wichtiger wird. Mit solchen Alternativen beschäftigen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V. Eine Möglichkeit für die Kultivierung von Tomaten, Salat und Co. ist die Hydroponik: Dabei werden Pflanzen zum Beispiel in Gewächshäusern in Nährlösung angebaut, ganz ohne Erde. Hier wachsen sie häufig auf einem anorganischen Substrat wie Steinwolle, unter anderem damit sich

die Wurzeln der Pflanzen daran „festhalten“ können. Eine weitere Möglichkeit sind erweiterte, hydroponische Systeme, in denen Fischzucht und Gemüseanbau kombiniert werden – die sogenannte Aquaponik. Ein Vorteil dieser Systeme: Vieles in der Umgebung wird so geregelt, dass es für die Pflanzen optimal ist, zum Beispiel die Nährstoffzufuhr und die Bewässerung. Je mehr Einflussfaktoren kontrolliert werden, desto komplexer wird jedoch die Steuerung und desto höher klettern auch die Anschaffungskosten für die Anlage und die Energiekosten im laufenden Betrieb.

Im Vergleich zum Feldgemüseanbau können dennoch die Vorteile überwiegen. „Man hat zum Beispiel einen relativ hohen und vorhersagbaren Ertrag pro Quadratmeter“, sagt Dr. Oliver Körner, IGZ-Experte für Gewächshausanbau und Indoor-Farming. „Außerdem kann man ganzjährig anbauen und der Wasserverbrauch kann im Vergleich zum Freilandanbau um mehr als 90 Prozent reduziert sein.“ Hintergrund ist, dass die Bewässerung der Pflanzen im Gegensatz zum Anbau auf dem Feld gezielter erfolgen und überschüssiges Wasser im System gehalten und wiederverwendet werden kann, statt zu versickern. Auch lässt sich Dünger in klimageregelten Umwelten leichter dosieren und die Zugabe auf den konkreten Bedarf der Pflanzen ab-

stimmen. Gründe genug also, unter anderem den Anbau im Gewächshaus stärker in den Blick zu nehmen und mittels wissenschaftlicher Erkenntnisse gezielt zu verbessern.

## Fischwasser für die Pflanzen

Im Projekt „Blue-Cycling“ untersucht Oliver Körner derzeit, wie sich in klimaregelten Umwelten noch mehr Wasser sparen lässt – und gleichzeitig Nährstoffe effizienter eingesetzt werden können. So entwerfen der Wissenschaftler und sein Team gemeinsam mit sechs internationalen Projektpartnern neue Komponenten für Aquaponiksysteme – unter anderem neuartige Filtersysteme, Systeme zur Wasseraufbereitung sowie zur Optimierung der Nährstoffzusammensetzung. Kombiniert wird hier die Zucht von Fischen wie Buntbarschen mit dem Anbau von Tomaten und Salat. Durch die Aus-

scheidungen der Fische ist das Wasser, in dem sie leben, reich an Nährstoffen und kann zum Düngen der Tomaten und des Salats weiterverwendet werden. Durch geschickte Planung und Steuerung kann es dabei gelingen, dem Fischbecken immer nur genau so viel Wasser zu entnehmen und durch Frischwasser zu ersetzen, wie die Pflanzen für ihr Wachstum benötigen. Damit das gelingt, arbeiten Körner und sein Team mit Computermodellen und Sensoren, die in Experimenten mit den Pflanzen Parameter wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Nährstoffzufuhr überwachen. Am Ende soll ein geschlossenes System stehen, in dem Fische und Pflanzen beste Lebensbedingungen finden – und zwar ohne dass Wasser unnötig zu Abwasser wird und ohne dass über das Fischfutter hinaus Nährstoffe zugegeben werden müssen.

Doch das hört sich einfacher an, als es ist. Die Fischzucht kann zwar ausreichend Nährstoffe für die Pflanzen liefern, diese sind jedoch überwiegend in Feststoffen aus den Fischeausscheidungen gebunden. Bisherige Aquaponikanlagen sind nicht in der Lage, den Pflanzen diese Nährstoffe zugänglich zu machen – sondern nur die, die im Fischwasser gelöst sind. Die Folge: Die Nährstoffkonzentration im

