

# ELEMENTS

Forschen. Wissen. Zukunft.



# Feldverbesserer

**Ein Heft über moderne Landwirtschaft**

# Smart Farming

Informations- und Kommunikationstechnik  
für eine datengetriebene Landwirtschaft

---

Die Technisierung der Landwirtschaft begann im 19. Jahrhundert mit der Entwicklung des Dampfpflugs. Später folgte die Erfindung des Traktors, der viele Prozesse für Landwirte vereinfachte. Heute steht die Landwirtschaft vor neuen Herausforderungen: Der Klimawandel und die Verknappung natürlicher Ressourcen bringen die konventionelle Feld- und Viehwirtschaft an ihre Grenzen. Die Digitalisierung liefert neue Ansätze: Mithilfe von Software, künstlicher Intelligenz sowie Sensor- und Robotertechnik werden Daten gesammelt, um Automatisierung und Precision Farming voranzutreiben. So lassen sich landwirtschaftliche Prozesse nicht nur einfacher, sondern auch effizienter und umweltschonender gestalten, etwa durch den Einsatz satellitengesteuerter Landmaschinen oder die Anwendung von maschinellem Lernen bei der Ausbringung von Saatgut.

---

**Künstliche Intelligenz** Sammelbegriff für Technologien, die mittels Analyse großer Datenmengen intelligentes Verhalten automatisieren

**Precision Farming** Landwirtschaftliche Praxis, die dazu dient, Ressourcen effizienter einzusetzen, um Kosten und Umweltauswirkungen zu minimieren

**Maschinelles Lernen** Teilgebiet der künstlichen Intelligenz, bei dem Computer aus Daten lernen und sich mit zunehmender Erfahrung selbst verbessern



## **LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,**

mein Großvater wuchs auf der Art Bauernhof auf, von der viele Menschen heute träumen: einige Hektar Land im idyllischen Flusstal, Vieh, Felder, etwas Wald. Gewirtschaftet wurde nach Erfahrung, Bauernregeln und den Gesetzen der Natur. Oder besser: den Launen der Natur. War die Witterung gut, kam viel auf den Tisch, herrschten schlechte Bedingungen, wurde es eng. Kam es richtig dick, ging es um die Existenz.

Moderne Landwirtschaft ist ein Gegenentwurf dazu. Die Betriebe sind heute viel größer, vor allem aber werden sie anders geführt. Ihr Management beruht auf wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen statt auf Bauchgefühl und Bauernregeln. Eine immer wichtigere Rolle spielen dabei digitale Daten und Steuerungstechnik.

Evonik ist an vielen Stellen dabei, wenn es darum geht, gesunde Lebensmittel effizient und umweltschonend zu erzeugen. So hilft das Unternehmen Kunden, die jeweils aktuell beste Zusammensetzung von Tierfutter zu finden. Damit kann weniger gefüttert werden, die Tiere bleiben gesund und verwerten ihr Futter optimal, die natürlichen Ressourcen werden geschont. Der Schlüssel zum Erfolg ist ein über Jahre aufgebauter digitaler Datenschatz zu Futtermittelrohstoffen und digitale Analysetechnik.

Auch auf dem Acker trägt digitale Technik zur Nachhaltigkeit bei. Mit Drohnen lassen sich große Felder so punktgenau mit Spritzmitteln bearbeiten, dass deren Verbrauch drastisch sinkt. Evonik sorgt dafür, dass die Mittel aus der Luft exakt dort landen, wo sie hinsollen und lange wirken. Bei modernen Gewächshäusern hält digitales Know-how geschlossene Wasserkreisläufe dauerhaft sauber und schützt damit wertvolle Lebensmittel.

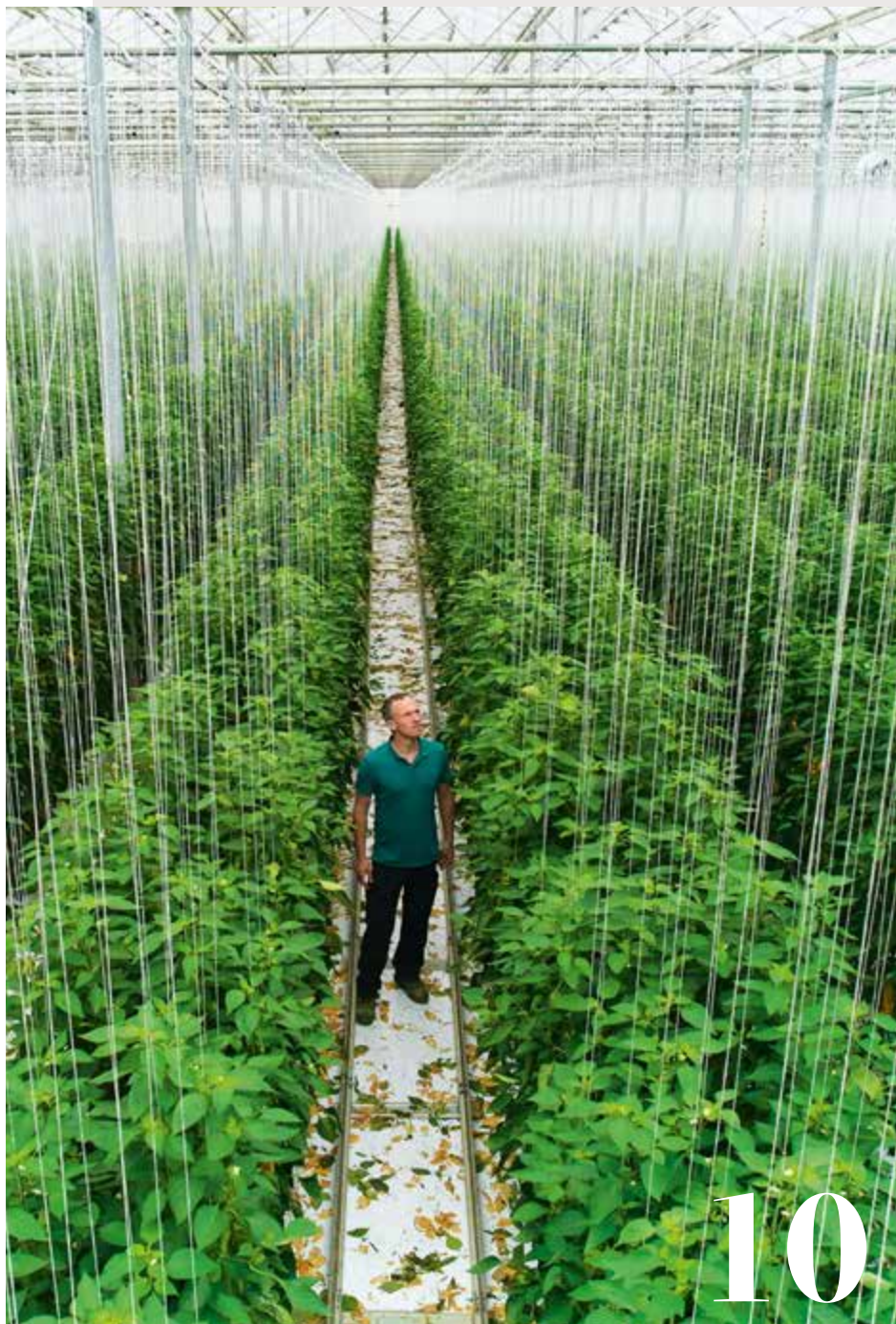
In einer Zeit, in der selbst Ernährungsfragen zu Glaubenskriegen ausarten, liefert Ihnen unser Blick durch die wissenschaftliche Brille eine andere Perspektive auf die Landwirtschaft. Mein Großvater hat auch die Perspektive gewechselt: Statt den Betrieb des Vaters zu übernehmen, wurde er Wirtschaftswissenschaftler. Bereut hat er es nie.

Wenn Sie Fragen zu diesem Heft, Anregungen oder auch Kritik haben, schreiben Sie mir gern: [elements@evonik.com](mailto:elements@evonik.com)

**Jörg Wagner**

Chefredakteur

Sämtliche Artikel aus dem gedruckten Magazin sowie weitere aktuelle Inhalte finden Sie im Internet unter [elements.evonik.de](http://elements.evonik.de)



Gemüsebetriebe wie der von Tobias Jörg, der im äußersten Südwesten Deutschlands unter anderem Tomaten anbaut, sind auf leistungsfähige und keimfreie Bewässerungsanlagen angewiesen.

## SMART FARMING

### 10 **Hygiene im Treibhaus**

Die Wasserversorgung moderner Landwirtschaftsbetriebe stellt ein empfindliches System dar. Mit Datenanalysen und umweltverträglichen Desinfektionsmitteln wie Wasserstoffperoxid trägt Evonik dazu bei, dass Pflanzen und Tiere gesund wachsen.

#### SCHAUBILD

### 18 **Trecker und Tracker**

Vom Agrarroboter auf dem Rübenacker bis zum Gesundheitssensor im Kuhstall – wo digitale Technik auf dem Bauernhof Einzug hält

#### STREITGESPRÄCH

### 20 **Was bringt der smarte Bauernhof?**

Zeitersparnis, Bürokratie, Abhängigkeiten von der Industrie – ein Landwirt und ein Verbandsexperte diskutieren über Chancen und Grenzen der Digitalisierung.

Indien ist einer der Vorreiter beim Einsatz von Agrardrohnen. Künftig werden die Fluggeräte auch für den Pflanzenschutz genutzt.



## 26 Gut gefüttert

Je ausgewogener der Proteingehalt im Futter, desto besser für Tier und Umwelt. Moderne Analytik und essenzielle Aminosäuren als Beimischung sorgen dafür, dass Soja, Weizen oder Raps optimal verwertet werden.

DATA MINING

## 33 Ab in den Trog

Ein Überblick der Futterrohstoffe in Zahlen

## 44 Flugbereitschaft

Beim Pflanzenschutz gewinnen Drohnen in vielen Regionen an Bedeutung. Evonik optimiert die Eigenschaften der Spritzmittel für den Einsatz aus der Luft.

44



6 PERSPEKTIVEN  
Neues aus Wissenschaft und Forschung

34 EVONIK-LAND  
**Japan**  
Innovationen spielen im Alltag der Industrienation eine wichtige Rolle.

52 FORESIGHT  
**Rohstoffen auf der Spur**  
Agromining erschließt wichtige Ressourcen im Boden und hilft bei der Sanierung von Flächen.

54 IN MEINEM ELEMENT  
**Blei**  
Christoph Sünder druckt im Museum mit alten Lettern aus einer Bleilegierung.

55 IMPRESSUM

Nahinfrarot-Spektroskopie gibt bei den Rothkötter Mischfutterwerken Auskunft über die Zusammensetzung von Futtermittelrohstoffen.



Auf dem Nachhaltigkeitsgipfel 2015 haben die Vereinten Nationen 17 Ziele definiert, die Sustainable Development Goals (SDG). Auch Evonik leistet vielfältige Beiträge, um eine nachhaltige Entwicklung zu unterstützen. Wir stellen sie an dieser Stelle vor.



Übermäßiger Ressourcenverbrauch und der Klimawandel gefährden die Lebensgrundlage vieler Menschen. Mehr Nachhaltigkeit bei **Konsum** und **Produktion** soll positive Veränderungen bringen. Evonik unterstützt dieses Ziel unter anderem durch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien.

Strom aus erneuerbaren Quellen wie der **Windkraft** senkt CO<sub>2</sub>-Emissionen und macht weniger abhängig von fossilen Energieträgern. Evonik verfolgt ein ehrgeiziges Ziel: Bis 2030 sollen 100 Prozent des extern bezogenen Stroms aus grüner Energie stammen. Ein neuer Stromliefervertrag mit dem Energieunternehmen RWE markiert hierfür einen weiteren wichtigen Schritt. Der Offshore-Windpark Kaskasi in der Nordsee wird Evonik von 2028 an jährlich mit 37,5 Gigawattstunden Energie versorgen.

*Aus großer Höhe betrachtet, erinnern die Turbinen der Windparks in der Nordsee an Kreuzstiche auf blauem Stoff. Für den internationalen Ausbau der Offshore-Windenergie spielt die Nordsee eine zentrale Rolle: Als „Green Power Plant of Europe“ soll sie Europa künftig mit Strom versorgen. Die heutigen Kraftwerke leisten in Summe rund 20 Gigawatt, 2030 sollen die Parks bereits auf 120 Gigawatt kommen. Das entspricht der Leistung von 86 mittelgroßen Kernkraftwerken.*

Die Gattung der *Clostridium*-Bakterien umfasst zahlreiche Arten. Einige davon lassen sich zur Herstellung von Chemikalien nutzen.

# Kluge Kombination

Der gleichzeitige Ablauf von Elektrolyse und Fermentation macht Kohlendioxid für die Industrie leichter nutzbar.

Ein Forschungsteam der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat eine Technologie weiterentwickelt, mit der sich aus CO<sub>2</sub> unter Zuhilfenahme von Bakterien und Solarstrom nützliche Chemikalien gewinnen lassen. Dass sich Kohlenstoffdioxid durch Fermentation und Elektrolyse aufwerten lässt, ist seit Langem bekannt. Bisher wurde CO<sub>2</sub> zuerst elektrochemisch zu CO reduziert, welches dann von Bakterien zu Säuren oder Alkoholen verstoffwechselt wurde. Die beiden Schritte liefen getrennt ab, da die Katalysatoren der Elektrolysegeräte aus Gold, Kupfer oder Silber bestehen und empfindlich auf die Fermentationsflüssigkeit

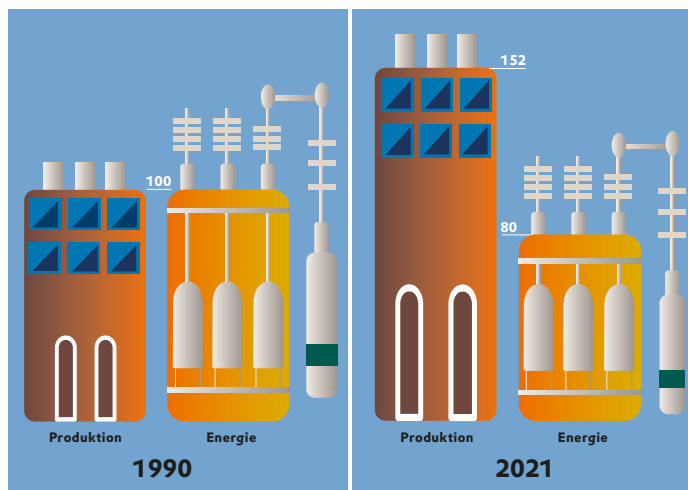


reagieren. Zudem vertragen die Mikroorganismen die antibakterielle Wirkung der Metalle nur schlecht. Das BAM-Team hat es nun geschafft, beide Schritte zu kombinieren. Möglich machen das neuartige Katalysatoren auf Kohlenstoffbasis. Die Entwicklung zeigt, welches Potenzial in der Kombination biologischer und elektrokatalytischer Prozesse liegt, und ebnet den Weg hin zu einer nachhaltigen und dezentralen Produktion CO<sub>2</sub>-basierter Chemikalien.

BESSER IST DAS

## Effizienzgewinn

Gesamtenergieverbrauch der Chemieindustrie in der EU, 1990 = 100



Die chemische Industrie in den 27 Mitgliedstaaten der Europäischen Union hat in den vergangenen drei Jahrzehnten erhebliche Anstrengungen unternommen, um ihre Energieeffizienz zu verbessern. Dank optimierter Produktionsprozesse und dem Einsatz wiederverwendbarer Ressourcen gelang es, den Energieverbrauch seit 1990 um 20 Prozent zu senken und gleichzeitig die Produktion um 52 Prozent zu erhöhen. Insgesamt nimmt der Anteil erneuerbarer Energien im Chemiesektor weiter zu.

Quelle: Cefic/Eurostat

# 99,4

PROZENT

des sichtbaren Lichts absorbiert eine tiefschwarze Beschichtung, die Forscher der University of Shanghai for Science and Technology entwickelt haben. Mittels Atomlagenabscheidung trugen sie abwechselnd extrem dünne Schichten aus aluminiumdotiertem Titankarbid und Siliziumdioxid auf und erzeugten so eine effektive Lichtbarriere. Die Beschichtung ist beständig gegen Umwelteinflüsse und lässt sich auch auf komplexe Oberflächen aufbringen – ideal zum Beispiel für Weltraumteleskope.

## ELASTOKALORIK ...

... heißt die neue Klimatechnik, die ein Forscherteam der Universität des Saarlands entwickelt hat. Sie nutzt Drähte aus einer superelastischen Nickel-Titan-Legierung, um energieeffizient und nachhaltig zu heizen und zu kühlen. Ähnlich wie Muskeln haben diese Drähte ein Formgedächtnis. Werden sie gezogen, geben sie Wärme ab, werden sie entlastet, nehmen sie Wärme auf. Dieser Effekt verstärkt sich bei gebündelten Drähten. Mit dem neuen Verfahren konnten bereits Temperaturdifferenzen von rund 20 Grad Celsius erreicht werden – ganz ohne klimaschädliche Kältemittel. Der Prototyp eines Minikühlschranks wird bereits mittels Elastokalorik betrieben.



