



Immer auf die Kleinen

Wie sich Pilze und Pflanzen
gegenseitig helfen

Phagen – eine Alternative
zu Antibiotika?

Eine Ostseeinsel mit
Hochsicherheitslabor

Liebe Leserinnen und Leser,

was dabei herauskommt, wenn eine Prinzessin einen Frosch küsst, ist bekannt. Wenn man Glück hat immerhin ein Prinz. Was bei einem küssenden Makifrosch wie auf dem Titel passiert, weiß man nicht so genau. Aber nicht nur bei Fröschen ist beim Küssen einiges los: Wie Forscher des Amsterdam Institute for Molecules, Medicines and Systems herausfanden, tauschen Menschen dabei schon mal bis zu 80 Millionen Bakterien aus.

Die Mundflora ist allerdings nur ein kleiner Teil des gesamten menschlichen Mikrobioms. Was sich sonst noch so an Kleinem und Kleinstem auf uns und unserer Umgebung tummelt, erfahren Sie in der neuen Ausgabe der **forschungsfelder**. Bakterien und Viren kennen alle. Aber Phagen? Und wussten Sie, dass man Pilze auch nutzen kann, um Pflanzen stärker zu machen? In dieser Ausgabe haben wir genau hingeschaut – und zeigen Ihnen eine Welt, für die man normalerweise mindestens eine Lupe braucht. Viel Spaß beim Lesen!

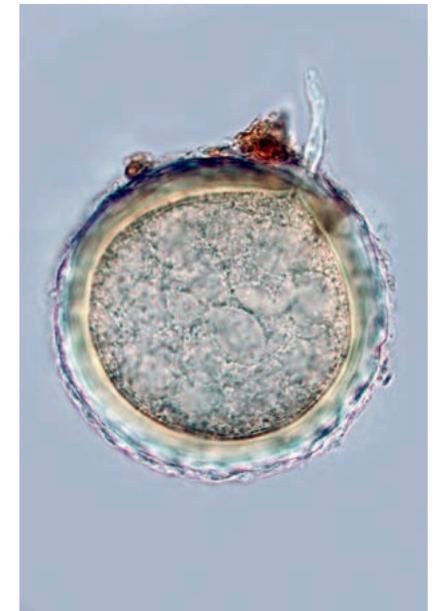
Ihr Redaktionsteam



Foto: Bakterien als Kunstwerke: In Petrischalen wachsende Bakterienkulturen ergeben eingefärbt wahre Kunstwerke. Hier: „Yin & Yang“ – The Siblings’ Nancy Connell, Chi Tang, 2017 American Society for Microbiology Agar Art Contest

forschungsfelder

Ausgabe 1 – März 2018



THEMEN

- 6 Warum wir fast Franzosen geworden wären**
Bonaparte und die Bakterien
- 8 Das Alcatraz der Viren**
Auf dem Eiland Riems werden Tierseuchen erforscht
- 12 Pflanzenschutz undercover**
Wie Mikroorganismen für einen gesunden Acker sorgen
- 15 Drei Fragen an ...**
Dr. Horst Neve zu Phagen als Hoffnungsträger
- 18 Ohne Kleine keine Großen**
Viren und Bakterien ins rechte Verhältnis gerückt
- 20 Nein, meine Suppe ess' ich nicht!**
Was Biogasanlagen aus dem Tritt bringt
- 22 Sauer macht gesund**
Mit fermentiertem Gemüse den Hunger in Afrika bekämpfen
- 28 Verborgene Allianzen**
Pilze und Pflanzen – eine fruchtbare Beziehung

RUBRIKEN

- 4 Das besondere Foto**
- 16 Forschungslandschaft**
- 26 Landkarte**
- 27 Schon gewusst?**
- 32 Stichwort**
- 33 Was morgen wichtig wird**
- 34 Die Forschungsfrage**
- 35 Impressum**

forschungsfelder
 » Ausgabe downloaden
 » Weitere Themen und Texte
 » Kostenfreies Abonnement
www.forschungsfelder.de



Das besondere Foto

Tödliche Seuche

Der grüne Kittel auf dem Foto von Daniel Berehulak verrät es: Bei den hier aufgehängten Schürzen handelt es sich nicht um Haushaltswäsche, sondern um sterilisierte Schutzkleidung eines liberianischen Krankenhauses. Zur Hochphase der Ebola-Epidemie 2014 wurden solche Schürzen verwendet, um Hochrisikogebiete zu betreten. Das Virus wird über Körperflüssigkeiten übertragen. Die Schürzen sollen das medizinische Personal schützen. Über 28.000 Menschen erkrankten am Virus, fast 40 Prozent davon starben.