Fischwasser ist für die optimale Düngung der Pflanzen zu gering. Auch ist die Zusammensetzung der Nährstoffe aus dem Fischwasser nicht optimal auf den Bedarf der Pflanzen abgestimmt. Wie lässt sich das lösen? „Unter anderem planen wir, Teile des Fischwassers zu konzentrieren, um die Nährstoffdichte zu erhöhen. Außerdem wollen wir Nährstoffe aus den Feststoffabfällen – also aus den festen Bestandteilen der Fischfäkalien und den Futterresten, die bislang noch nicht verwertet werden konnten – so aufbereiten, dass wir das Wasser damit für die Pflanzen anreichern können.“ Wünschenswert wäre es, das Fischfutter sowohl auf die Bedarfe der Fische als auch auf die der Pflanzen abzustimmen – das ist aber überaus kompliziert.“ Eine weitere Herausforderung: Die Pflanzen gedeihen in einem leicht sauren Milieu am besten. Das allerdings behagt den Fischen nicht besonders. Um allen Spezies gerecht zu werden,



*Je mehr Sauerstoff in den Wurzelbereich der Pflanzen kommt, desto weniger Emissionen entstehen.*

Oben: Optimierter Anbau im Gewächshaus – das IGZ untersucht am Beispiel von Tomaten, unter welchen Bedingungen besonders wenig Lachgas freigesetzt wird.

Rechts: Für die Überwachung der Emissionen sind Wurzeln und Substrat von kleinen Kammern umschlossen, aus denen Luftproben entnommen werden.



müssen die Forschenden das dem Fischbassin entnommene Wasser mit Säure behandeln, sodass der pH-Wert sinkt, bevor sie die Pflanzen damit bewässern.

Bis 2026 will das Team ein modulares Konzept für Aquaponikanlagen entwickeln, mit dem sich einfache, günstige, im laufenden Betrieb wasser-, ressourcen- und energiesparende Anlagen bauen lassen. Einsetzbar sollen diese Module möglichst überall auf der Welt sein, besonders aber in sehr trockenen Gegenden und in den Ländern des Globalen Südens, in denen sauberes Wasser häufig knapp ist und Wasser zu sparen daher hohe Priorität hat. „Wenn wir es schaffen, dass am Ende nur Wasser und Fischfutter zugegeben werden müssen, wäre viel gewonnen. Darüber hinaus wäre wünschenswert, Schlachtabfälle und Pflanzenreste umweltfreundlich zu verwerten, zum Beispiel in Biogasanlagen, sowie die nötige Energie aus nachhaltigen Quellen wie Solar- oder Windkraft zu gewinnen. Wenn uns das alles gelingt, dann hätten wir ein wirklich sehr umweltfreundliches System“, fasst Oliver Körner zusammen.

### Luft gegen Lachgas

Wie der Anbau im Gewächshaus möglichst ressourceneffizient und klimafreundlich gestaltet werden kann, ist eine Frage, die auch IGZ-Forscher Stefan Karlow sky umtreibt. Im Projekt „HydroN2O“ untersuchte der Experte für Nährstoffkreisläufe Lachgasemissionen beim hydroponischen Anbau von Gurken und Tomaten. Er und sein Team wollen herausfinden, unter welchen Bedingungen

besonders wenig Lachgas frei wird. Des- sen Entstehung geht auf das Konto von Mikroorganismen: „Ein Teil des Stickstoffs aus dem Düngemittel wird beim Gemüseanbau stets von Mikroorganismen in Distickstoffmonoxid, also Lachgas, umgesetzt – was wir möglichst verhindern wollen.“ Der Erderwärmungseffekt des Gases ist nämlich ungefähr 300-mal so stark wie der von Kohlenstoffdioxid. Entsprechend wichtig ist es, diese Emissionen auf ein Minimum zu reduzieren.

Ältere Studien legten nahe, dass die Lachgasemissionen im Gemüseanbau – auf dem Feld ebenso wie im Gewächshaus – erheblich sein können. Zwar hausen im Ackerboden weit mehr Mikroorganismen als im Substrat der hydroponisch angebauten Gemüse im Gewächshaus. Aber auch Steinwolle und Co. werden mit der Zeit besiedelt und so kann es auch hier zu unerwünschten Emissionen kommen. Karlow sky und sein Team überprüften deshalb, wie viel Lachgas beim hydroponischen Anbau tatsächlich frei wird. Zudem wollten sie Wege finden, die Emissionen auf ein Minimum zu begrenzen – durch die geschickte Regelung der Umweltbedingungen. Eine Anbausaison lang überwachten die Forschenden im Gewächshaus eines Gartenbaubetriebs die Emissionen. Das Substrat und die Wurzeln der Pflanzen packte das Team dazu jeweils in kleine, geschlossene Kammern mit einem abgegrenzten Luftraum und entnahm daraus alle 20 Minuten Gasproben. „Über den Konzentrationsanstieg des Lachgases konnten wir dann die Emissionsrate berechnen und beobachten, wie sie sich über die Saison entwickelt.“