## MENSCH &amp; VISION

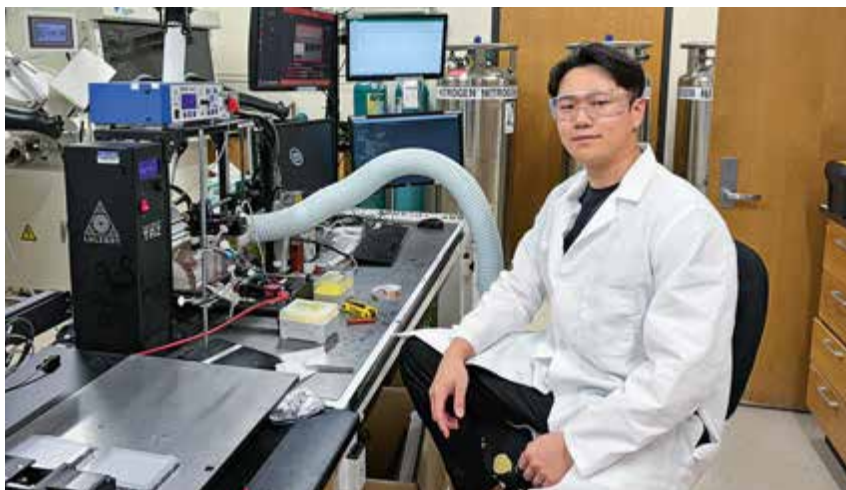
## »Der 3D-Druckprozess kann die molekulare Zusammensetzung der Tinte verändern«

### DER MENSCH

Sanghyun Jeon ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der University of Illinois Urbana-Champaign in den USA. Er wuchs in Seoul (Südkorea) auf und war schon immer neugierig auf Licht und Farben und die Wissenschaft, die dahintersteckt. Nach seinem Studium der Materialwissenschaften an der Korea University zog er 2021 in die USA, um zu promovieren. „Das Gebiet fasziniert mich, weil es Antworten auf Fragen liefert, die ich seit meiner Kindheit habe – insbesondere über den Ursprung von Farben und ihre Beziehung zum Licht.“

### DIE VISION

Um Farben technisch herzustellen, braucht es in der Regel Farbpigmente. In der Natur, etwa bei Vogelfedern, übernehmen dies oft sogenannte Strukturpolymere. Davon inspiriert, entwickelten Jeon und sein Team eine Tinte auf Polymerbasis. Die Polymere ließen sich mit einem 3D-Drucker so anordnen, dass unter UV-Licht Farbeindrücke von Blau bis Orange entstanden. „Der Druckprozess kann die molekulare Zusammensetzung der Tinte verändern, was zu unterschiedlichen Farben führt“, so Jeon. Künftig könnten Beschichtungen ohne potenziell giftige Farbstoffe auskommen.



## Sicher verstaut

Eine neue Speichertechnologie macht es möglich, Chlorwasserstoff einfacher zu handhaben.

Einem Forscherteam der Freien Universität Berlin und der Technischen Universität Berlin ist es gelungen, Chlorwasserstoff (HCl) sicher in Form ionischer Flüssigkeiten zu speichern und zu elektrolysieren. Da jedoch Chlorwasserstoff ein ätzendes und in hohen Konzentrationen giftiges Gas ist, ist ein Transport sehr aufwendig. Für dieses Problem fanden die Berliner Forscher nun eine Lösung: Sie begasten Ammoniumchloridsalze mit HCl und erhielten so eine ionische Flüssigkeit, in der sich Chlorwasserstoff als Bichlorid sicher speichern lässt.

So ist das Gas einfacher zu handhaben und zu transportieren. Zudem kann es direkt für die weitere Synthese verwendet werden: etwa um zusätzliche Grundchemikalien zu erhalten, die bei der Herstellung von Kunststoffen oder Silikon zum Einsatz kommen. Möglich ist auch die direkte Elektrolyse des Bichlorids zu Wasserstoff und Chlor, die dank der neuen Technologie verspricht, besonders energieeffizient zu sein. Wasserstoff gilt als Schlüsselement für eine erfolgreiche Energiewende, Chlor ist eine vielseitige Plattformchemikalie.

## GUTE FRAGE



### Was haben moderne Batterien mit Pflanzen gemeinsam?

Das Arbeitsprinzip der Metall-Luft-Batterie – des Energiespeichers der nächsten Generation – ist dem der Pflanzenatmung recht ähnlich. Während die Fotosynthese dem Ladevorgang der Batterie ähnelt, entspricht die Zellatmung dem Entladen. Biologische Systeme müssen atmen, um zu überleben: In Pflanzen findet eine chemische Reaktion statt, bei der aus Zuckern, die als Substrate und Energiequellen dienen, und aus Luftsauerstoff Adenosintriphosphat (ATP) gewonnen wird. Unsere Batterie nutzt Magnesium als Substrat, um aus Sauerstoff und Wasser Strom zu erzeugen. Um die Magnesium-Luft-Batterie herzustellen, haben wir Magnesiumfolie auf Papier geklebt und den Kathodenkatalysator und die Gasdiffusionschicht direkt auf der anderen Seite des Papiers angebracht. Die Batterie ist leicht und dünn, kommt ohne giftige Materialien aus und zeigt beeindruckende Leistungsergebnisse.

*Dr. Hiroshi Yabu ist Professor und Studienleiter am Advanced Institute for Materials Research der Universität Tohoku in Sendai (Japan).*



# KEIME UNTER KONTROLLE

In modernen Gewächshäusern fließen außer Wasser auch jede Menge Daten. Digitale Technik hilft, die Keimbelastung in Bewässerungsanlagen zu minimieren.

Für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion braucht es neue Anbauformen, die mit weniger Fläche und Wasser auskommen und möglichst keine Pestizide erfordern. Evonik hilft dabei – mit umweltschonender Chemie und digitaler Technik.

TEXT **TOM RADEMACHER**

**D**ie natürlichen Feinde der Tomatenpflanze tragen exotische Namen: Pythium, Fusarium und Xanthomonas, Rhizobium oder Jordanvirus. Und sie lauern überall. „Das Tabakmosaikvirus zum Beispiel könnte jeder Raucher unbemerkt an seinen Händen in unser Gewächshaus tragen“, sagt Gemüsebauer Tobias Jörg. „Dann droht Totalausfall, die Frucht wird unverkäuflich, die Pflanzen sterben ab, alle.“ Deshalb führt jeder Gang in Jörgs Gewächshaus durch eine digital überwachte Hygieneschleuse, deren Bürstenboden die Schuhsohlen mit Desinfektionsmittel benetzen. Auch Händereinigung und -desinfektion sind Pflicht, bevor das Drehkreuz den Durchgang freigibt.

Es geht um viel. Das Gewächshaus der Reichenauer Gärtnersiedlung in Singen nahe dem Bodensee ist 13 Hektar groß, das entspricht rund 18 Fußballfeldern unter Glas. Jörg und vier Mitgründer haben den Betrieb gemeinsam 2011 gegründet. Alle fünf stammen aus Familien, die seit Generationen Gemüse angebaut haben – aber nie in diesen Dimensionen: Rund 900 Tonnen Tomaten, 2.000 Tonnen Paprika und drei Millionen Auberginen ernten die fünf hier jedes Jahr. Mit den kleinen Höfen der Eltern und Großeltern hat das nichts mehr zu tun: Bewässerung, Düngung, Belüftung, Heizung – alles ist hier automatisiert. Geerntet und verpackt werden die wertvollen Früchte von Hand, bis in den November hinein. →



Sicher versorgt: Der Gemüsebetrieb von Tobias Jörg in Singen sammelt das Regenwasser vom Glasdach und speichert es in Teichen mit insgesamt 36 Millionen Liter Fassungsvermögen.

Danach folgt eine gründliche Reinigung des Gewächshauses und einige Tage später die abschließende Desinfektion, ehe im Januar neu gepflanzt wird. „Ein einziges Mal, 2018, haben wir einen Fusarium-Befall von einem Jahr ins andere verschleppt“, erinnert sich Jörg. Das soll ihm nie wieder passieren.

Hygiene ist extrem wichtig in dieser modernen Form der Lebensmittelproduktion: „In geschlossenen Systemen wie einem Gewächshaus mit Kreislaufwasser können sich Krankheitserreger schnell überall ausbreiten. Dem kommt man dann fast nur noch mit Pestiziden bei – wenn überhaupt“, erklärt Achim Marx. „Daher beschäftigen wir uns mit präventiven Hygienelösungen, um von vornherein die Ausbreitung von Keimen einzudämmen.“ Marx ist kein Landwirt, sondern gelernter Biotechnologe und arbeitet heute als Digitalexperte bei der Evonik Digital GmbH in Essen. Das Unternehmen entwickelt im Auftrag des Spezialchemieunternehmens seit 2017 neue, digitale Geschäftsfelder – auch in der Landwirtschaft.

#### AUF DEM WEG INS INTERNET OF THINGS

„Durch große Datenanalysen können wir Systeme wie einen Stall, einen tierischen Organismus oder auch ein Gewächshaus besser verstehen“, erklärt Marx. „So ist es möglich, Störfaktoren wie Krankheiten zu antizipieren und dann früher, effektiver und meist viel sanfter gegenzusteuern.“ Das gilt für die Tierproduktion, wo

digitale Lösungen von Evonik heute schon helfen, das Futter, die Darmgesundheit und das generelle Wohlergehen von Schwein, Huhn oder Lachs so zu verbessern, dass zum Beispiel Antibiotika überflüssig werden. Nun soll Digitalisierung auch Tomate, Salat und anderes Gemüse schützen.

Evonik war mit der seit 2022 entwickelten holistischen Lösung kürzlich für den Deutschen Innovationspreis nominiert. Sie kombiniert Wissen von Evonik und konzerneigenen Produkten für die Wasserhygiene mit Know-how aus der landwirtschaftlichen Praxis sowie neuen Entwicklungen in Bereichen wie Big Data und Genanalysen. Von zentraler Bedeutung sind dabei Internet-of-Things-Anbindungen, die eine telemetrische Fernüberwachung erlauben und in enger Zusammenarbeit mit Siemens Digital Industries entwickelt wurden.

Die vielleicht wichtigste Neuerung für Evonik selbst ist jedoch das zugrunde liegende Geschäftsmodell: „Wir haben es geschafft, die Überwachung der Keime im Wasser und auch die Gegenmaßnahmen stark zu automatisieren und digital zu optimieren. Das bedeutet: Wir können dem Gemüseproduzenten Wasserhygiene als Service anbieten“, erklärt Marx.

Die Hardware besteht im Wesentlichen aus einer digital angesteuerten Dosiereinheit, mit der sich verschwindend kleine, aber effektive Mengen einer Aktivsubstanz wie Wasserstoffperoxid von Evonik in einen Wasserkreis-



## » Prozessautomatisierung und Fernüberwachung erlauben es uns, Wasserhygiene als Service anzubieten.«

STEPHAN NEUMAYER, SENIOR MANAGER IM BUSINESS DEVELOPMENT ACTIVE OXYGENS BEI EVONIK

Autonomes Nass: Im Gewächshaus laufen neben der Bewässerung auch die Rückgewinnung und Desinfektion des Wassers vollautomatisch – derzeit noch mittels UV-Licht.





Wohldosiert: Tobias Jörg setzt für den Anbau von Tomaten, Paprika und Auberginen auf effiziente Tropfbewässerung.



lauf einspeisen lassen. Das kann das Tränksystem für eine Hühnerfarm sein oder eben die Tröpfchenbewässerung in einem großen Tomatengewächshaus. Um schädliche Keime zu entfernen, reichen Mengen von „parts per million“, also unter einem Tausendstel Prozent. Zum Vergleich: Apotheken bieten Wasserstoffperoxid frei verfügbar in dreiprozentiger Konzentration als Mundwasser zum Gurgeln an.

#### KOMPLEXE TECHNOLOGIE EINFACH GEMACHT

Das Besondere an der neuen Lösung von Evonik ist vor allem, dass die Dosierung intelligent gesteuert wird: Sensoren sammeln Wasserdaten in Echtzeit, und komplexe Datenanalysen helfen, die optimale Dosierung zu ermitteln. Dabei fließen Umgebungsparameter, Informationen über Betriebsabläufe und perspektivisch auch zytometrische Analysen – also genaue Keimbestimmungen – ein. Sensoren und Dosiereinheit kommunizieren drahtlos über das Internet of Things. So kann Evonik zentral alle Daten überwachen und das System lernen lassen. „Der Nutzer bekommt von dieser Komplexität gar nichts mit. Für ihn bleibt es einfach“, sagt Marx. „Unser Sys-

tem lernt aber zugleich selbstständig hinzu und führt die Anwender ganz unkompliziert durch die Handhabung.“ Dieser Aspekt ist nicht zu unterschätzen: „Wir bedienen damit auch den Wunsch nach Prozesssicherheit und Komfort“, sagt Frank von der Haar. Evonik hat dieses „Rundum-sorglos-Paket“ in Zusammenarbeit mit ihm entwickelt. „Niemand will sich um Wasserhygiene kümmern. Das ändert sich oft erst, wenn mal etwas richtig schief läuft“, sagt von der Haar.

Der Ingenieur aus der Nähe von Osnabrück kennt sich auf dem Gebiet bestens aus. Er hat sich vor rund 20 Jahren mit Anlagen zur Wasserdesinfektion in der Landwirtschaft selbstständig gemacht und vertreibt sie in ganz Deutschland. „Es spricht sich herum, wenn einer plötzlich allein durch Wasserhygiene deutlich bessere Ergebnisse erzielt“, sagt er. So kam Evonik-Mann Marx nicht ganz zufällig auf von der Haar und die Wasserhygiene. Für seinen Essener Arbeitgeber hatte Marx schon einige Höfe besucht. „Da fiel mir immer wieder dieser Aufkleber ins Auge“, erinnert sich Marx: „Agrarhygiene – Wassertechnik – Frank von der Haar“.

Der Sticker klebt auch in Singen. Dort half von der Haar, im Jahr 2018 den Fusarium-Ausbruch bei Tobias Jörg in den Griff zu bekommen. Heute wird fast ausschließlich mit Regenwasser bewässert, das über das Glasdach aufgefangen, in drei großen Teichen gesammelt und bislang mit UV-Licht desinfiziert wird. „Die automatisierte Lösung von Evonik ist für uns eine interessante Weiterentwicklung in der Wasserhygiene“, sagt Jörg. „Vor allem ist es interessant zu wissen, gegen welchen Erreger im Wasser man die Abwehr überhaupt hochfahren muss.“ Um das zu ermöglichen, hat Evonik →

Farm der Zukunft:  
In Jülich forscht  
Ulrich Schurr an  
Pflanzen und neuen  
Anbautechnologien.



## » Es braucht kürzere Transportwege, auch in Europa. «

PROFESSOR ULRICH SCHURR, LEITER DES  
FZJ-INSTITUTS FÜR PFLANZENWISSENSCHAFTEN

eigens in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Nordwestschweiz in Basel zeigen lassen, wie man den „Fingerabdruck“ bestimmter Schadkeime im Wasser nahezu in Echtzeit ermittelt. Mit einem PCR-Gerät und einem Durchfluss-Zytometer ließ sich *Rhizobium rhizogenes* treffsicher und praktisch vollautomatisch im Wasser identifizieren. Das Bakterium ist verantwortlich für das Crazy-Roots-Syndrom, bei dem Pflanzen plötzlich unkontrolliert Wurzeln ausbilden. „Wenn wir wissen, womit wir es zu tun haben, können wir effektiver Gegenmaßnahmen ergreifen“, sagt Jörg, „Nicht jeder Keim ist schließlich gleich problematisch. Aber wenn wir Proben erst einschicken und auf Ergebnisse warten müssen, ist es meist schon zu spät.“

### DIE WURZEL IM VISIER

Im Forschungszentrum Jülich (FZJ) bei Aachen geht man den Ursachen von Schädlingsbefall weiter auf den Grund.

Im Forschungsgewächshaus des Instituts für Pflanzenwissenschaften arbeitet Professor Dr. Ulrich Schurr mit seinem 170 Personen starken Team an neuen Konzepten für eine nachhaltigere Landwirtschaft. „Neue und verbesserte Anbaumethoden können helfen, Lebensmittel nachhaltiger zu produzieren und vor allem die Produktion auch auf veränderte Rahmenbedingungen – etwa durch den Klimawandel – anzupassen“, erklärt Schurr. In den Forschungsgewächshäusern widmet man sich der deutschen Zuckerrübe genauso wie der „Tropenkartoffel“ Maniok. Gerade erst hat Schurr eine Delegation aus Ostafrika durch die Versuchsanlagen geführt.

Ein Spezialgebiet der Wissenschaftler ist das versteckte Leben der Pflanzen unter der Erde – die „Hidden Half“, wie sie hier sagen. „Wir schauen nicht nur auf den Spross, also alles, was oberhalb der Erde wächst, sondern insbesondere auf die Wurzeln“, so Schurr. Dazu nutzen seine Leute Technologien, die es erlauben, den Wurzeln beim Wachsen zuzuschauen und sogar den Fluss von Wasser und Nährstoffen innerhalb der Wurzeln zu verfolgen. Weltweit einzigartig ist die Jülicher Rhizotron-Anlage: knapp 1.000 schräg angeordnete Pflanzbehälter mit durchsichtigem Boden und mehrere Roboter, die dazwischen hin- und herfahren. Die Wurzeln der Pflanze wachsen entlang der Scheibe nach unten. Mehrmals am Tag picken die Roboter jedes Gefäß aus der Anlage, um ein hochauflösendes Foto davon zu schießen.

Anhand Zigtausender solcher Aufnahmen und mittels KI-gestützter Bildauswertung erforscht Dr. Vitalij Dombinov zum Beispiel, wie man brasilianischen Ackerpflanzen einen Dünger aus Zuckerrohrasche schmackhaft machen könnte – ein dort reichlich vorhandener Reststoff aus der Landwirtschaft. Gleich nebenan stehen MRT- und PET-Geräte. Beide Verfahren, die Magnetresonanztomografie wie auch die Positronenemissionstomografie, kennt man sonst eher aus der Medizin. In Jülich zeigen die Forschenden damit zum Beispiel, wie Rüben wachsen, wie sie Kohlenstoff in Form von Zucker einlagern und wie bestimmte Krankheiten diesen Prozess behindern.

Im Auftrag von Evonik testen die Jülicher Wissenschaftler nun, was der innovative Serviceansatz von Evonik für die Pflanzen- und die Wurzelgesundheit tun kann. Es geht um mehr als rein wissenschaftliche Nachweise. Das FZJ ist eine wichtige Schnittstelle in die Praxis: „Wir übersetzen Forschungsergebnisse in praktische Empfehlungen und Methoden für die Landwirtschaft“, erklärt Dr. Arnd Kuhn, einer der erfahrensten Mitarbeiter im Team von Professor Schurr. So arbeitet das FZJ regel-

mäßig mit Gartenbauern, Landwirten und Züchtern in der Region zusammen, um solche neuen Technologien unter Realbedingungen zu erproben.

#### EIN FALL FÜR WASSERSTOFFPEROXID

Bei den Versuchen geht es auch um die Anwendung von Wasserstoffperoxid zur Keimbekämpfung. „Unser neuer Lösungsansatz funktioniert mit jedem üblichen Desinfektionsmittel“, sagt Stephan Neumayer. „Aber Wasserstoffperoxid hat ökologisch klare Vorteile.“ Neumayer ist Senior Manager im Business Development bei Active Oxygens, der Business Line von Evonik, die vor allem Wasserstoffperoxid produziert. Mit mehr als einer Million Tonnen Jahreskapazität und rund 20 Produktionsstätten ist Evonik einer der weltweit größten Hersteller.