Warum wir fast Franzosen geworden wären

Wäre *Rickettsia prowazekii* nicht gewesen – vielleicht würden wir heute alle Französisch sprechen. Schließlich wurde der Abstieg von Napoleon Bonaparte auch durch diese nach dem Pathologen Howard Taylor Ricketts benannten Mikroorganismen eingeleitet: Im gescheiterten Russlandfeldzug 1812 starben mehr Soldaten an Fleckfieber als in den Kämpfen. Und auch der Kaiser selbst wurde später Opfer eines Bakteriums. Sein tödlicher Magenkrebs war die Folge einer Infektion mit *Helicobacter pylori*.
Überhaupt haben Bakterien die Weltgeschichte maßgeblich beeinflusst. Nehmen wir den amerikanischen Unabhängigkeitskrieg. Bakteriell verursachter Wundbrand sorgte hier für mehr Todesopfer als Kugel und Klinge. Nicht zu vergessen Pest, Cholera, Tuberkulose oder Lepra. Sie rotteten im Mittelalter 30 Prozent der europäischen Bevölkerung aus. Bakterien, mögen sie auch

noch so klein sein, können eine enorme Wirkung besitzen. Auch Viren, also noch eine Nummer kleiner, entfalten gewaltige Kräfte. Man denke nur an Tollwut oder HIV. Mikroorganismen sind wahre Überlebenskünstler: Es gibt Bakterien, die fühlen sich erst in konzentrierter Säure richtig wohl. Andere lieben Salzkonzentrationen, die einen Menschen in wenigen Stunden auflösen. Selbst im Kühlwasser von Kernreaktoren oder im Inneren von Steinen lassen sich Mikroorganismen finden. Vor allem Bakterien müssen für uns Menschen jedoch nicht immer eine Bedrohung sein. Ganz im Gegenteil: Ohne Darmflora keine Verdauung, ohne Hautflora kein Schutz vor krankheitserregenden Keimen. Doch egal ob Viren, Bakterien oder auch Pilze, Experten gehen davon aus, dass die meisten Mikroorganismen noch unentdeckt sind. Damit diese Zahl kleiner und der Anteil gelöster Rätsel größer wird, fördert das Bundesministerium für Ernäh-

rung und Landwirtschaft (BMEL) Projekte, die sich mit der Erforschung dieser Kleinstlebewesen beschäftigen – auch wenn bei Viren bis heute umstritten ist, ob es sich bei ihnen überhaupt um einen lebenden Organismus handelt. So erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Hochsicherheitslaboren auf der Ostseeinsel Riems Infektionskrankheiten wie Schweinepest, Vogelgrippe und Ebola. An anderen Instituten wird daran untersucht, wie Mikroorganismen helfen können, die natürlichen Abwehrkräfte von Pflanzen zu stärken, wie Fermentation für das Haltbarmachen von Lebensmitteln genutzt wird und wie die gesunde Ernährung von Mensch und Tier gewährleistet werden kann.





Das Alcatraz der Viren

Auf der Insel Riems erforschen Wissenschaftler bedrohliche Tierseuchen

Noch einmal kurz die Lungen auf dem schmalen Damm zur Insel Riems mit frischer Ostseeluft füllen. Dann steigt Professor Timm Harder von seinem Fahrrad und taucht nach Einlasskontrollen und Sicherheitsschleusen in die hermetisch abgeriegelte Welt der Virenforschung ein. Sein Arbeitsplatz im Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) liegt auf dem bestgesicherten Laborgelände Europas. Auf der nur 1.300 Meter langen

Die sicherste Insel Deutschlands: Seit über 100 Jahren wird auf Riems geforscht.