Die gute Nachricht: Insgesamt fielen die Lachgasemissionen im untersuchten Betrieb deutlich geringer aus, als ältere Studien nahegelegt hatten. Zu verdanken ist das, vermutet Stefan Karlow sky, den optimierten Bedingungen, unter denen heutzutage die kommerzielle Gemüse- zucht stattfindet. Temperatur, Nährstoff- und Wasserzufuhr werden dabei sehr gezielt an die Bedürfnisse der Pflanzen angepasst. Wie die Ergebnisse der IGZ-Forschenden zeigen, ist das am Ende nicht nur gut für den Ertrag, sondern auch fürs Klima. Im hochmodernen Gewächshaus

des IGZ führten Stefan Karlow sky und sein Team weitere Experimente durch, um zu sehen, unter welchen Anbaubedingungen die Emissionen in die Höhe schießen. „Da zeigte sich ganz klar: Die Emissionen steigen immer dann, wenn die Temperatur im Wurzelraum hoch ist, zu viel gedüngt wird, der pH-Wert nicht im leicht sauren, sondern im neutralen Bereich liegt und wenn Staunässe entsteht“, sagt der Forscher.

Es sind also für die Pflanzen ungünstige Anbaubedingungen, die auch in besonderem Maße klimaschädlich wirken. Wie sich diese vermeiden lassen, hat das Forschungsteam ebenfalls untersucht: „Anders als häufig befürchtet, ist dafür kein großer technischer Mehraufwand nötig. Vielmehr geht es darum, bestehende Prozesse zu optimieren, um die Pflanzen möglichst bedarfsgerecht zu versorgen.“ Konkret bedeutet das zum Beispiel, den Pflanzen immer nur so viel Düngemittel zuzuführen, wie sie gerade aufnehmen können, und sie nicht zu überwässern. Als besonders effizient erwies sich zudem, dem Substrat Luft zuzuführen. „Wenn die Sauerstoffverfügbarkeit im Wurzelraum der Pflanzen erhöht ist, entsteht kaum Lachgas“, sagt Stefan Karlow sky. Hintergrund ist, dass sich sogenannte Denitrifizierer – Bakterien, die Nitrat in Lachgas umwandeln – dann nicht mehr so gut vermehren können. Die Nährlösung gezielt mit Sauerstoff anzureichern kann daher helfen, die Aktivität dieser Bakterien gering zu halten. Insgesamt machen die Ergebnisse nicht nur für den hydroponischen Anbau von Gurken und Tomaten Hoffnung. Die Forschung der IGZ-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler zeigt: Die genaue Beobachtung von Stoffflüssen und geschicktes Prozessmanagement können dafür sorgen, dass der Gemüseanbau in Zukunft insgesamt klimagerechter und ressourcenschonender wird.

Von Nora Lessing

*Bestehende Prozesse optimieren und die Pflanzen bedarfsgerecht versorgen: So lassen sich klimaschädliche Gase ohne technischen Aufwand reduzieren.*



## DIE FORSCHUNGSFRAGE

# Produzieren wir künftig auf Feldern auch Strom?

Mit Agri-Photovoltaik lässt sich Fläche effizienter nutzen – die Anlagen liefern Solarenergie, unter ihnen wachsen Nutzpflanzen. Wie das gelingen kann, erklärt Andreas Steinhüser.

## Herr Steinhüser, was ist Agri-Photovoltaik und wofür brauchen wir sie?

Die Agri-Photovoltaik – oder kurz APV – vereint Landwirtschaft und die Produktion von Solarstrom auf der gleichen Fläche. Diese Doppelnutzung entschärft die Flächenkonkurrenz, die es bereits an vielen Orten gibt. Auch die Landwirtinnen und Landwirte profitieren zweifach: durch die produzierten Lebensmittel und den erzeugten Strom, den sie selbst nutzen oder ins Stromnetz einspeisen können.

## Wie funktioniert diese Doppelnutzung konkret?

Die Solarmodule werden auf Ständern, also erhöht, über den landwirtschaftlichen Flächen installiert. Ihr Aufbau richtet sich nach den Bedürfnissen der Betriebe und Pflanzen: Entscheidend sind die Wuchshöhe der Kulturen, deren Licht- und Schattenbedarf sowie die klimatischen Rahmenbedingungen. Außerdem müssen die Betriebe ihre Maschinen weiterhin einsetzen können. Auch die Installation über Weideflächen ist denkbar.