Die Verbindung aus zwei Wasserstoff- und zwei Sauerstoffatomen zersetzt schädliche Keime verlässlich und zerfällt selbst anschließend in Wasser und Sauerstoff. „Es bleiben also keine schädlichen Rückstände, wie es bei manchen anderen Desinfektionsmitteln der Fall sein kann“, so Neumayer. Aus diesem Grund wird Wasserstoffperoxid als umweltschonendes Bleichmittel →



Unterirdisch: Das Forschungszentrum Jülich konzentriert sich auf das verborgene Leben der Wurzeln.

in der Papier- und Zellstoffproduktion eingesetzt. Es dient außerdem häufig als Desinfektionsmittel in der Lebensmittelindustrie und sogar als nachhaltiger Raketentreibstoff in der zivilen Raumfahrt.

In Jülich entsteht das nötige Wasserstoffperoxid im Forschungsgewächshaus selbst. Dazu reicht ein etwa kühlschrankgroßes Gerät der Firma HPNow. Es ist die neueste Gerätegeneration des dänischen Herstellers, an dem Evonik seit 2017 beteiligt ist. Im Innern wird mit-

hilfe eines Katalysators einprozentiges Wasserstoffperoxid produziert. Mehr als Luft, einen Wasseranschluss und eine Steckdose braucht es nicht. „Die Mengen, die das Gerät liefert, reichen völlig aus für diese Anwendung“, sagt Neumayer. „Uns geht es hier nicht in erster Linie um große neue Absatzmärkte für Wasserstoffperoxid.“ Evonik vermarktet vielmehr Wasserhygiene als Service zum Pauschalpreis. Für einen fixen Betrag pro Anbaudurchgang sorgt das Spezialchemieunternehmen dafür, dass das Wasser „sauber“ bleibt. „Diese Denkweise ist noch jung in einem Unternehmen, das seit Generationen seine Geschäfte mit dem Herstellen und Verkaufen chemischer Produkte macht“, sagt Neumayer. Aber der Trend gehe zu „Anything as a Service“. Statt bloßen Chemieprodukten vermarktet Evonik somit zukünftig die komplette Problemlösung als Paket – bestehend aus Produkt, Technologie und Know-how.

#### NACHHALTIGKEIT AUF DEM TELLER

Mit dieser Paketlösung bedient Evonik zudem einen wichtigen Trend in Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion. Anbauformen müssen nachhaltiger werden, sich an veränderte klimatische Bedingungen anpassen und zugleich hohe Anforderungen der Verbraucher erfüllen. Im konventionellen Anbau sind große Flächen nötig, viel Wasser, viel Dünger und in der Regel Pestizide. Bioanbau gilt als umweltverträglicher, braucht aber mehr Fläche, weil die Erträge kleiner sind. Weil Konsumenten zudem makelloses Gemüse und volle Produktauswahl übers ganze Jahr erwarten, kommt es zu viel Ausschuss und langen Transportwegen. Aus Südamerika eingeflogener Spargel belastet das Klima, aber das tut auch jeder lokal produzierte Salatkopf, der schlapp im Abfall landet.



Kluger Kasten:  
Achim Marx (M.) demonstriert Jülicher Forschern die digitale Dosiereinheit, die speziell für das Projekt Aquoprotect entwickelt wurde.







Vor Ort produziertes Wasserstoffperoxid hält das Bewässerungssystem in Jülich frei von Keimen.

da – trotz des hohen Aufwands im Vertical Farming – eine nachhaltigere Ergänzung sein. Mehr und größere Vertical Farms sind schon in Planung, und in zahlreichen ist die Ausstattung von Siemens verbaut. „Aber kürzere Transportwege bräuchte es auch in unseren Ballungsräumen hier in Europa“, sagt FZJ-Leiter Schurr. Vertical Farming sei eine Chance speziell für den Strukturwandel in rheinischen Revier. Und auch dort werde Wasserknappheit zum Thema.

#### SMARTE GEGENWEHR

Vertical Farms können 95 und mehr Prozent Wasser einsparen. Es versickert schließlich nichts, und jeder verdunstete Tropfen wird in den Kreislauf zurückgeführt. Die Farm in Dubai spart so pro Jahr rund 250 Millionen Liter Wasser im Vergleich zu konventionellem Anbau. „Diese Kreisläufe sind hocheffizient, führen aber auch dazu, dass praktisch jede Wurzel vom selben Wasser umspült wird“, erklärt Marx. „So übertragen sich im schlimmsten Fall schädliche Keime schnell über die gesamte Anbaufläche.“

Diese Sorge ein für allemal los zu sein – durch garantierte Keimvermeidung praktisch im Abo und digital per Knopfdruck –, diese Vorstellung gefällt auch Tobias Jörg. Bislang wird in Singen der Wasserkreislauf mit UV-Licht und in Eigenregie desinfiziert. Aber die Anlage kommt langsam in die Jahre. Und schon gar nicht lernt sie von sich aus dazu. „Gleichzeitig haben wir es heute mit immer neuen und immer widerstandsfähigeren Krankheitserregern aus aller Welt zu tun“, sagt Jörg. Das Jordanvirus etwa, das der Tomatenbauer fürchtet, wurde 2018 zum ersten Mal in Deutschland nachgewiesen. Höchste Zeit also für eine smarte Gegenwehr, die präventiv arbeitet, auf Pflanzen, Prozesse, Anbauparameter und die tatsächliche Keimbelastung abgestimmt ist – und dank Digitalisierung, Big Data und künstlicher Intelligenz auch fit für kommende Herausforderungen ist. —

Eine mögliche Lösung verspricht CEA – Controlled Environment Agriculture. Zu dieser Landwirtschaft in kontrollierter Umgebung gehören hochtechnisierte Gewächshäuser wie das am Bodensee, in denen Nährstoffe, Bewässerung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und vieles mehr möglichst perfekt auf die Bedürfnisse der Gewächse wie Salat, Tomate, Paprika oder Aubergine abgestimmt werden. Oft kommt CEA sogar ohne Erde aus, weil Nährlösung die Wurzeln der Pflanzen direkt umspült. Statt der Sonne liefern LEDs das Licht – und zwar immer in den für jeden Wachstumszyklus optimalen Wellenlängen. Im Vertical Farming wachsen die Pflanzen gleich platzsparend auf mehreren Eben übereinander.

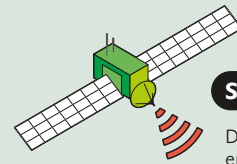
Die mit 31.000 Quadratmetern derzeit größte Vertical Farm der Welt befindet sich in Dubai. In riesigen Regalen gedeiht dort rund ums Jahr Salat und anderes Blattgemüse, während draußen die Sonne über der Wüste brütet. Die Emirate importieren bislang rund 90 Prozent ihrer Lebensmittel. Lokal produziertes Gemüse könnte

**Tom Rademacher** ist freier Journalist in Köln. Er schreibt unter anderem über Wissenschafts- und Industriethemen.



# Meine kleine Server-Farm

In vielen Regionen der Welt nutzen Landwirte digitale Unterstützung bei ihrer Arbeit. Von der Analyse der Futterrohstoffe über die Überwachung der Tierbestände bis hin zur Erfassung der Stoffströme ist moderne Technik kaum noch wegzudenken. Ein Überblick



## Satellit

Daten aus dem All erleichtern die Vorhersage des Pflanzenwachstums, der Ernteerträge und der Verbreitung von Schädlingen. Außerdem dienen sie der Navigation von landwirtschaftlichem Gerät.

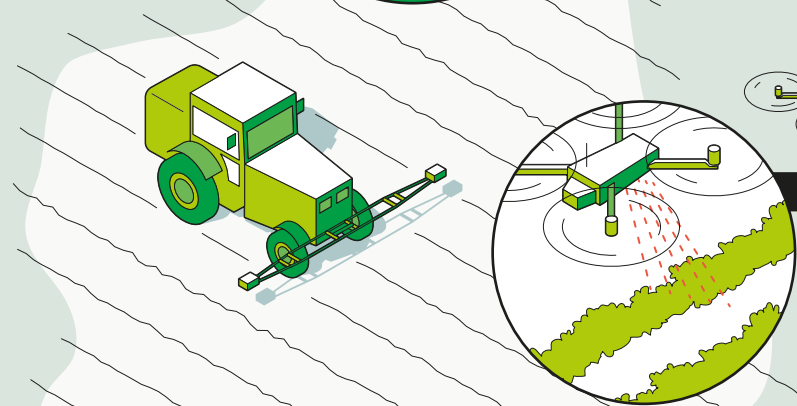
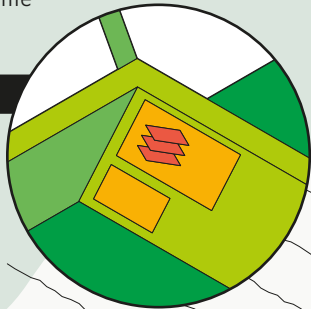
INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER

## AUF DEM FELDE

Autonome und teilautonome Landtechnik

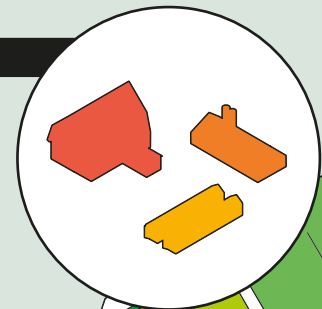
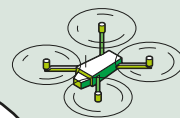
### Traktor

Landmaschinen werden mithilfe von Geländekarten, Satellitenbildern und Sensordaten gesteuert. So lässt sich beispielsweise die Düngermenge genau auf den Bedarf der Pflanzen einstellen.



### Drohne

Die Fluggeräte helfen zunehmend bei der Beobachtung (beispielsweise von Wildtieren, die sich vor der Mahd im Feld aufhalten) sowie beim präzisen Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln.

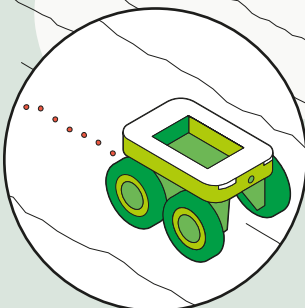
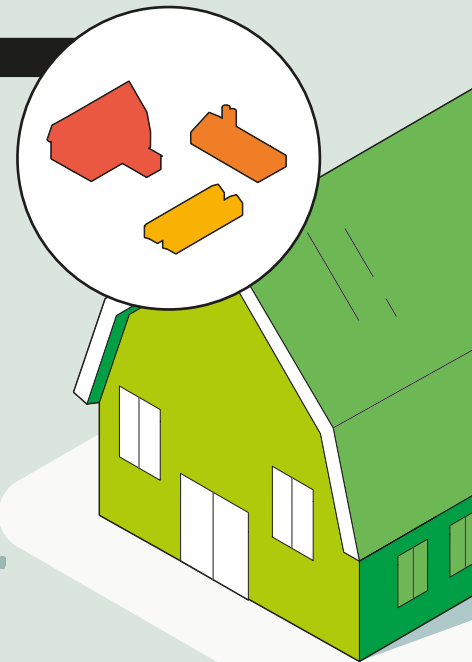


## IM BÜRO

Digitalisierung zur betrieblichen Optimierung

### Digitaler Zwilling

Software unterstützt den Landwirt dabei, Arbeitsabläufe, Stoffströme und Energienutzung zu planen. Veränderungen können simuliert werden, bevor über Investitionen entschieden wird.



### Roboter

Agrarroboter unterstützen bei leichten Arbeiten wie Säen, Unkraut- oder Schädlingsbekämpfung. Sie arbeiten zum Teil KI-gestützt und orten sich selbst über eingebaute Kameras.

## AUF DER WEIDE

Datensammlung und -auswertung

### Tracking

Über eine Ohrmarke können Tiere rund um die Uhr überwacht werden. Ein Bewegungssensor misst zum Beispiel, wie lange eine Kuh wiederkäut. So kann eine Verdauungsstörung frühzeitig erkannt werden.



## IM STALL

Digitale Überwachung  
und Steuerung

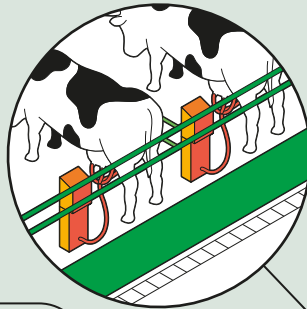
### Datensammlung

Viehwirte werden in ihrer täglichen Arbeit durch Daten aus Kameras, Mikrofonen und Sensoren unterstützt. So lassen sich zum Beispiel bei Schweinen früh Krankheiten erkennen.



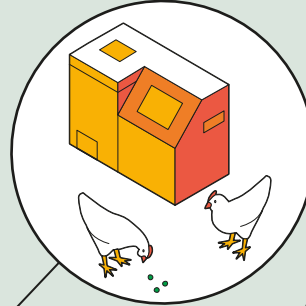
### Robotik

Roboter melken, und Sensoren überwachen Kuh und Milch. Dabei wird sowohl die Gesundheit der Tiere als auch die Qualität der Milch permanent registriert.



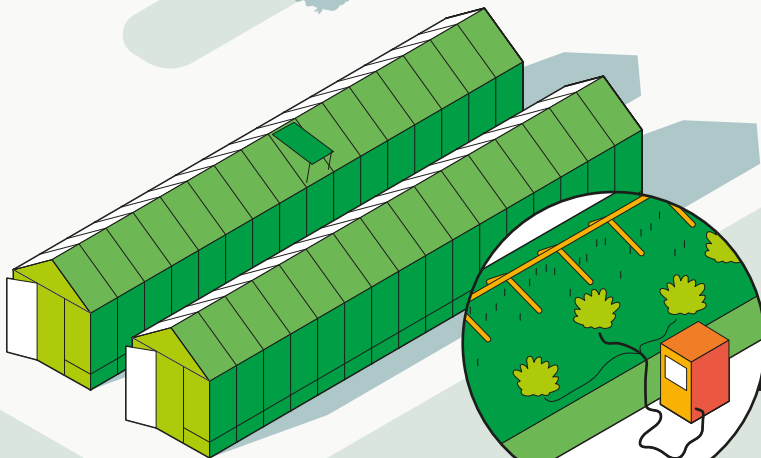
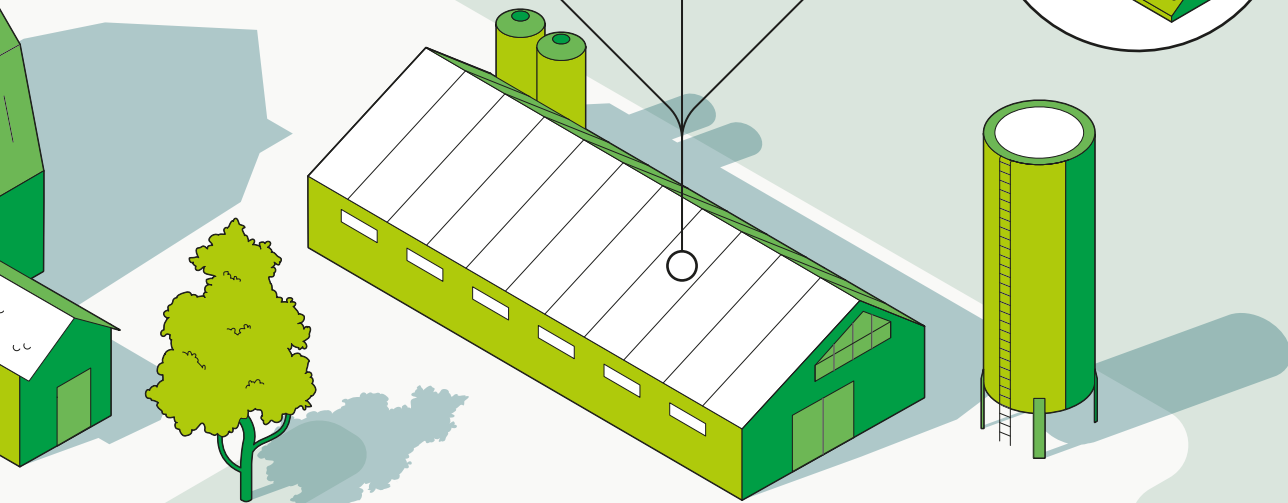
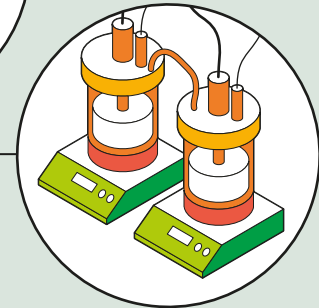
### Rohstoffanalyse

Die Zusammensetzung von Mischfutter wird mithilfe von Analysetechnik und dem Zugriff auf Datenbanken optimiert, sodass die Tiere bestmöglich versorgt werden.



### Simulation

Daten aus einem Labormodell vergrößern das Verständnis der mikrobiologischen Vorgänge im Hühnerdarm und helfen, Antibiotika auf das therapeutisch notwendige Maß zu reduzieren.

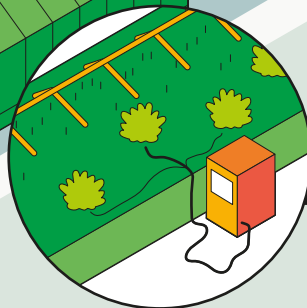


## IM GEWÄCHSHAUS

Geringerer Wasserverbrauch  
durch Messtechnik

### Analytik

Sensoren an der Pflanze messen den Wasserbedarf und lösen eine zielgenaue Versorgung aus. Präzise Wasseranalyse ermöglicht eine angepasste Zugabe von Desinfektionsmitteln, sodass die Sauberkeit des Bewässerungssystems gewährleistet ist.



# »Wenn man Digitalisierung richtig betreibt, erleichtert sie Abläufe deutlich.«

ANDREAS DÖRR, LANDWIRT UND  
GESCHÄFTSFÜHRER VON DOERR-AGRAR



Dank smarterer Technik lassen sich Kühe effizient melken und Pflanzenschutzmittel präzise ausbringen. Die Erhebung und Verarbeitung von Daten stellt landwirtschaftliche Betriebe zugleich vor große Herausforderungen. Der Landwirt Andreas Dörr diskutiert mit dem Verbandsexperten Johann Meierhöfer über die Chancen und die Grenzen der Digitalisierung.