und 300 Meter breiten Insel wird mit hochgefährlichen Erregern gearbeitet, die unter keinen Umständen in die Außenwelt gelangen dürfen. Morgens muss Timm Harder beim Betreten des Gebäudes seine Kleidung komplett wechseln. In sein Labor darf er nur mit weiteren Schutzkitteln, Luftfilterhaube und zwei Paar Handschuhen. Die Routine am Abend ist noch aufwendiger: Niemand verlässt ungeduscht ein Labor oder einen der Tierställe, in denen mit hochpathogenen Viren gearbeitet wurde. Dafür sorgen Duschschleusen, in denen das Wasser automatisch startet, sobald sich die Tür schließt. Einseifen und Haarewaschen sind obligatorisch. „Ich dusche an manchen Tagen acht Mal“, erzählt Harders Kollegin Dr. Sandra Blome. Die Wissenschaftlerin ist auf Riems dem Virus der Afrikanischen Schweinepest auf der Spur. Timm Harder erforscht die Erreger der aviären Influenza, auch Vogelgrippe genannt. Da manche dieser Erreger auf den Menschen übertragbar sind, muss der Veterinärmediziner vor dem Gang zu den infizierten Tieren in den FLI-Ställen einen Überdruckvollschutzanzug mit Atemluftfilterung anlegen. Kinogänger kennen so etwas aus Science-Fiction-Filmen, in denen tödliche Viren die Menschheit bedrohen.

Im Kampf gegen Viren ist Zeit entscheidend. „Das Ziel jeder Seuchenbekämpfung ist es, den Ersteintrag eines Erregers möglichst früh zu erkennen und einen Sekundärausbruch zu verhindern“, erklärt Timm Harder. Der große Durchbruch in der Diagnostik der Vogelgrippe gelang der internationalen Forschergemeinschaft 2006. Zuvor, so der Veterinärmediziner, habe es bis zu drei Wochen gedauert, um deren Erreger nachzuweisen. Heute sei dies innerhalb eines Arbeitstages möglich. Grippeviren sind vielköpfige Ungeheuer, geschickt agierend und schwer besiegt.

„Sie weichen Impfmunitäten aus und bilden neue Varianten“, sagt Harder. Ein Virus mit niedrigpathogener Wirkung kann spontan zu einem deutlich gefährlicheren Erreger mutieren. Deshalb, so der Seuchenforscher, sei es wichtig, auch die vermeintlich schwächere Variante auf dem Schirm zu haben.

Die Vogelgrippe etwa: Vermutlich hat sich das Hausgeflügel in Asien zunächst bei Wildvögeln angesteckt. Sie tragen die ungefährlicheren niedrigpathogenen Viren seit Tausenden von Jahren in sich. Erst im Hausgeflügel mutierte der Erreger dann zu der krank machenden Variante und verbreitete sich in Asien. Rückübertragungen auf Wildvögel verliehen dem pathogenen Erreger dann Flügel. So seien sie mit dem Vogelzug auf andere Kontinente gekommen, erklärt Timm Harder. Die Forscherinnen und Forscher haben es mit einer Vielzahl von Varianten des Erregers zu tun. Besonders gefährlich sind Viren der Subtypen H5 und H7, die zur Geflügelpest bei Hühnern, Puten, Enten und Gänsen führen. Einige von ihnen können sporadisch auch vom Geflügel auf den Menschen übergehen. In Asien und Ägypten hat die Vogelgrippe bereits einige Hundert menschliche Todesopfer gefordert. Dort kommt die Bevölkerung auf Märkten häufig mit Lebendgeflügel in Kontakt. In Deutschland trat die für Geflügel und Wildvögel gefährliche Variante H5N8 zum ersten Mal im November 2016 auf. Zwar existieren Impfstoffe gegen die Erreger. In Europa dürfen sie jedoch nicht eingesetzt werden. Der Grund: Das geimpfte Huhn wird zwar vor einem Ausbruch der Krankheit geschützt. Es kann sich dennoch infizieren und das Virus verbreiten. „Die Impfung legt sich wie eine Tarnkappe über die Viren“, sagt Harder. Doch einen unsichtbaren Feind kann man nicht bekämpfen. Der Erreger der Afrikanischen Schweinepest, an dem Sandra Blome forscht, ver-