## Welche Pflanzen eignen sich besonders für die APV?

An unserem Institut testen wir die APV für verschiedene Pflanzenkulturen und untersuchen, wie die zuvor errechnete Lichtverteilung unter der Anlage in der Praxis auf sie wirkt – und welchen Einfluss sie etwa auf die Ertragsqualität hat. Besonders geeignet sind Kulturen, die we-

niger Licht benötigen. Himbeeren oder Kartoffeln funktionieren beispielsweise besser als Sonnenblumen. Aktuell konzentrieren wir uns auf den Obstbau. Die Früchte müssen sowieso bislang durch Hagelnetze geschützt werden. APV-Anlagen könnten diese Schutzfunktion übernehmen – und die Früchte auch vor Sonnenbrand schützen.

## Welche weiteren Vorteile bietet die Agri-Photovoltaik der Landwirtschaft?

Nehmen wir als Beispiel den sehr trockenen Sommer 2022, in dem viele Pflanzen zu wenig Wasser bekamen. Die Verschattung durch eine APV-Anlage könnte die Verdunstung deutlich reduzieren. Manche Module verfügen über Auffangrinnen, die Niederschlagswasser zu einem Tank führen. Aber auch mit Blick auf die Digitalisierung und Automatisierung ergeben sich neue Optionen. Die Anlagen erzeugen Strom, wo er gebraucht wird: auf den Feldern. Dort lässt er sich direkt nutzen, beispielsweise für Robotersysteme.

## Was sind momentan die größten Herausforderungen?

Auf der technischen Seite testen wir die optimale Wasserverteilung unter den Modulen, da die Pflanzen meist weniger direkten Regen abbekommen. Die größte Herausforderung liegt aktuell im Bereich der Zulassungen, weil die Anlagen juristisch wie neue Gebäude behandelt werden und ähnlich hohen Anforderungen unterliegen. Wir würden uns wün-

schen, dass die Genehmigungen schneller erteilt werden.

## Wie sieht aus Ihrer Sicht die Zukunft der Agri-Photovoltaik in Deutschland aus?

Die meisten der rund 50 bestehenden APV-Anlagen hierzulande sind Forschungsprojekte. Unser Fokus liegt darauf, neue Praxisanlagen über mehrere Hektar Fläche zu bauen und deren Entwicklung wissenschaftlich zu begleiten. So wollen wir das Tempo beim Ausbau erhöhen. Länder wie Frankreich oder China sind schon weiter. Aus ihren Erfahrungen lassen sich wertvolle Erkenntnisse ableiten – beispielsweise zum optimalen Anlagendesign.



Andreas Steinhüser ist Verbundkoordinator des Vorhabens „APV-Obstbau“ und stellvertretender Gruppenleiter Agri-PV (Fraunhofer ISE).

Das Gespräch führte Martin Sattler.

Illustration: Sarah Heiß; Foto: Jochen Tack/Alamy Stock Foto

Foto: Yulia Reznikov/Getty Images



## Mehr als ein Snack

Proteine sind ein essenzieller Baustein guter Ernährung. Das Interesse an eiweißreichen Alternativen zu Fleisch und Fisch ist groß – und wächst weiter. Zum Beispiel können Hülsenfrüchte wie Erbsen, Linsen und Bohnen den Proteinbedarf decken. Gleichzeitig bieten sie neue Chancen für die Landwirtschaft. An welchen Proteinquellen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen, erfahren 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 L5 – Öffentlichkeitsarbeit  
V. i. S. d. P.: Jana Galinowski, Dr. Michaela Nürnberg  
**Konzept, Redaktion, Gestaltung:**  
neues handeln AG  
Sabrina Strecker (Ltg.), Julian Jochmaring,  
Meike Köhlkamp, Nannette Rimmel,  
Laura Theuer,  
Angela Matern (AD), Christian Jung,  
Katharina Jung, Isabell Schmiedebach  
Bildredaktion: Studio Stauss, Berlin

### Fotos und Illustrationen, wenn nicht anders angegeben: Titel und Rücktitel:

Eddo Hartmann/www.eddohartmann.nl;  
Seite 24/25 (Forschungslandschaft):  
Lemberg Vector studio, kuroksta,  
Doloves, MicroOne, Maxim Cherednichenko,  
Val\_Zar/Shutterstock  
Seite 26/27 (Infografik): Illustration:  
neues handeln AG; Material: Lexi Claus,  
enterphoto, Gater Images, hvostik, LadadikArt,  
Maquiladora, Elizaveta Melentyeva,  
Morphart Creation, Nsit, POZNANINA,  
Claudia Pylinskaya, Rvector, Spreadthesign,  
VectorShow, Very\_Very, yasstudio/Shutterstock  
**Litho:** Twentyfour Seven, Berlin  
**Druck:** Bonifatius GmbH, Paderborn

### Wenn Sie dieses Magazin bestellen möchten:

Bestell-Nr.: BMEL22042  
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



Hier können Sie das Magazin online lesen.



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