MODERATION JÖRG WAGNER & CHRISTIAN BAULIG

**Herr Dörr, Sie sind auf dem Bauernhof aufgewachsen. Erinnern Sie sich, wie Ihr Vater früher die Feldarbeit geplant hat?**

**ANDREAS DÖRR** Als ich Kind war, lief das noch alles analog. Mein Vater hat sich den Wetterbericht im Fernsehen angeschaut und danach geplant, wann er pflügt, düngt oder erntet. Er hat allerdings schon früh auf moderne Technik gesetzt und Softwareanwendungen genutzt. Die Ackerschlagkartei, in der wir alle landwirtschaftlichen Arbeiten auf einem Flurstück aufzeichnen, führen wir in unserem Familienbetrieb schon seit 23 Jahren digital.

**Heute bewirtschaften Sie mehr als 1.400 Hektar, und Ihr Betrieb ist komplett durchdigitalisiert: Sie optimieren den Düngeprozess mithilfe von Nahinfrarot-Analyse, messen punktgenau die Feuchtigkeit des Getreides im Feld ...**

**DÖRR** Wir haben sogar einen digitalen Zwilling unseres landwirtschaftlichen Betriebs aufgebaut, eine cloudbasierte Anwendung, die wir für die täglichen Planungen nutzen, um unsere Abläufe zu optimieren und das Qualitätsmanagement zu verbessern. Zudem haben wir ein smartes Getreidelager, eine smarte Tankstelle und lassen unsere Fahrzeuge computergesteuert über die Felder fah-



# »Manch Landwirt fragt sich: Will ich diesen ganzen Aufwand treiben?«

JOHANN MEIERHÖFER, FACHBEREICHSLEITER  
PFLANZENERZEUGUNG/ENERGIE  
BEIM DEUTSCHEN BAUERNVERBAND

gern noch viel mehr machen – aber es fehlen teilweise die Grundlagen. Ein Viertel der deutschen Landwirte wendet Technologien an, die etwas mit teilflächenspezifischer Bewirtschaftung zu tun haben, doch dieser Anteil hat sich in den vergangenen Jahren kaum erhöht. Offenbar gibt es Hindernisse, die die übrigen Betriebe nicht überwinden können. Das vergisst man in der Politik oft recht schnell, wenn man immer nur solche Beispiele wie das von Herrn Dörr präsentiert bekommt.

**Einer aktuellen Studie des Verbands Bitkom zufolge sehen vor allem große Betriebe Chancen in der Digitalisierung. Bei den kleineren Betrieben ist das Risikobewusstsein ausgeprägter. Ist Digitalisierung in der Landwirtschaft eine Frage der Größe?**

**MEIERHÖFER** Die Kleinen können es auch. Ich kenne Landwirte mit Betrieben von 50 oder 100 Hektar, die sich intensiv mit digitalen Techniken auseinandersetzen – zum Beispiel weil sie Tierhaltung betreiben, bei der Digitalisierung sehr sinnvoll ist. Umgekehrt kenne ich große Betriebe etwa in Brandenburg, die vor 15 Jahren sehr intensiv in das Thema eingestiegen sind und teilweise extra Leute eingestellt hatten, die sich nur mit der Ackerschlagkartei beschäftigten, mit Ertragsauswertungen, Bodenproben und teilflächenspezifischer Applikation – und die damit inzwischen wieder aufgehört haben.

ren. Unsere Betriebsstruktur zwingt uns dazu, effizient zu arbeiten: Unser Büro liegt in Ostheim vor der Rhön, der Betrieb ist 30 Kilometer entfernt in Oepfershausen. Digitalisierung ist für uns schon lange ein Thema, weil wir von überallher Zugriff auf alle Informationen haben müssen. Einige Apps und Anwendungen habe ich selbst programmiert. Ich habe ständig neue Ideen – und es macht mir Spaß, mich mit dem Thema zu befassen.

**Herr Meierhöfer, sieht so die Zukunft der Landwirtschaft aus?**

**JOHANN MEIERHÖFER** Zwischen denen, die wie Herr Dörr ganz weit vornweg marschieren, und der breiten Masse herrscht leider eine riesige Lücke. Die deutschen Landwirte sind sehr innovativ, und viele würden

**Woran liegt das?**

**MEIERHÖFER** Auf dieser Position findet oftmals keine direkte Wertschöpfung statt. Es ist also nicht primär eine Frage der Größe, sondern es hängt von den →



**Andreas Dörr**, 41, ist Geschäftsführer von Doerr-Agrar. Das Unternehmen bewirtschaftet in Thüringen rund 1.400 Hektar Fläche, davon 950 Hektar Ackerland und 450 Hektar Grünland. Dörr nutzt zahlreiche smarte Technologien. 2023 erhielt der Agraringenieur den Bayerischen Digitalpreis (2. Platz). Neben der Tätigkeit im Familienbetrieb berät Dörr Industrieunternehmen und hält Vorträge vor Landwirten.

verantwortlichen Personen ab. Einem größeren Betrieb fällt es allerdings oft leichter, die nötigen Investitionen in Digitaltechnik zu tätigen.

#### **Über welche Summen sprechen wir da in Ihrem Fall, Herr Dörr?**

**DÖRR** Wir investieren pro Jahr circa 20.000 € in digitale Anwendungen, also Hardware und Software. Unser Betrieb ist allerdings ein Sonderfall, weil uns die Industrie viele Geräte und Programme zur Verfügung stellt, damit wir sie ausprobieren. Wichtiger als das Geld ist die Zeit, die ich als Betriebsleiter investieren muss. Ich muss die Technik verstehen, mich einlesen, mit Dienstleistern verhandeln, Daten austauschen. Heutzutage ist ein Landwirt nicht nur Pflanzenbauer oder Tierhalter, sondern auch noch IT-Administrator und Geoinformatiker. Viele Anwendungen, mit denen wir zu tun haben, sind sehr komplex.

#### **Landwirte müssen sich von jeher mit neuen Technologien auseinandersetzen. Was macht die Digitalisierung so speziell?**

**DÖRR** Es prasselt gerade so viel auf die Landwirte ein. Wir erleben Umwälzungen infolge des Klimawandels,

veränderter Nachfragestrukturen, des Wunsches der Gesellschaft und der Politik nach mehr Ökologie. Die Digitalisierung ist jetzt ein weiterer Schritt in diesem Strukturwandel. Sie kann die Zukunft vieler Betriebe erleichtern – aber auch Öl ins Feuer gießen im laufenden Strukturwandel.

**MEIERHÖFER** Außerdem beinhaltet sie eine Menge Voraussetzungen. Nehmen Sie die teilflächenspezifische Düngung. Vor 50 Jahren ist der Landwirt zum Händler gefahren, hat sich den Dünger auf seinen Anhänger kippen lassen und ist raus aufs Feld gefahren. Den Düngerstreuer hat er nach Erfahrungswerten eingestellt. Vielleicht ist er an der einen Stelle ein bisschen langsamer gefahren, an der anderen Stelle ein bisschen schneller – das war's. Heute muss ich mir erst mal die entsprechende Technik kaufen. Ein moderner Schlepper empfängt zwar in der Regel schon heute ein Satellitensignal, ich brauche aber auch einen Düngerstreuer, der mit einer Applikationskarte umgehen kann. Dann muss ich mir überlegen, auf welcher Grundlage ich vorgehe: Nehme ich die Reichbodenschätzung, also die seit rund 90 Jahren erstellten Bodenkarten für die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche Deutschlands? Vertraue ich auf Leitfähigkeitsmessung, Satellitenbilder oder einen Sensor? Manch einer fragt sich da: Will ich diesen ganzen Aufwand treiben?

**DÖRR** Da treffen Sie einen wunden Punkt. Bei uns läuft gerade ein Forschungsprojekt zur teilflächenspezifischen Düngung. Im Boden kommen so viele Faktoren zusammen, die wir noch nicht mit Daten widerspiegeln können. Seit zehn Jahren haben wir an vielen Versuchen teilgenommen, aber bislang hat mich noch keine Technologie überzeugt. Die Erfahrung, die mein Vater in den Betrieb mitbringt, sein Bezug zu den Böden, die Kenntnis über die Region und darüber, wie sich das Klima verhält – all das ist viel wichtiger.

#### **Moment, ist die ganze Digitalisierung also ein Irrweg?**

**DÖRR** Nein, beim teilflächenspezifischen Pflanzenschutz sehe ich das zum Beispiel anders. Der ist aber auch an einfachen Parametern festzumachen: Wo der Pflanzenbestand dicht ist, muss mehr Spritzmittel ausgebracht werden als dort, wo er dünn ist. Digitalisierung kann uns helfen, die richtigen Entscheidungen zu treffen, um Bodenqualität, Anbautechniken und Tierhaltung zu verbessern. Daran haben wir Landwirte ein langfristiges Interesse, denn nur gesunde Böden bringen gute Erträge und nur gesunde Tiere hohe Leistungen.

**Digitalisierung kostet Zeit. Sie sagen aber auch, dass sich dadurch jede Menge Zeit einsparen lässt.**

**DÖRR** Sicher, es muss ja auch gar nicht immer die ganz große Lösung mit satellitengestützten Technologien sein. Schon das papierlose Büro, in dem Dokumente gescannt und digital abgelegt werden, kann viel bringen. Bauernhöfe betreiben Direktvermarktung über Webshops und bewerben ihre Produkte über Social Media. Wenn man Digitalisierung richtig betreibt, erleichtert sie Abläufe deutlich. Man muss eben selektieren bei der Vielzahl an Anwendungen.

**Hilft der Generationswechsel, die Digitalisierung voranzutreiben?**

**DÖRR** Bestimmt. Das ist wie in allen Lebensbereichen: Wenn die Kinder irgendwas Neues benutzen, dann müssen sich die Eltern zwangsläufig auch damit befassen. Mein Vater versteht nicht im Detail, wie manche Dinge funktionieren, die wir einführen. Aber er findet es cool, dass er unterwegs sein Handy aus der Hosentasche ziehen kann, um auf unserer Lagerbuch-App nachzuschauen, wie viel Weizen an diesem Tag gedroschen wurde und wie viel davon schon ins Lager gebracht worden ist.

**Wäre es nicht an der Industrie, nutzerfreundlichere Lösungen zu entwickeln, die den Landwirten das Leben erleichtern?**

**MEIERHÖFER** Leider sind die Verhältnisse nicht so. Ein großes Problem stellte bisher die sogenannte Interoperabilität dar. Darunter versteht man die Fähigkeit von Maschinen, miteinander zu kommunizieren, auch wenn sie von unterschiedlichen Herstellern stammen. Es existieren zwar schon seit Jahrzehnten Normen dafür, ich erinnere mich aber an sehr intensive Diskussionen vor einigen Jahren darüber, dass der Düngestreuer der Marke X nicht mit dem Schlepper der Marke Y zusammenarbeiten wollte. Zum Glück ändert sich das inzwischen. Auch bei Software gibt es Bewegung. Lange haben Hersteller versucht, möglichst umfassende Lösungen zu verkaufen. Der Landwirt möchte aber gar nicht immer alles aus einer Hand. Neuerdings sehen wir, dass Firmen miteinander kooperieren, die sich dem lange Zeit verweigert haben. Ich habe insofern die Hoffnung, dass das System durchlässiger wird.

**Das Kundenbedürfnis wird also besser erkannt?**

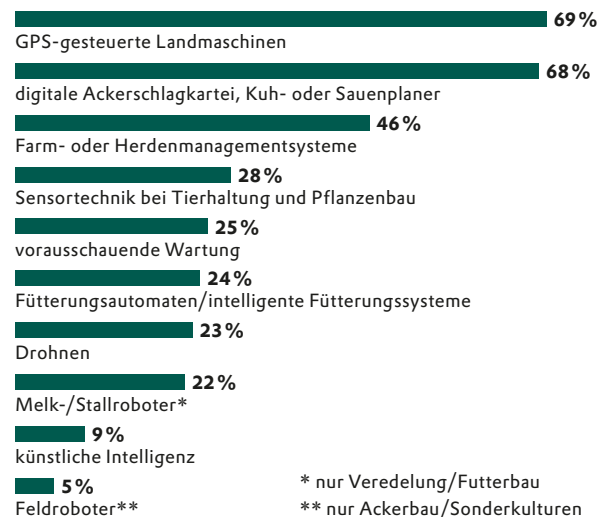
**MEIERHÖFER** Zumindest läuft es auf Geschäftsmodelle hinaus, die nicht nur für den Anbieter der Lösung von Vorteil sind, sondern auch für den Landwirt, der ein Produkt oder eine Software anwendet. Automatische Lenksysteme etwa entlasten den Fahrer – ein klarer →

# » Heutzutage ist ein Landwirt auch IT-Administrator und Geoinformatiker. «

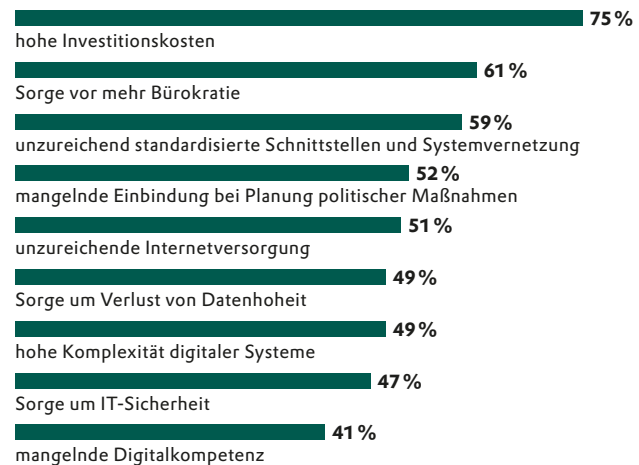
ANDREAS DÖRR

## So digital sind deutsche Landwirte

**Welche Technologien oder Verfahren setzen Sie bereits ein?**



**Welche Hemmnisse bremsen Ihrer Meinung nach die Digitalisierung der Landwirtschaft am stärksten?**



Umfrage unter 500 deutschen Landwirten  
Quelle: Bitkom, Stand 2024

# »Erfolgreiche Digitalisierung ist nicht primär eine Frage der Betriebsgröße.«

JOHANN MEIERHÖFER

**Johann Meierhöfer, 51,** leitet den Fachbereich Pflanzliche Erzeugung/Energie beim Deutschen Bauernverband in Berlin und kümmert sich dort auch um das Thema Digitalisierung. Zuvor hat der Agraringenieur in mehreren landwirtschaftlichen Großbetrieben als Betriebsleiter oder Geschäftsführer gearbeitet und das Landwirtschaftsamt im brandenburgischen Landkreis Teltow-Fläming geleitet.



Benefit für den Betrieb. Gleiches gilt für Melkroboter, die Sie heute in vielen familiengeführten Milchviehbetrieben finden. Das hat auch damit zu tun, dass sich dadurch die Milchqualität besser überwachen lässt und damit der Gesundheitsstatus der Kuh. Ganz wichtig ist aber auch der Benefit, dass der Landwirt am Samstagnachmittag auf eine Geburtstagsfeier gehen kann und nicht um 17 Uhr in den Stall verschwinden muss. Der Zugewinn an persönlicher Lebensqualität gerade für familiengeführte Unternehmen, der ist nicht zu unterschätzen. Jede Technik, die Effizienzgewinn bringt oder die Lebensqualität steigert, wird sich sehr schnell durchsetzen.

## **Läuft es darauf hinaus, dass der Landwirt künftiger weniger Produkte kauft als vielmehr Dienstleistungen?**

**MEIERHÖFER** Ich kann mir vorstellen, dass es für Lohnunternehmen oder Maschinenringe interessant wäre, zusätzlich zur Düngung von Flächen eine optimierte Düngeempfehlung anzubieten – sofern das nicht zu teuer ist.

**DÖRR** So etwas könnte künftig allerdings auch künstliche Intelligenz erledigen. Der Landwirt kommuni-

ziert dann mit einer Anwendung, die für seine Bedürfnisse aufgearbeitete Antworten liefert. Wenn er mit seinem Traktor samt Mähwerk auf der Wiese steht, könnte das System die relevanten Infos liefern: Du bist hier im Biosphärenreservat, darfst also erst vom 15. Juni an mähen. Lass bitte zehn Prozent vom Gras stehen und mähe von innen nach außen, damit Rehe und Kleinwild einen Fluchtweg haben. Wenn mein Weizenertrag seit Jahren stagniert und ich immer mehr mit Frühsommer-Trockenheiten zu kämpfen habe, kann ich mich bislang nur an Berater wenden, an Forschungsinstitute oder an Berufskollegen. Es wäre doch super, wenn es eine KI gäbe, die mit all diesen Informationen gefüttert wird! Dann könnte ich eine Antwort in dieser Art bekommen: Betriebe in der ähnlichen Klimaregion wie du mit einer ähnlichen Fruchtfolge und ähnlichen Anbaustrukturen haben zum Beispiel vom Pflug auf Direktsaat umgestellt. Ich hätte konkrete Antworten, könnte tiefer gehen.

**MEIERHÖFER** Das ist etwas, was vielleicht irgendwann mal passieren wird. Aber es fehlen in Deutschland ja nach wie vor die Grundlagen, um diese Daten zu teilen und mit Leben zu füllen. Selbst im Grunde öffent-



liche Daten werden der Agrarwirtschaft kaum in nutzbarer Form zur Verfügung gestellt. Landwirte denken in erster Linie langfristig, das ist im Berufsbild enthalten. Aber wie alle Unternehmer haben sie nur begrenzt Zeit und Finanzmittel zur Verfügung. Ich muss mir also überlegen: Was hilft mir sofort und gleich? Wenn ich nicht wenigstens einen mittelfristigen Effekt erkenne, dann werde ich das auch nicht nutzen.

**Wenn Beratungsunternehmen maßgeschneiderte KI-Lösungen anbieten, sind wir ganz schnell im Geschäftsmodell der großen Digitalfirmen, wo das Winner-takes-it-all-Prinzip gilt: Wer das gut macht und von Landwirt zu Landwirt weiterempfohlen wird, ist bald Herr der Daten – nicht mehr der einzelne Betrieb. Wäre das für Sie nicht sehr gefährlich?**

**DÖRR** Ich wäre durchaus bereit, anonymisiert meine Produktionsdaten zur Verfügung zu stellen, aber ich möchte selbst entscheiden, welche Informationen ich teile. Und ich halte nichts von Konzernen, die sich als „Fullliner“ anbieten. Die binden den Bauer an ihr System aus Technik und Know-how und lassen ihm gar keine andere Möglichkeit mehr, als ihre Maschinen, ihr Saatgut oder ihre Pflanzenschutzmittel zu kaufen. In den USA sind viele Landwirte heute gar nicht mehr in der Lage, selbstständig den Herbizid-Einsatz auf ihren Flächen zu planen, weil sie sich seit Jahren nicht mehr mit der Thematik befassen mussten. Ich wünsche mir ein System, das den Landwirt trainiert und resistenter macht, nicht abhängig und dumm. Ich sehe KI eher als entscheidungsunterstützendes System, das mich dauerhaft trainiert.

**MEIERHÖFER** Beim Thema Daten müssen wir einen gesunden Mittelweg gehen. Am Ende ist es die Verantwortung eines jeden Inhabers, eines jeden Geschäftsführers zu sagen: Ich möchte diesen oder jenen Datensatz teilen und diesen oder jenen nicht. In Europa werden wir über den Data Act und die entsprechenden Ausführungsvorschriften einiges bekommen, was sich schon von dem unterscheidet, was in den USA läuft. Dort sehe ich teilweise eine sehr offener Haltung bei Landwirten. Wenn einem einzelnen Konzern alle Daten über meinen Betrieb bekannt sind, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass er auf Grundlage dieser Daten auch meine Kreditwürdigkeit beurteilt oder die Preise für mich kalkuliert. Da kann er mir fünfmal erzählen, dass er das nicht macht.



Role Model: In Johann Meierhöfers Büro parkt das Modell einer Selbstfahrerspritze, die teilflächenspezifisch Pflanzenschutzmittel ausbringen könnte.

**In mancher Technologie war Deutschland, war Europa führend – und wurde später von anderen Weltregionen überholt. Fürchten Sie, dass andere Länder ihre Landwirtschaft schneller digitalisieren und die hiesigen Betriebe unter Druck geraten?**

**MEIERHÖFER** In der Produktion gibt es viele Faktoren, bei denen wir gegenüber dem Rest der Welt wesentlich stärker im Nachteil sind. Dass sich die Digitalisierung hierzulande noch nicht auf allen Betrieben durchgesetzt hat, ist derzeit kein schwerwiegender Standortnachteil. Mal etwas provokant formuliert: Solange ich eine landwirtschaftliche Ausbildung habe, komme ich auf dem Acker zur Not auch ohne Digitalisierung aus. Das hat die vergangenen 50 Jahre funktioniert, und das wird auch die kommenden 50 Jahre funktionieren. Bei den Bürotätigkeiten im Betrieb ist das problematischer. Sorgen macht mir hier insbesondere die überbordende staatliche Bürokratie. Diese ohne digitale Hilfen zu bewältigen wird schwierig.

**DÖRR** Ich glaube auch, dass wir uns im internationalen Vergleich nicht verstecken müssen. Es hat seinen Grund, warum viele Innovationen im landwirtschaftlichen Bereich aus Europa kommen. Die großen Agrartechnikfirmen testen und entwickeln ganz viel bei uns, in England und in Neuseeland. Denn sie wissen: Wenn es bei uns und in diesen Ländern funktioniert und wenn die hiesigen Landwirte zufrieden sind, dann funktioniert es auch anderswo auf der Welt. —

# WOHL BEKOMM'S

Modernes Mischfutter muss eine Menge leisten: Es soll Tiere gesund ernähren und die Ausscheidung von Stickstoff minimieren. Zudem sollen bei der Produktion möglichst wenig Rohstoffe verbraucht werden. Mit Futtermittelanalytik und essenziellen Aminosäuren leistet Evonik einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige Tieraufzucht.

TEXT ANNETTE LOCHER



Das Rothkötter Mischfutterwerk in Haren liegt direkt am Eurohafen der Ems. Schiffe liefern hier jährlich zigtausend Tonnen Rohstoffe an.

**E**s ist schon später Nachmittag, und am Eurohafen in Haren (Ems) herrscht kaum Betrieb. Nur an der Anlegestelle der Firma Rothkötter liegen noch zwei Frachtschiffe. Mit einem weißen Plastikeimer und einer langen Metallstange in der Hand verlässt ein Mischfuttermüller das direkt angrenzende Werk und legt zügig die wenigen Meter zum Wasser zurück. Kurze Verständigung mit dem Kapitän, dann öffnet dieser die Abdeckung des Frachtraums. Die Ladung: 1.000 Tonnen Weizen. Der Müller besteigt das Schiff, stößt den langen Probennehmer nach einem vorgegebenen Muster an mehreren Stellen unterschiedlich tief in das Getreide. Danach füllt er die Stichproben in Plastikbeutel ab.

Die Rothkötter Mischfutterwerke produzieren an drei Standorten in Deutschland Hähnchen- und Schweinefutter. Getreide wie Weizen, Ölsaaten wie Soja oder Raps und Nebenprodukte aus der Nahrungsmittelproduktion gehören zu den wichtigsten Rohstoffen. Futtermittel sind ein zentraler Faktor, wenn es um Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Tierhaltung geht. Die Herkunft der Rohstoffe, ihre jeweilige Zusammensetzung und die Ergänzung mit Zusatzstoffen haben entscheidenden Einfluss auf Tierwohl und Fleischqualität. Um ein unter all diesen Aspekten optimiertes Futter zusammenzustellen, müssen Hersteller die genauen Bestandteile aller Komponenten kennen. Deshalb kommt kein Betrieb ohne moderne Analytik aus. Um immer neue, vielfach heimische Rohstoffe zu erschließen, verlässt sich die Firma Rothkötter auf die Futtermittelanalytik von Evonik. →



Fehlt der Sojabohne etwas?  
Moderne Analysetechnik  
und die Nutzung von Big Data  
geben Aufschluss über die  
Qualität von Futterrohstoffen.



Ein Mischfuttermüller entnimmt auf dem Frachtschiff Proben des angelieferten Weizens und füllt sie in Beutel ab.



Das Labor im wenige Kilometer entfernten Rothkötter Mischfutterwerk in Meppen liegt direkt an der Werks- einfahrt. Über der Waage, auf der alle Lkw halten müssen, die Rohstoffe anliefern, schwebt ein Probennehmer. Maria vor dem Brocke kann ihn vom Gebäude aus steuern. Sie zieht Proben, nimmt sie in Augenschein und bestimmt einige einfache Parameter wie den Feuchtigkeitsgehalt. Daneben bereitet sie Rohstoffproben – unter anderem die am Eurohafen entnommenen – für eine Nahinfrarot(NIR)-Analyse vor.

Ein Gerät in der Größe eines herkömmlichen Schreibtischdruckers braucht weniger als eine Minute, um eine Probe zu untersuchen (siehe Infokasten auf Seite 30). Auf dem angeschlossenen Monitor ist das Ergebnis in Form farbiger Kurven zu sehen. Nach Abschluss der Messungen übermittelt vor dem Brocke alle Ergebnisse online an Evonik. Eine Viertelstunde später kann sie am Rechner für jede Probe den Anteil an Protein, Fett, Fasern, Zucker, Phosphor, Asche, Aminosäuren und anderen Bestandteilen ablesen.

Für Christian Emthaus ist dieses Wissen essenziell: „Wir kennen den Nährstoffbedarf von Hähnchen und Schweinen in ihren jeweiligen Entwicklungsphasen sehr genau“, sagt der Geschäftsführer und Leiter der drei Mischfutterwerke von Rothkötter. „Und darauf stimmen wir das Futter ab.“ Die Zusammenstellung der Zutaten muss er dabei immer wieder anpassen. Denn pflanzenbasierte Inhaltsstoffe variieren je nach Sorte, Herkunft, Witterung und Art der Lagerung stark, und auch die Verfügbarkeit von Rohstoffen schwankt enorm.

Ein wichtiger Parameter für das Wachstum der Tiere ist der Proteingehalt des Futters. „Hier kommt es ganz wesentlich auf die Aminosäurezusammensetzung an“, erläutert Dr. Maike Naatjes, Agraringenieurin mit Schwerpunkt Tierernährung. Sie arbeitet in der Business Line Animal Nutrition von Evonik und betreut Kunden in Europa, im Nahen Osten und in Afrika bei technischen Fragen. Auch mit Christian Emthaus steht sie in engem Kontakt.

#### RUNTER MIT DEM PROTEINGEHALT

Von den 21 verschiedenen Aminosäuren, aus denen Proteine bestehen, kann das Tier acht – die sogenannten essenziellen Aminosäuren – nicht selbst bilden. Sie müssen über das Futter in ausreichender Menge geliefert werden. „Sobald eine der benötigten essenziellen Aminosäuren aufgebraucht ist, kann das Tier die im Überschuss vorhandenen anderen Proteinbestandteile nicht mehr verwerten“, erklärt Naatjes. „Sie müssen abgebaut und mit dem Harn ausgeschieden werden.“ Diesen Effekt gilt es aus mehreren Gründen zu vermeiden: Proteinreiche Rohstoffe sind teuer und beanspruchen landwirtschaftliche Fläche. Die Ausscheidungen der Tiere tragen zur Überdüngung von Böden und Gewässern bei. Und der Organismus der Tiere wird unnötig belastet.

Im Labor von Rothkötter analysiert Maria vor dem Brocke die Futtermittelrohstoffe mittels Nahinfrarotspektroskopie.



Um mit weniger Rohstoffen ein ausgewogenes Aminosäureverhältnis zu erreichen, fügen viele Hersteller dem Futter geringe Mengen der reinen Aminosäuren bei. Bei Hähnchen mangelt es meist an Methionin, bei Schweinen zuallererst an Lysin. Evonik hat die drei wichtigsten Aminosäuren im Sortiment.

Aber wie viel von welchem Zusatzstoff ist in der jeweiligen Mischung nötig? Vor Einführung der NIR-Analytik arbeiteten Futtermittelhersteller mit Daten aus aufwendigen nasschemischen Analysen, die Unternehmen wie Evonik an Rohstoffproben aus aller Welt vornahmen und einmal im Jahr veröffentlichten. „Wir wussten dann zum Beispiel, dass europäischer Weizen 9 bis 13 Prozent Protein enthält und die Mehrzahl der Proben bei 10 bis 11,5 Prozent liegt“, erzählt Emthaus. Um auf der sicheren Seite zu sein, hat er die Qualität des Rohstoffs immer etwas schlechter angesetzt als das bekannte Mittel und so – „über den Daumen“ – den Bedarf etwa an Methionin kalkuliert.

Heute, unterstützt durch die schnelle NIR-Technologie, ist die Formulierung von Futtermitteln tagesaktuelle Präzisionsarbeit. Große Hersteller wie Rothkötter besitzen eigene NIR-Geräte, nehmen aber die Unterstützung von Evonik für die Auswertung der Analysedaten in Anspruch. Denn die NIR-Analytik als indirekte Methode

erlaubt keine Mengenbestimmung der Rohstoffbestandteile. Um die gemessenen Spektren richtig zu bewerten, sind Datensätze mit dem bekannten Gehalt beziehungsweise den bekannten Konzentrationen eines Stoffs nötig. Diese Datensätze hat Evonik über Jahrzehnte aufgebaut und ständig erweitert. „Wir haben Millionen von Proben aus aller Welt von mehr als 60 verschiedenen Rohstoffen im Labor aufwendig analysiert“, sagt die Agraringenieurin Naatjes. Sie bilden die Basis für den Aminonir-Service des Unternehmens.

Bei bekannten Lieferanten und bei der Anlieferung per Lkw setzt Rothkötter die NIR-Analytik stichprobenartig ein. Bei Rohstofflieferungen per Schiff oder Bahn, die viel größere Mengen umfassen, wird genauer geprüft. Hier wartet Geschäftsführer Emthaus schon einmal die Analyse ab, bevor er entscheidet, in welches Silo der Rohstoff zur Lagerung kommt. Anschließend werden die Komponenten vollautomatisch in der mehrstöckigen Futtermühle verarbeitet und gemischt. An einem Tag entstehen so etwa am Standort Meppen mehr als 1.000 Tonnen Mischfutter.

Durch Kombination von moderner Analytik und einem wachsenden Sortiment an Additiven konnte Rothkötter im Laufe der Jahre den Proteingehalt des Futters stetig verringern. „Bevor mit Methionin →

die erste Aminosäure als Zusatz verfügbar war, enthielt beispielsweise Geflügelfutter rund 30 Prozent Protein“, so Emthaus. Heute sind es – bei Zusatz mehrerer Aminosäuren – nur noch 19 Prozent. „Niedrigproteindiäten“ nennt Evonik dieses Konzept, bei dem der Aminosäurebedarf der Tiere mit weniger Rohprotein gedeckt wird.

#### DAS ZIEL: WENIGER STICKSTOFFEMISSIONEN

Viele Jahre lang wurde vor allem unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert, denn Futter ist der mit Abstand größte Kostenfaktor bei der Nutztierhaltung, und proteinhaltige Rohstoffe sind besonders teuer. Inzwischen kommt der Aspekt der Nachhaltigkeit immer stärker mit ins Spiel. „Es hat sich gezeigt, dass der Rohproteingehalt im Futter auch dessen ökologischen Fußabdruck mitbestimmt“, sagt Emthaus. „Damit haben wir einen wirksamen Hebel, um die Nachhaltigkeit zu verbessern.“ Da in der Rothkötter-Unternehmensgruppe nicht nur Mischfutter hergestellt wird, sondern auch die damit ernährten Hähnchen zu Fleischprodukten verarbeitet werden, kann sie so im Handel und bei umweltbewussten Endverbrauchern punkten.

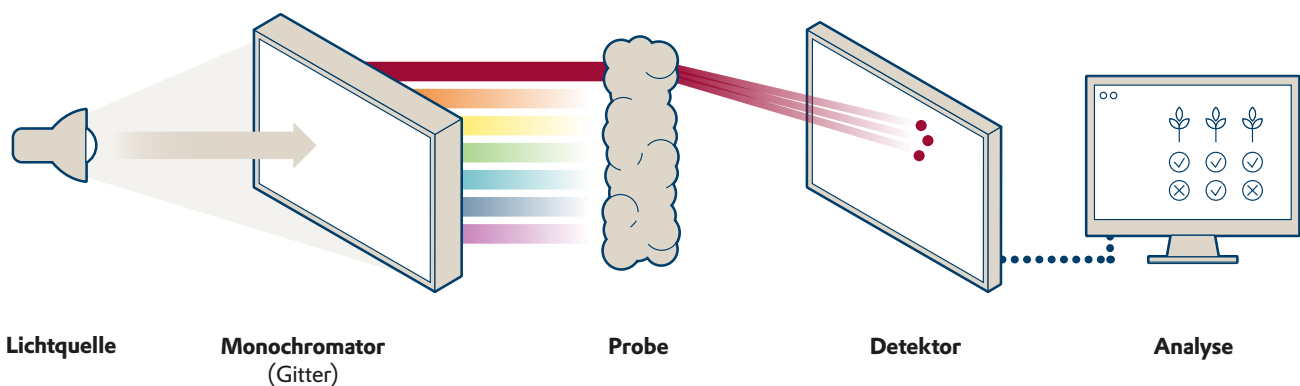
Dass der Einsatz von Aminosäuren Wirkung zeigt, belegt unter anderem eine Publikation des Deutschen Verbands Tiernahrung (DVT) von 2022. Demnach hat sich der Rohproteingehalt im Hähnchenmastfutter der fünf führenden Hersteller in Deutschland zwischen 2000 und 2020 von durchschnittlich 20,8 auf 19,3 Prozent verringert. Das entspricht einer relativen Veränderung um sieben Prozent. Zugleich erreichen die Tiere heute ein höheres Gewicht. Bezieht man den Rohproteingehalt auf das Lebendgewicht der Hähnchen, hat sich der Proteineinsatz sogar um 18 Prozent verringert.

Scheiden Nutztiere weniger ungenutztes Protein und damit weniger Stickstoff aus, entsteht weniger Ammoniak – eine in mehrfacher Hinsicht problematische Stickstoffverbindung: Reagiert sie mit bestimmten Luftschadstoffen, kann gesundheitsgefährdender Feinstaub entstehen. Im Wasser und Boden führt Ammoniak unter Umständen zu Eutrophierung und Versauerung.

Die EU hat deshalb die erlaubten Ammoniak-Emissionen begrenzt. In Deutschland gilt ab 2030 eine Obergrenze von 431.000 Tonnen pro Jahr. Eine proteinreduzierte Fütterung trägt dazu bei, dieses Ziel zu erreichen. So sank die errechnete Stickstoffemission pro Kilo-

## WAS STECKT IN SOJA, WEIZEN ODER RAPS?

Wie mithilfe von Nahinfrarot(NIR)-Spektroskopie die Zusammensetzung und Qualität von Futtermittelrohstoffen analysiert werden kann



Weißes Licht wird im NIR-Spektrometer durch einen Monochromator in das Farbspektrum des Regenbogens aufgeteilt.

Das hinter dem Rot liegende unsichtbare Nahinfrarot trifft auf die Futtermittelprobe. Die darin enthaltenen Moleküle werden zu Schwingungen angeregt.

Der Anteil des diffus reflektierten Lichts wird über einen Detektor aufgezeichnet und liefert Erkenntnisse über die molekulare Zusammensetzung der Probe.

Die Spektraldaten werden mithilfe mathematischer Modelle (NIR-Kalibrationen) analysiert und die Messergebnisse mit Vergleichsdaten abgeglichen.

Die gemessenen NIR-Spektren werden online an Evonik übermittelt und dort ausgewertet.

## » Beim Tierfutter kommt es auf die Zusammensetzung der Aminosäuren an. «

MAIKE NAATJES, AGRARINGENIEURIN  
IN DER EVONIK-BUSINESS-LINE ANIMAL NUTRITION



gramm Hähnchen in Deutschland laut DVT zwischen 2000 und 2020 um mehr als ein Drittel: von 31 Gramm auf 20 Gramm.

Auch die Tiere profitieren von der angepassten Fütterung, wie Emthaus erläutert: „Sie scheiden weniger ungenutzte Proteine aus. Weil Stickstoffemission und Wasserkonsum zusammenhängen, bedeutet das, dass der Hähnchenmist weniger Wasser enthält. Die Tiere stehen in den Ställen trockener, was das Risiko bakterieller Infektionen verringert.“

### PROTEIN AUS HEIMISCHEN QUELLEN

Wenn es darum geht, die Tierfütterung nachhaltiger zu gestalten, setzt Rothkötter auch auf heimische Rohstoffe, deren Qualität ebenfalls genau analysiert wird. Besonders attraktiv sind Nebenprodukte aus der heimischen Lebensmittelherstellung. Dazu gehören Schalenrückstände, die beim Mahlen von Getreide wie etwa Weizen anfallen. „Wir nutzen Produkte, die der Mensch nicht oder kaum verwerten kann, für die Tierfütterung und gewinnen mit dem Fleisch hochwertiges Protein für die menschliche Ernährung“, sagt Emthaus.

Bei der Ölgewinnung aus Raps oder Sonnenblumen fallen ebenfalls Nebenprodukte an, die Tieren als Futter dienen können. Über Rohstoffbörsen verfolgt das

Team Einkauf/Rezepturgestaltung von Rothkötter genau, welche Komponenten wann verfügbar sind. Auch über direkte Kontakte zu Lebensmittelproduzenten erhält es Angebote. Verändert sich die Rohstoffbasis des Futters, muss die Gesamtmischung neu formuliert werden. Das ist bei Rothkötter meist einmal wöchentlich der Fall.

Das Futter für Masthähnchen und Schweine besteht aus 5 bis 15 Hauptkomponenten und etlichen kleineren Zutaten. Damit die Tiere kein Problem mit der Futterumstellung bekommen, sollen Änderungen möglichst gering ausfallen. Beim Anpassen einer Futtermischung hilft heutzutage Software. Damit lässt sich das Futter unter den Aspekten Qualität, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit optimieren.

Ein unverzichtbarer Rohstoff ist Sojaschrot, denn es weist von allen pflanzlichen Komponenten die für die Tierfütterung günstigste Aminosäurezusammensetzung auf. Genau wie Rapsschrot ist es ein Nebenprodukt der Ölgewinnung. Die Rothkötter Mischfutterwerke beziehen es aus Südamerika und aus Europa.

Um Soja für die tierische und menschliche Ernährung einsetzbar zu machen, wird es von Ölsaatenverarbeitern zunächst erhitzt. Das ist erforderlich, um bestimmte Stoffe in der Hülsenfrucht zu deaktivieren. Zu große Wärme zerstört jedoch hitzeempfindliche Amino- →



Christian Emthaus von Rothkötter und Evonik-Expertin  
Maike Naatjes in der Futtermühle.  
Hier wird gerade Hähnchenfutter produziert.

säuren im Soja. Das sogenannte Toasten ist ein Balanceakt, der nicht immer perfekt gelingt, aber ganz wesentlich die Verdaulichkeit des Sojaschrots und damit seine Qualität als Futtermittel beeinflusst.

Die Wissenschaftler von Evonik haben ein patentgeschütztes Verfahren entwickelt, mit dem sich per NIR-Analytik bestimmen lässt, wie gut Sojaschrot zu verdauen ist. Das ermöglicht es Rothkötter, den Rohstoff mithilfe zugesetzter Aminosäuren besser verwertbar zu machen.

Das Schrot wird wie alle anderen Zutaten so umweltverträglich wie möglich geliefert – zum Beispiel per Überseecontainer bis Rotterdam und dann per Binnenschiff, Bahn oder Lkw bis zum Werk. Wenn es um den ökologischen Fußabdruck eines pflanzlichen Rohstoffs geht, spielt außerdem die Flächeneffizienz des Ackers eine entscheidende Rolle. Sie hängt von Faktoren wie der Bodenbeschaffenheit, den Witterungsbedingungen und der Größe ab. So kommt es vor, dass zertifiziertes Sojaschrot aus Südamerika, wo zwei Ernten pro Saison möglich sind, in der Gesamtbilanz genauso gut abschneidet wie europäisches.

Ökobilanzen sind neben der Analytik ein wichtiger Treiber der Futtermitteloptimierung. Wie eine vom TÜV Rheinland zertifizierte Ökobilanz von Evonik 2021 zeigt, ließe sich in Europa allein durch Versorgung von Masthähnchen, Legehennen und Schweinen mit Niedrigproteinfutter und den Zusatz freier Aminosäuren der Treibhauseffekt der Nutztierhaltung um 9 bis 14 Prozent reduzieren, die Überdüngung um 9 bis 12 Prozent. Zusätzlich könnten bis zu 13 Prozent Ackerfläche eingespart werden. Rothkötter und Evonik zeigen, wie es geht. —



**Annette Locher** ist Diplom-Biologin und arbeitet seit 2012 für Evonik. Sie schreibt vor allem über Gesundheit, Ernährung und Nachhaltigkeit.



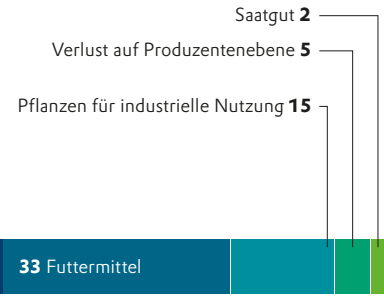
# AB IN DEN TROG

Ein großer Teil der Weltagrarproduktion wird an Tiere verfüttert. Um den wachsenden Bedarf an Proteinen zu decken, erschließt die Futtermittelbranche neue Quellen und schwenkt um auf nachhaltig erzeugte Rohstoffe. Ein Überblick in Zahlen

INFOGRAFIK **MAXIMILIAN NERTINGER**

## Ein Drittel fürs Futter

Verteilung der globalen Ackerfläche nach Nutzungsart 2015, in Prozent

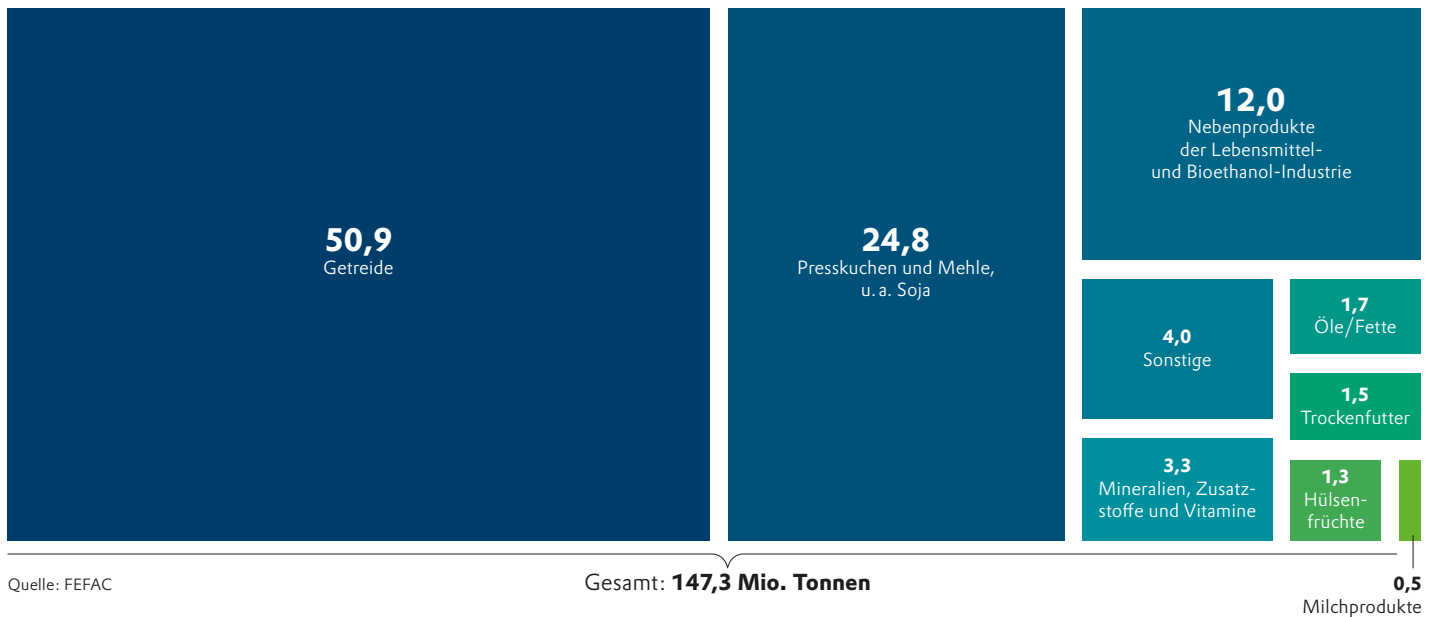


Quelle: FAO

Gesamt: **48,6 Mio. Quadratkilometer**

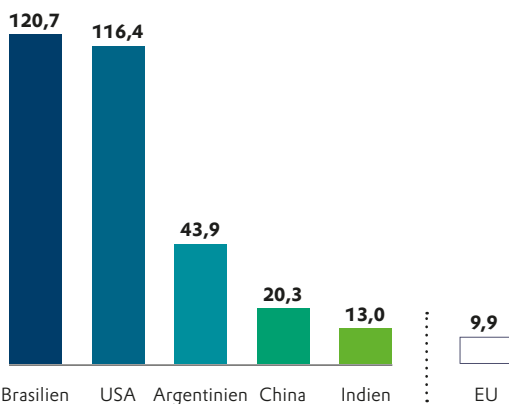
## Getreide als Hauptgang

Ausgangserzeugnisse für die Futtermittelproduktion in der EU 2022, in Prozent



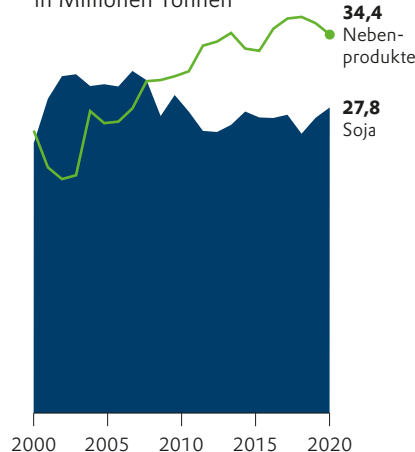
## Kaum Soja aus Europa

Größte Sojaproduzenten 2022, in Millionen Tonnen



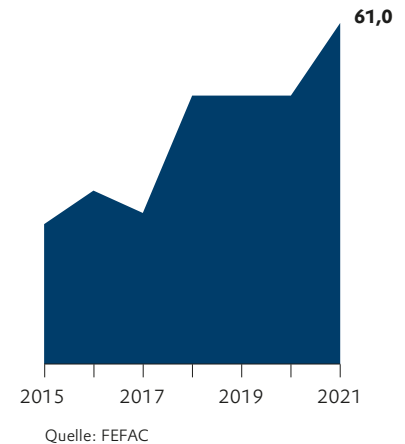
## Aufstieg neuer Proteinquellen

Verarbeitungsmengen in der EU-Futtermittelbranche 2022, in Millionen Tonnen



## Wachsendes Bewusstsein

Anteil von nachhaltig erzeugtem Soja in der EU-Mischfutterproduktion 2021, in Prozent





# WURZELN UND WEITBLICK

---

Japan ist eine hoch entwickelte Industrienation. Doch inmitten lebendiger Großstädte sind Elemente des reichen kulturellen Erbes fest verankert. Ob Comics, Kulinarik oder Bühnenkunst – der Inselstaat am Pazifischen Ozean versteht es, Tradition in das moderne Leben zu integrieren.

TEXT **PAULINE BRENKE**



————— Majestätisch erhebt sich der Berg Fuji über der japanischen Stadt Fujiyoshida – zusammen mit der fünfstöckigen Chureito-Pagode und den rosafarbenen Kirschblüten bildet er ein malerisches Motiv. Der Vulkan ist ein zentrales Element der japanischen Kultur und hat für viele Einheimische eine spirituelle Bedeutung. Mit 3.776 Meter Höhe ist der Fuji der höchste Berg Japans und an klaren Tagen sogar von der rund 200 Kilometer entfernten Hauptstadt Tokio aus zu sehen.



Lange bedeutete in Japan die Elektrifizierung des Autos vor allem eines: Hybridantrieb. Doch seit ein paar Jahren nimmt die Bedeutung rein batterieelektrisch betriebener Fahrzeuge im Land beträchtlich zu, der Bau von Ladestationen wird staatlich gefördert. Evonik möchte in Asien den Wachstumsmarkt für neue Batteriegenerationen in Elektrofahrzeugen stärken. Dafür wird in der japanischen Stadt Yokkaichi eine Produktionsanlage für Aeroxide erweitert, ein Aluminiumoxid, das in Lithium-Ionen-Batterien verwendet wird. Das Produkt ermöglicht eine größere Reichweite der E-Fahrzeuge und sorgt für mehr Sicherheit sowie eine höhere Ladegeschwindigkeit der Batterien.





Aus großen Augen schauen mädchenhafte Comicfiguren den Fußgängern in Akihabara beim Schlendern zu. Der Stadtteil von Tokio hat sich zu einem Hotspot für Fans von Anime und Manga entwickelt: Dutzende Geschäfte und Cafés haben sich auf die lebhaften Comics, Animationen und Heldenfiguren spezialisiert. Unter Manga versteht man im Westen einen Oberbegriff für den typisch japanischen Comicstil, in Japan selbst beschreibt Manga meist Comics im Allgemeinen. Typischerweise werden sie in Schwarz-Weiß gezeichnet. Für den Druck in hoher Auflösung und Schärfe liefert Evonik hochwertige Additive.

■ Geschminkte Gesichter, kunstvolle Kostüme, übertriebene Mimik und Gestik: Wer eine Kabuki-Vorstellung besucht, bekommt eine opulente Show geboten. Kabuki ist eine traditionelle Theaterform, deren Wurzeln bis ins 17. Jahrhundert zurückreichen. Seit 2005 zählt sie zum Unesco-Weltkulturerbe. Das Make-up der Schauspieler (Kumadori) spielt eine tragende Rolle: Die Farben und Linien geben Informationen über Geschlecht, Stellung und Persönlichkeit einer Figur. Für dekorative Kosmetik liefert Evonik Spezialkieselsäuren. Diese verbessern nicht nur die Struktur und Stabilität von Kosmetika, sondern ersetzen auch Mikroplastik.







Anders als häufig angenommen ist Sashimi kein Sushi, sondern ein eigenständiges Gericht. Es besteht aus fein geschnittenen Fischfilets, die mit Sojasoße, Wasabi und kleinen dekorativen Beilagen serviert werden. Im Unterschied zu Sushi wird es nicht mit Reis gegessen. Für gutes Sashimi ist eine hohe Qualität des Fisches unerlässlich. Um die begrenzten Wildfischressourcen zu schonen, hat Evonik eine nachhaltige Technologie entwickelt, die tierische Inhaltsstoffe im Fischfutter ersetzt: Das Gemeinschaftsunternehmen Veramaris produziert Omega-3-Fettsäuren mit natürlichen Meeresalgen anstelle von Fischöl oder Fischmehl.



Der Begriff „Dekatora“ ist eine verkürzte Form von „dekoreshon torakku“, was „geschmückter Lkw“ bedeutet. Von der Fahrerkabine bis zum Aufbau werden in Japan Lastwagen mit Stoffen, Malereien, Neonlichtern und ungewöhnlichen Anbauten herausgeputzt. Ihren Höhepunkt erlebte die Dekatora-Kultur in den Achtziger- und Neunzigerjahren, heute sind nur noch wenige auf den Straßen Japans unterwegs – unter anderem aufgrund strenger Vorschriften bezüglich der Dekoration. Auf öffentlichen Veranstaltungen, meist für wohltätige Zwecke, lädt die Dekatora jedoch immer wieder zum Bestaunen ihrer fahrbaren Kunstwerke ein. Für Pkw sorgt Evonik mit „Grünen Reifen“ dafür, Kraftstoff einzusparen und – dank kürzerer Bremswege – die Sicherheit zu erhöhen. Seit Kurzem kann die Kombination von Ultrasil-Silica und speziellen Gummsilanen auch bei der Herstellung von Lkw-Reifen eingesetzt werden.

Wada san und sein Truck „Uta Maru“ in der japanischen Präfektur Aichi: Das Foto ist Teil des langfristigen Dokumentationsprojekts „Dekatora“ von Julie Glassberg. Die Fotografin begann 2015, die Dekatora-Kultur zu dokumentieren, als sie ein Jahr in Japan lebte. In den Jahren 2019 und 2023 kehrte Glassberg nach Japan zurück, um mit dem Herausgeber Patrick Frey ein Buch zusammenzustellen.



Über 627 Meter verbindet die rote Wakato-Brücke die Bezirke Wakamatsu und Tobata auf Kyushu, der drittgrößten Insel Japans. Besucher baden hier gern in heißen Quellen, besteigen Vulkane oder essen die berühmten Tonkotsu-Ramen. In Fachkreisen kennt man Kyushu auch als „Silicon Island“: Insbesondere die Präfektur Kumamoto ist ein bedeutender Standort für die Halbleiterproduktion in Japan und soll durch neue Investitionen die Branche wieder aufleben lassen. Kyushus reiche Wasserressourcen sind dabei für die Herstellung von Halbleitern von großem Vorteil. Evonik stellt kolloidale Kieselsäuren als Schleifmittel für Siliziumwafer her – ein wichtiger Schritt für die Produktion von Mikrochips.





### MITTEN IM GESCHEHEN

Der Großraum Tokio ist mit über 37 Millionen Einwohnern die größte Agglomeration der Welt und bildet das wirtschaftliche, politische und kulturelle Zentrum Japans. Seit 1969 ist Evonik hier präsent. Der Hauptsitz befindet sich im Bezirk Shinjuku, der als Vergnügungs- und Einkaufsviertel bekannt ist. Acht weitere Standorte sind um die Metropolregion und weiter südlich auf der Insel verteilt.



#### Evonik-Standorte

- 1 Tokio, Shinjuku-ku
- 2 Ibaraki, Inashiki-Gun
- 3 Kanagawa, Kawasaki-shi
- 4 Kanagawa, Isehara-shi
- 5 Aichi, Nagoya-shi
- 6 Mie, Yokkaichi-shi
- 7 Kyoto, Kyoto-shi
- 8 Hyogo, Himeji-shi
- 9 Hyogo, Ako-shi

An

9

Standorten arbeiten

468

Mitarbeiter.

# SPRITZEN- PRODUKT



Blätter sind normalerweise wasserabweisend, damit Regen und Tau abperlen. Adjuvanzen führen dazu, dass sich Wassertropfen dem Blatt anschmiegen (r.).



In vielen Regionen der Welt werden Pflanzenschutzmittel künftig per Drohne ausgebracht. Die neue Technik stellt besondere Anforderungen an die Spritzmischung. Evonik hat eine Formulierung gefunden, die das unerwünschte Verdriften verhindert und die Wirkstoffe möglichst gut auf dem Blatt verteilt.

TEXT **TIM SCHRÖDER**

**F**ransenflügler sind gerade mal einen Millimeter lang. Doch Landwirte fürchten die Winzlinge, weil diese große Schäden anrichten können – vor allem in subtropischen und tropischen Regionen. Die Insekten mit den charakteristischen Haarfransen an den Flügelrändern fressen Blätter und Blüten vieler Nutzpflanzen an, zum Beispiel Baumwolle, Tomate oder Tee. Außerdem übertragen sie Viren, die den Pflanzen den Garaus machen. Damit gehören Fransenflügler zu den gefährlichsten Pflanzenschädlingen – unter anderem in Indien, wo nach Angaben der dortigen Tea Research Association jährlich rund 150.000 Tonnen Tee durch Befall mit Fransenflüglern und deren Raupen verloren gehen. Das sind rund 15 Prozent der gesamten Ernte.

Um Pflanzenschädlinge in Schach zu halten, setzen Landwirte schon seit Jahrzehnten auf Spritzmittel. In Industrienationen werden diese üblicherweise mit Traktoren versprüht, in Entwicklungs- und Schwellenländern oftmals auch von Arbeitern, die die Spritzmischung in

Tanks auf dem Rücken tragen. Über indische Äcker und Felder aber werden künftig sehr wahrscheinlich häufiger Drohnen hinwegbrummen. Im Tiefflug werden sie Pflanzenschutzmittel versprühen, um Schadinsekten und Krankheitserreger zu bekämpfen.

#### MIT 100 KILOGRAMM ÜBER DEN ACKER

Als eines der ersten Länder weltweit hat Indien grünes Licht für den Einsatz von Drohnen im Ackerbau gegeben. In einer Standard Operating Procedure gibt das Landwirtschaftsministerium vor, wie die Fluggeräte eingesetzt werden sollen. Auch in anderen Ländern wie China oder Brasilien sind Drohnen inzwischen ein großes Thema in der Landwirtschaft. Die erforderliche Technik gibt es bereits. In den vergangenen Jahren sind vor allem in China, aber auch in Deutschland und den USA Modelle auf den Markt gekommen, die ein Gewicht von 100 Kilogramm und mehr tragen können. Einer aktuellen Branchenstudie zufolge könnte der Markt für Agrardrohnen bis 2028 auf ein jährliches Volumen von mehr als neun Milliarden US-\$ wachsen – dreieinhalb mal so viel wie 2022.

Der Einsatz von Drohnen erfordert, dass die Hersteller von Agrarchemikalien ihre Produkte der neuen Technik anpassen. Werden Pflanzenschutzmittel im Flug →

Viel hilft viel? Beim Pflanzenschutz gilt das Gegenteil. Moderne Adjuvanzen erlauben einen äußerst sparsamen Einsatz von Spritzmitteln.



Mit einer Kamera wird im Labor untersucht, wie Tropfen auf einer Folie landen und sich darauf verhalten. Idealerweise bleiben sie haften und breiten sich aus.

versprüht, können die Tropfen vom Wind weiter fortgeweht („verdriftet“) werden als bei Traktoren oder Handspritzern. Um das zu verhindern, sind chemische Zusätze nötig. Bei der Entwicklung dieser Spezialchemikalien ist Evonik vorn mit dabei. „Dieses Thema passt sehr gut in unser strategisches Innovationsportfolio und treibt die Entwicklung unseres Produktportfolios im Agrarbereich voran“, sagt Dr. Nina Hoppe, die die Forschungs- und Entwicklungsabteilung für die Business Line Interface & Performance bei Evonik in Essen leitet.

Die Vorteile der Sprüheinsätze aus der Luft liegen auf der Hand. Drohnen bearbeiten Äcker bis zu siebenmal so schnell wie Traktoren und lassen sich auch bei aufgeweichten Böden und in steilem und unwegsamem Gelände einsetzen. Zudem kann man sie mit Kameras ausstatten und so erkennen, wo Schädlinge oder Krankheiten zuerst auftreten, um dann ganz gezielt Schutzmittel auszubringen. Darüber hinaus sind Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß der in der Regel elektrisch betriebenen Fluggeräte deutlich geringer als die von Dieseltraktoren.

Bevor der großflächige Einsatz der Drohnen in Indien beginnt, hat das Ministerium mit seiner Richtlinie Landwirte und Drohnenpiloten dazu verpflichtet, ein Verdriften von Pflanzenschutzmitteln zu verhindern. „In vielen

Regionen Indiens sind die Parzellen recht klein. Außerdem werden auf benachbarten Äckern häufig unterschiedliche Pflanzen und Früchte angebaut“, sagt Sachin Vishwakarma, Experte für Angewandte Agrartechnik bei Evonik in der westindischen Stadt Thane.

#### BEKÄMPFUNG VON SCHADINSEKTEN

Vishwakarma gehört zu einem Evonik-Team, das in den vergangenen Jahren daran gearbeitet hat, den Pflanzenschutzmitteln das Verdriften auszutreiben. Dazu werden dem Spritzmittel Substanzen beigemischt, die dazu führen, dass beim Versprühen keine ganz kleinen Tropfen entstehen, die vom Wind fortgetragen werden, anstatt auf der Pflanze zu landen. Mehrere Jahre hat die Entwicklung dieser Zusätze und Hilfsmittel, der sogenannten Adjuvanzen, gedauert. Im vergangenen Winter haben Vishwakarma und seine indischen Kollegen die Mittel erstmals im Freiland getestet. Sein Fazit: „Die Ergebnisse sind überzeugend. Wir sehen auf den Pflanzen weder Verfärbungen noch Verbrennungen oder sonstige Schäden. Schadinsekten wie zum Beispiel Fransenflügler werden hingegen wirkungsvoll bekämpft.“

In chemischer Hinsicht ist die Entwicklung von Adjuvanzen eine hohe Kunst, weil sie beim Versprühen ganz verschiedene Wirkungen entfalten müssen. Erstens sol-

len die Tropfen, die aus der Spritzdüse freigesetzt werden, schnell zu Boden fallen, damit der Wind sie nicht fortträgt. Zweitens sollen sie auf dem Blatt haften und nicht abperlen wie Regen – denn dann ginge die Schutzwirkung verloren. Drittens sollen die Tropfen die Blätter so gut wie möglich benetzen, damit der Wirkstoff über eine große Fläche in das Blatt eindringen kann. Das Spritzmittel darf also nicht in Form kugeliger Tropfen auf dem Blatt liegen bleiben. Vielmehr sollen sich die Tropfen dem Blatt anschmiegen und darauf ausbreiten. Um alle diese Funktionen zu erfüllen, braucht es gleich mehrere Inhaltsstoffe mit genau aufeinander abgestimmten Eigenschaften, die das Team zum Adjuvans zusammengefügt hat.

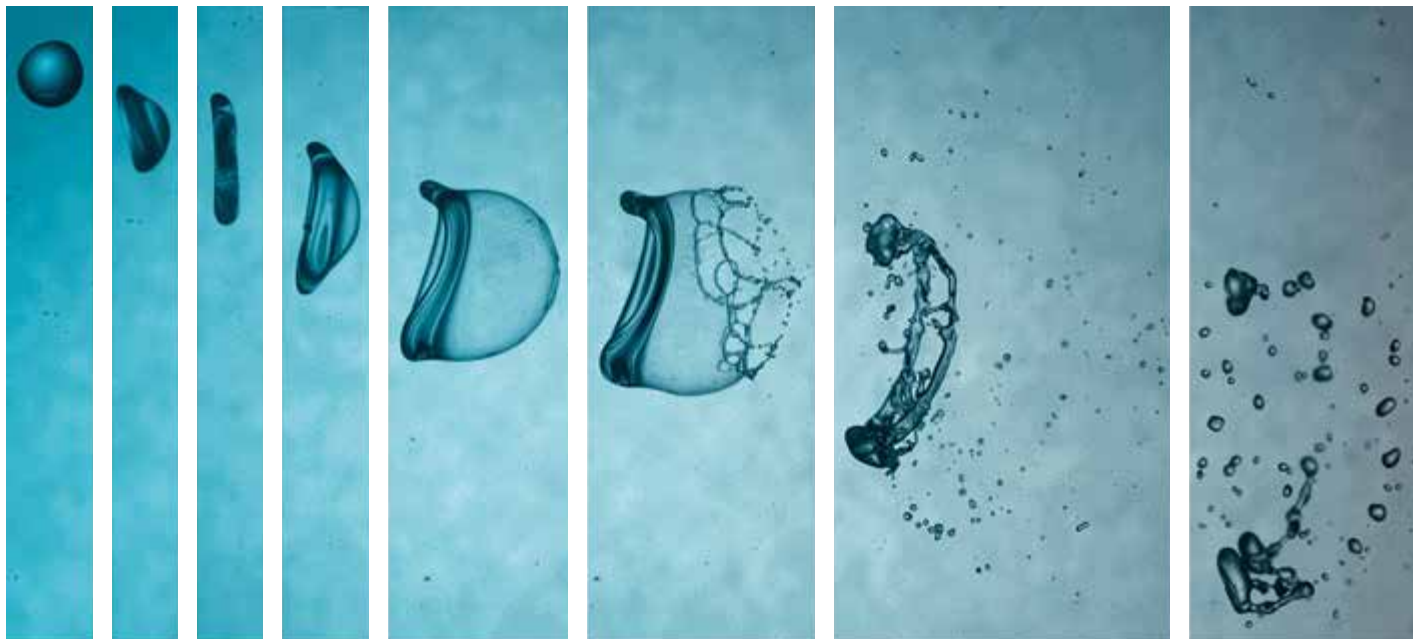
Zu diesem Zweck hat das Evonik-Team das Adjuvans Break-thru MSO Max 522 entwickelt. Eine wichtige Zutat sind Trisiloxane, Verbindungen aus Silizium, Sauerstoff und Kohlenstoff, die Evonik schon seit vielen Jahren herstellt. Sie werden in der Industrie vielseitig genutzt – beispielsweise bei Polyurethanschäumen oder Lacken und Farben und vielen technischen Anwendungen. →

Der Physikochemiker Joachim Venzmer hat die physikalischen Grundlagen der Tröpfchenbildung genau untersucht, um das Verdriften von Spritzmitteln zu verhindern.

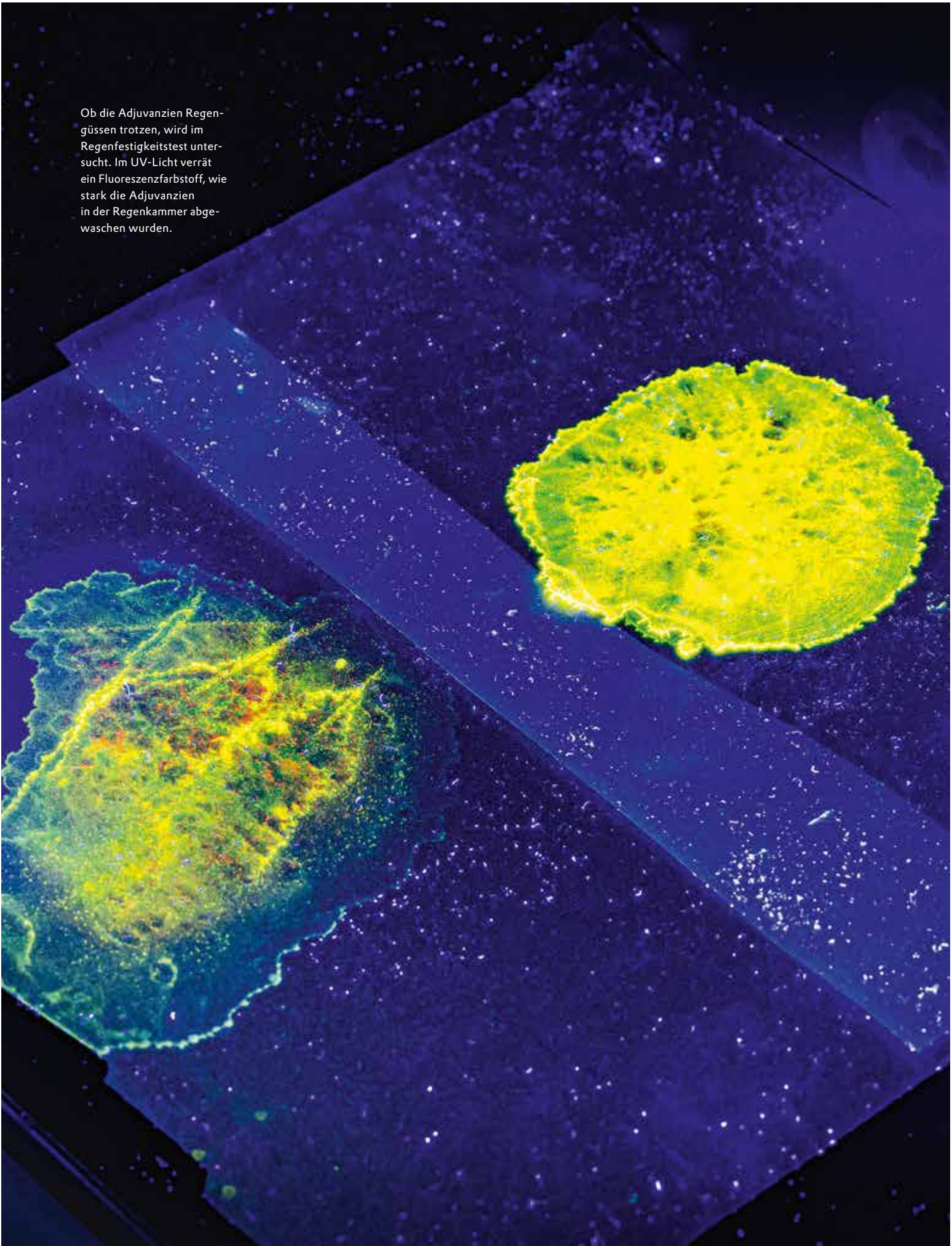


## WASSERTROPFEN VERSTEHEN

Im Windkanal lässt sich beobachten, wie Wassertropfen aus einer Spritzdüse austreten. Sie beulen sich zunächst zu einer Tasche aus, bis sie schließlich reißen und viele kleine Sprühtröpfchen bilden. Je früher die Tasche reißt, desto größer und schwerer sind die Tröpfchen – und desto weniger weit verteilen sie sich in der Umgebung.



Ob die Adjuvanzien Regen-  
güssen trotzen, wird im  
Regenfestigkeitstest unter-  
sucht. Im UV-Licht verrät  
ein Fluoreszenzfarbstoff, wie  
stark die Adjuvanzien  
in der Regenkammer abge-  
waschen wurden.







## »In Indien werden die Adjuvanzen ein Blockbuster.«

SACHIN VISHWAKARMA, EXPERTE FÜR ANGEWANDTE AGRARTECHNIK BEI EVONIK

Beim Einsatz auf dem Feld soll das Adjuvans das Spritzmittel möglichst präzise ans Ziel bringen. „Verdriften geschieht auch beim Einsatz von Traktoren“, sagt Dr. Joachim Venzmer, Experte für Grenzflächentechnologien bei Evonik in Essen. „Bei Drohnen aber verstärkt sich das Problem.“ Um den Effekt zu verringern, kann die Spritzmischung mit pflanzlichen Verdickungsmitteln versetzt werden, meist mit dem aus der Guarbohne gewonnenen Guar gummi. So entstehen beim Versprühen nur große Tropfen, die direkt zu Boden beziehungsweise auf die Pflanze fallen. Der Nachteil: Die verdickte Flüssigkeit lässt sich nicht mehr gut versprühen. Der Sprühkegel wird enger und benetzt entsprechend nur noch einen schmalen Ackerstreifen. Für den Drohneinsatz wäre eine Guar gummi-Lösung völlig ungeeignet. Das Gerät müsste sehr viele Male über einen Acker fliegen, um ihn komplett zu besprühen. Venzmer ist das Driftproblem daher anders angegangen: Er hat in die physikalische Trickkiste gegriffen.

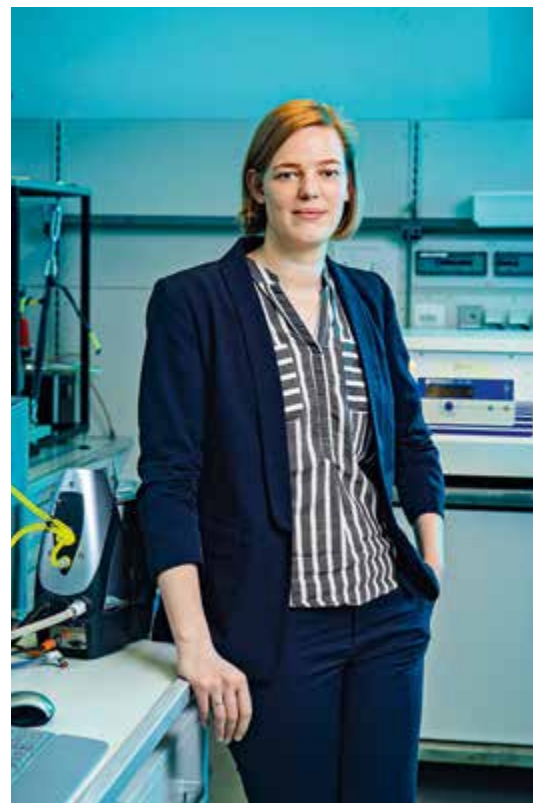
### VON DER TASCHKE ZUM TROPFEN

„Als Chemiker haben wir die Physik des Sprühens und Zerstäubens zunächst überhaupt nicht verstanden“, erzählt er. Der Lösung kam er näher, als ein Doktorand der Technischen Universität Darmstadt vor einigen Jahren die Zerstäubung von Kerosin in einer Düse näher untersuchte. Der Forscher wollte die Frage beantworten, wie und wann ein Flüssigkeitsfilm reißt und sich in feine Tröpfchen zerteilt. „Ich stolperte eher zufällig über diesen Doktoranden“, sagt Venzmer. Das erwies sich als Volltreffer. Joachim Venzmer bat ihn, mit dem Versuchsaufbau, einem kleinen Windkanal mit einer Hochgeschwindigkeitskamera, zu untersuchen, wie ein Wasserfilm an einer Düse reißt. In einem Modellexperiment zeigte sich, dass sich ein Tropfen im Luftstrom zunächst zu einer Tasche ausbeult, ehe er reißt. Reißt er früh, ist das gut, denn dann entstehen größere Tropfen. Dehnt sich die Tasche hingegen sehr weit aus, bevor sie reißt, entstehen feine Sprühnebel-Tröpfchen, die der Wind leicht fortträgt.

Damit war das Ziel klar: Es galt, das Aufreißen des Wasserfilms nach dem Austritt aus einer Düse so zu steuern, dass erstens die Tropfenbildung nicht behindert wird und zweitens dennoch keine zu kleinen Tropfen entstehen. Die Tasche durfte also nicht zu spät reißen. Erfreulicherweise erledigte eines der Trisiloxane diese Aufgabe bereits ziemlich gut. Doch für die Drohnen reichte es noch nicht. Das Team musste weiter an der richtigen Mischung der Zutaten arbeiten.

„Bei der Entwicklung des Adjuvans hat uns das bessere Verständnis der Physik der Tröpfchenbildung den entscheidenden Schritt vorangebracht“, sagt Dr. Annika Dietrich, Chemikerin in der Einheit für Angewandte Agrartechnologien von Evonik. Die Herausforderung bestehe letztlich darin, dass ein Spritzmittel viele verschiedene Funktionen erfüllen müsse: von der Tropfenbildung bis zum sogenannten Spreiten – dem Ausbreiten auf dem Blatt. „Bei der Formulierung suchen wir daher stets nach Zutaten, die im Idealfall mehrere →

Annika Dietrich hat eine Formulierung gefunden, die bewirkt, dass die Spritzmischung präzise auf den Blättern landet und dort gut aufgenommen wird.





Forschung in der Kiste: Laborant Volker Klotzbach bereitet eine Box vor, um darin mit Adjuvanzien beschichtete Plastikfolien zu beregnen.



Funktionen erfüllen.“ Mit dem Pflanzenöl in Break-thru MSO Max 522 haben Dietrich und ihr Chef René Hänsel eine solche Multifunktionssubstanz gefunden: Das Öl lässt nicht nur den Sprühfilm früher reißen, sodass ausreichend große Tropfen entstehen – es bewirkt auch, dass die Blätter den Wirkstoff sehr gut aufnehmen. Und noch etwas kommt hinzu: Das Öl bildet einen besonders wasserfesten Film, wenn es getrocknet ist. So haftet der Wirkstoff für viele Tage fest auf dem Blatt und wird vom Regen kaum abgewaschen.

#### TROPFT ES NOCH, ODER REGNET ES SCHON?

Um diesen Effekt zu optimieren, führen die Forschungsteams in Essen und Marl zahlreiche „Regenfestigkeitstests“ durch – in simplen Kunststoffkisten aus dem Möbelhaus. Dazu wird das Adjuvans auf Folien aufgetragen, deren wasserabweisende Eigenschaften denen der Blattoberfläche ähneln. Um festzustellen, wie gut verschiedene Adjuvans-Formulierungen haften, wird ihnen ein Farbstoff beigemischt, der unter UV-Licht fluoresziert. Für den Test wird die Folie beregnet, getrocknet und anschließend unter die UV-Lampe gelegt. Je nachdem, wie viel Adjuvans – und damit auch Farbstoff – abgewaschen wurde, fluoresziert die Stelle, auf welche die Probe aufgetragen wurde, stärker oder schwächer.

Das Team hat bereits viele Varianten entwickelt, berichtet Nina Hoppe, die das Projekt koordiniert und leitet: „Wir sehen bei unseren Kunden zum Beispiel ein zunehmendes

Interesse an biologisch abbaubaren Adjuvanzien aus nachwachsenden Rohstoffen. Daher haben wir eine Formulierung entwickelt, die ohne Trisiloxan auskommt.“

Stattdessen kommt ein sogenannter Polyglycerol-ester zum Einsatz, eine Substanz aus pflanzlichen Rohstoffen, die auch ein wichtiger Bestandteil von Kosmetika ist. Sie hat gute Antidrift-Eigenschaften, spreitet sehr gut auf dem Blatt und ist außerdem regenfest. Unter dem Namen Break-thru SP133 wurde das Adjuvans jetzt auf den Markt gebracht. „Für unsere Kunden haben wir die Regularien in den verschiedenen Agrarmärkten weltweit im Blick, damit das Produkt alle Vorgaben erfüllt“, sagt Hoppe. Um ein Verdriften des Spritzmittels zu vermeiden, schreiben viele Länder beispielsweise vor, dass Tropfen einen Durchmesser von mindestens 135 Mikrometern haben müssen. Die neuen Adjuvanzien erreichen diesen Wert spielend.

#### EINSATZ VON CHINA BIS BRASILIEN

Der Markt könnte sich in den kommenden Jahren rasch entwickeln. „Aktuell sehen wir vor allem in Indien, China und anderen südostasiatischen Staaten ein starkes Inter-

Hightech über dem Acker:  
In Indien will man  
Agrardrohnen künftig nicht  
nur zur Überwachung  
und Analyse einsetzen,  
sondern verstärkt auch  
zum Ausbringen von  
Pflanzenschutzmitteln.



esse an Drohnen“, sagt Diego Abreu, Marketingleiter für das Agrarsegment von Evonik im Geschäftsgebiet Interface & Performance. Drohnen, die mithilfe der neuen Adjuvanzen punktgenau treffen, seien ein Schlüssel zum sogenannten Precision Farming, dem Präzisionsackerbau der Zukunft.

„Die Geschäftsmodelle, über die die Drohnen zum Einsatz kommen, können dabei ganz verschieden sein“, sagt Abreu. Gerade in weniger entwickelten Ländern werden sich nicht viele Landwirte ein Fluggerät leisten können, das leicht mehrere Zehntausend € kostet. „In China etwa wird das Sprühen per Drohne vor allem vom Agrarhandel angeboten, der die Pflanzenschutzmittel vertreibt.“

Der Evonik-Experte erwartet, dass sich bald auch in Brasilien und Lateinamerika bedeutende Drohnenmärkte entwickeln werden. In Europa hingegen werden in den kommenden Jahren wahrscheinlich weiterhin Traktoren eingesetzt werden, da die Behörden bei der Zulassung neuer Technologien zur Ausbringung von Pestiziden aus der Luft eher zögerlich sind.

Für die Flugapparate spricht unter anderem, dass sie den Wasserverbrauch deutlich senken. Vor allem in trockenen Regionen ist das ein großer Vorteil. Drohnen können nicht so viel Wasser wie ein Traktor transportieren. Daher müssen in Drohnen spezielle Formulierungen verwendet werden, bei denen 10 bis 40 Liter Wasser bereits ausreichen, um die gleiche Menge Pestizid pro Hektar

aufzubringen wie 200 bis 1.000 Liter Wasser bei konventionellen Spritzmitteln. Neben neuen Formulierungstechnologien werden dafür vor allem die neuen Adjuvanzen benötigt – die unter anderem für die exzellente Benetzung der Blätter und das Spreiten sorgen.

Wie der erste Feldtest in Indien gezeigt hat, kommen die Pflanzen mit der hohen Wirkstoffkonzentration und den beigemischten Adjuvanzen bestens zurecht. Für die kommenden Monate stehen weitere Versuche an. Sachin Vishwakarma wird zusammen mit seinem Team die Drohne bei weiteren Nutzpflanzen testen, um die Mischung des Spritzmittels, der Adjuvanzen und Wirkstoffe perfekt einzustellen. Die offizielle Markteinführung für den Drohneneinsatz ist für 2025 geplant. Angesichts der Vorteile, die die Technik bietet, ist sich Vishwakarma schon jetzt sicher: „Die Adjuvanzen werden hier ein Blockbuster.“

**Tim Schröder** arbeitet  
als Wissenschaftsjournalist  
in Oldenburg.





# VOM STAMME NIMM

Nickelbäume können große Mengen des Schwermetalls anreichern. Dabei färbt sich der sogenannte Milchsaft blaugrün.

Viele wertvolle Rohstoffe lassen sich dem Boden nicht mit traditionellen Methoden entringen. Pflanzen könnten dabei helfen, Metalle und seltene Erden auf neue Art zu fördern. Das Zeitalter des Agrominings bricht an.

TEXT **BJÖRN THEIS**

Im März 2024 kündigte die Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E), eine Initiative der amerikanischen Energiebehörde, ein Förderprogramm in Höhe von zehn Millionen US-Dollar an. Ziel ist die Erforschung von Pflanzen zur Gewinnung kritischer Materialien aus dem Boden. Das Programm soll die heimischen Versorgungsketten stärken, Amerikas wirtschaftliche und nationale Sicherheit verbessern und die wachsende Nachfrage nach diesen Materialien decken. Zunächst wird die pflanzliche Förderung von Nickel erprobt – ein wichtiger Rohstoff für die Produktion zahlreicher Industrie-, Medizin- und Konsumgüter wie Akkus, Implantate oder Glas.

#### PFLANZLICHE BERGARBEITER

Die Idee, Pflanzen zum Abbau von Metallen und seltenen Erden einzusetzen, stammt aus den Neunzigerjahren. Der englische Professor für Botanik Alan Baker und der amerikanische Agrarwissenschaftler Rufus Chaney entdeckten damals Pflanzen, die in hochgradig mit Schwermetallen belasteter Erde prächtig gediehen. Sie fanden heraus, dass sogenannte Hyperakkumulatoren Metalle und seltene Erden aus dem Boden aufnehmen und in hohen Konzentrationen speichern können. Ein Beispiel sind die sogenannten Nickelbäume, die vor allem in Borneo und Neukaledonien vorkommen. Ihr Baumharz und Zellsaft enthalten – in getrocknetem Zustand – bis zu 25 Prozent Nickel.

Die als Agro- oder Phytomining bezeichnete Technologie kam jedoch nie zum Einsatz. Die Investmentfirma Viridian Environ-

mental, die Bakers und Chaney's Forschungen finanzierte und die Patente hielt, untersagte aus unbekanntem Gründen die industrielle Nutzung der Hyperakkumulatoren.

Mit dem Auslaufen der Patente 2015, steigenden Rohstoffpreisen und zunehmenden geopolitischen Unruhen stieg jedoch das Interesse an dieser Art der Rohstoffproduktion. Das EU-Projekt „Life-Agromine“, an dem auch die Ruhr-Universität Bochum beteiligt war, evaluierte von 2016 bis 2021 den Einsatz von Phytomining für die Nickelgewinnung. Im Pilotmaßstab erwies sich das Verfahren als wirtschaftlich: Pro Hektar Land ließen sich bis zu 300 Kilogramm Nickel pro Jahr ernten. Bei den damaligen Rohstoffpreisen war der Gewinn daraus mehr als doppelt so hoch wie bei einer Bepflanzung mit Mais. Das Verfahren ist bereits bei einer Nickelkonzentration von 0,1 Prozent im Boden wirtschaftlich, während der traditionelle Abbau mindestens das Zehnfache benötigt.

#### SANIERUNG VON BÖDEN

Hyperakkumulatoren können auch kontaminierte Böden sanieren. In Deutschland sind rund 20 Prozent der Böden stark mit Schwermetallen wie Blei und Kadmium belastet. Mit den richtigen Pflanzen könnten diese gereinigt und wieder nutzbar gemacht werden.

Noch hat man nicht für alle Metalle die optimalen Hyperakkumulatoren gefunden, doch die Forschenden sind überzeugt, dass sich mithilfe von Agromining mehrere Ziele gleichzeitig erfüllen lassen: Es kann zur nachhaltigen und zirkulären Förderung kritischer Rohstoffe beitragen, die Ressourcenabhängigkeit von anderen Ländern minimieren und die Preisvolatilität von Metallen und seltenen Erden reduzieren. Zudem können kontaminierte Böden kostengünstig und umweltfreundlich gesäubert werden.

Das Foresight-Team verfolgt das Thema Agromining schon lange und ist überzeugt davon, dass die Technologie einen wichtigen Beitrag für die Rohstoffgewinnung der Zukunft leisten kann. Mit den passenden Zusatzstoffen für den Dünger der Hyperakkumulatoren und der richtigen Bodenvorbereitung ließe sich die Aufnahmekapazität der Pflanzen und die Bioverfügbarkeit von Metallen im Boden weiter steigern.“

**Björn Theis** leitet die Abteilung Foresight der Evonik-Innovations-einheit Creavis.



# »Blei hat das Büchermachen revolutioniert«

PROTOKOLL KAROLINA FÖST  
FOTOGRAFIE THOMAS PIROT

**Christoph Sünder** ist Druckermeister. Er leitet die Werkstatt im Druckladen, der museumspädagogischen Vermittlungsabteilung des Gutenberg-Museums in Mainz, und druckt regelmäßig mit alten Lettern aus einer Bleilegierung.

Im Gutenberg-Museum in Mainz besitzen wir mehr als 100 Schränke, voll mit alten Bleiletern von Hunderten unterschiedlichen Schriften. Wir haben sie aufgekauft oder geschenkt bekommen von Druckereien, die ihren Betrieb aufgegeben haben. Damit stellen wir Unikate her, Urkunden, Texte und Karten zu besonderen Anlässen. Handpressendruck ist heutzutage Kunst.

Johannes Gutenberg wollte kein Kunstwerk schaffen, auch wenn wir die Gutenberg-Bibel als solches ansehen. Der Mainzer wollte Schriftstücke vervielfältigen, schneller und flexibler als damals üblich. Bevor er um 1450 den Buchdruck mit beweglichen Buchstaben aus Blei erfand, wurden Bücher abgeschrieben oder aufwendig per Holzschnitt gedruckt. Meist waren die Buchschreiber Mönche, sie benötigten circa zwei Jahre für ein Bibelexemplar. Dank Gutenberg ging das fortan viel schneller und günstiger. Blei hat das Büchermachen revolutioniert und im Lauf der Zeit Bildung für alle ermöglicht.

Warum Gutenberg Blei wählte, können wir nur vermuten. Aus seiner Zeit gibt es keine Originallettern, es ist auch nichts schriftlich überliefert. Wahrscheinlich gab den Ausschlag, dass sich Blei gut verarbeiten lässt. Das Schwermetall ist leicht verformbar und hat einen relativ niedrigen Schmelzpunkt bei etwa 300 Grad Celsius. Man kann es also über Feuer schmelzen.

Wenn ich als Drucker von Blei spreche, meine ich eine Legierung aus Blei, Zinn und Antimon. Das Gemisch ist für den Druck gut geeignet: Es erkaltet schnell und ist trotzdem stabil. Die Lettern dürfen schließlich weder Lufteinschlüsse haben noch nach dem Auskühlen ihre Form verändern.

Für die Herstellung der Handlettern wurde das flüssige Metall in eine Hohlform gegossen, die einzelnen Buchstaben und Satzzeichen wurden – spiegelverkehrt und auf dem Kopf stehend – auf sogenannten Satzschiffen zu Wörtern, Sätzen und ganzen Texten zusammengefügt. So entstand eine beliebig reproduzierbare Druckvorlage. Sie wurde in die Druckerpresse eingespannt, eingefärbt und auf Papierbogen gedruckt. Ein Verfahren, das für mehr als 500 Jahre Bestand haben sollte. —

# Impressum

---

**HERAUSGEBER** Evonik Industries AG | Matthias Ruch | Rellinghauser Straße 1–11 | 45128 Essen | **BERATUNG UND KONZEPT** Manfred Bissinger | **CHEFREDAKTION** Jörg Wagner (V. i. S. d. P.) | **CHEF VOM DIENST** Inga Borg, Bernd Kaltwaßer | **TEXTCHEF** Christian Baulig | **REDAKTION** Pauline Brenke | **BILDREDAKTION** Nadine Berger | **LAYOUT** Wiebke Schwarz (Art Direction), Pearl Elephant (Grafik) | **ANSCHRIFT DER REDAKTION** KNSK Group | Holstenwall 6 | 20355 Hamburg | **DRUCK** Linsen Druckcenter GmbH, Kleve | **COPYRIGHT** © 2024 by Evonik Industries AG, Essen. Nachdruck nur mit Genehmigung der Agentur. Der Inhalt gibt nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers wieder. Fragen zum Magazin ELEMENTS: Telefon +49 201 177-3315 | E-Mail [elements@evonik.com](mailto:elements@evonik.com) | **BILDNACHWEISE** Titelillustration: Tobias Wüstefeld/Die Illustratoren | S. 3: Kirsten Neumann/Evonik Industries AG | S. 4–5: Enno Kaptiza, m.malinika – stock.adobe.com, Robert Eikelpoth | S. 6–7: Getty Images | S. 8–9: Artur – stock.adobe.com, privat, Chengyue Li; Illustration: KNSK Group GmbH | S. 10–17: Illustration: Tobias Wüstefeld/Die Illustratoren; Fotos: Enno Kapitza (5), Robert Eikelpoth (6); Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Stefan Eisenburger | S. 18–19: Infografik: Max Nertinger | S. 20–25: Thomas Bauer/AD Photography (2), Gene Glover (3) | S. 26–33: Illustration: Tobias Wüstefeld/Die Illustratoren; Fotos: Robert Eikelpoth; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann; Infografiken: Maximilian Nertinger | S. 34–43 Bisual Studio/stocksy.com, Getty Images (2), ddp/CAMERA PRESS/Tristan Gregory, Getty Images, Julie Glassberg/Redux/laif, Getty Images | S. 44–52: Illustration: Tobias Wüstefeld/Die Illustratoren; Fotos: Evonik Industries AG (2), privat, m.malinika – stock.adobe.com, Henning Ross (7); Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Foto- und Bilderwerk | S. 52–53: Antony van der Ent, Wageningen University, Netherlands & The University of Queensland, Australia; Illustration: Oriana Fenwicke/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann | S. 54: Thomas Pirot

[elements.evonik.de](https://elements.evonik.de)

# » Ich weiß von keinem Streben, mit dem ...

... einem Land reellere und wichtigere Dienste geleistet werden können als durch die Verbesserung seiner Landwirtschaft“, schrieb George Washington 1797 an John Sinclair, den Vorsitzenden der britischen Landwirtschaftsrates. Dem ersten Präsidenten der Vereinigten Staaten ging es um die Versorgung der jungen Nation.

Für eine ausreichende und gesunde Ernährung braucht es eine effizientere Tierhaltung und wirkungsvollere Anbaumethoden. Digitalisierung in der Landwirtschaft fördert einen immer präziseren Ressourceneinsatz und schont die Natur. ELEMENTS zeigt, wie moderne Analytik und Formulierungen dabei helfen, die Welternährung zu sichern und Arbeitsbedingungen zu verbessern, ohne dabei die Nachhaltigkeit zu vernachlässigen.