fügt im Vergleich mit jenen der Geflügelgrippe über zwei Vorteile: Er ist ungefährlich für den Menschen. Zudem wird er von Tieren am Boden übertragen und breitet sich entsprechend langsamer aus. Zwar wird der Erreger in erster Linie über Wildschweine übertragen, er ist aber auch für Hausschweine meist tödlich. Für die deutschen Schweinemastbetriebe, in denen 27 Millionen Hausschweine gezüchtet werden, wäre ein Ausbruch des Virus daher eine Katastrophe. Wenn er im Stall nachgewiesen wird, muss der gesamte Bestand getötet werden. Außerdem würde der Schweinehandel sofort eingeschränkt. Selbst wenn die Afrikanische Schweinepest nur beim Wildschwein auftritt, unterliegen die Hausschweine in den betroffenen Regionen bereits Restriktionen.

Das Wildschwein ist ein wichtiges Reservoir für das Virus, doch eine ebenso große Gefahr bilden unachtsame Menschen. „Viele Landwirte sind auch Jäger. Sie können Blut eines erlegten Wildschweins an den Schuhen in den heimischen Schweinestall einschleppen“, erzählt Sandra Blome. Oder LKW-Fahrer verzehren auf ihrem Weg von Ost- nach Mittel- und Westeuropa mitgebrachte Lebensmittel aus infizierten Tieren. An Rastplätzen entsorgen sie die Reste, über die sich später Wildschweine hermachen.

Forscher vermuten, dass die Afrikanische Schweinepest so oder ähnlich die Barriere Mittelmeer überwunden hat. 2007 traten erste Fälle in Georgien auf, dann schien die Seuche abzuebben. Doch der Erreger hat sich in Osteuropa festgesetzt und erreichte 2014 die EU. Insbesondere die baltischen Staaten sowie Polen und Rumänien melden seit 2014 und dann wieder 2017 Fälle bei Wild- und Hausschweinen.

„Das Virus überlebt Monate unter den widrigsten Umständen, eingefroren bis zu

Jahrzehnten“, erklärt Sandra Blome. Befallene Tiere verenden in 90 Prozent der Fälle innerhalb weniger Tage. Deren Kadaver konservieren den gefährlichen Erreger unter entsprechenden Witterungsbedingungen auf lange Zeit. Daher sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Eindämmung der Seuche auf die Mitarbeit der Jäger angewiesen. Sie sollen den Fund verendeter Wildschweine melden und idealerweise gezielt nach ihnen suchen. Denn wenn die Seuche früh genug entdeckt wird, kann man sie durch die fachgerechte Entsorgung der betroffenen Tiere, durch Sperrbezirke und Pufferzonen möglicherweise im Zaum halten. Da Deutschland jedoch eine der höchsten Wildschweindichten der Welt besitzt, ist nach Ansicht des FLI auch eine verstärkte Jagd sinnvoll. So könne man sich in eine bessere Ausgangsposition bringen, falls das Virus nach Deutschland gelangen sollte.

Das Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) ist eines der modernsten Tierseuchenforschungsinstitute weltweit. Neben dem Hauptsitz auf der Insel Riems unterhält es Standorte in Jena, Celle, Braunschweig und Mariensee. An den Standorten Riems und in Jena betreibt das FLI nationale und internationale Referenzlaboratorien für anzeigepflichtige Tierseuchen und meldepflichtige Tierkrankheiten. Sie stellen sicher, dass die Diagnoseverfahren einem einheitlichen Standard folgen und kontinuierlich weiterentwickelt werden. Die niedersächsischen Standorte forschen zu den Themen Tierschutz und Tierhaltung, Tierernährung sowie Nutztiergenetik. Das FLI publiziert zudem aktuelle Risikobewertungen für die verschiedenen Tierseuchen.



Noch ist es im Gegensatz zur klassischen Schweinepest nicht gelungen, einen Impfstoff gegen die Afrikanische Schweinepest zu entwickeln. In einem FLI-internen Forschungsverbund arbeiten die Wissenschaftler mit Hochdruck daran. Warum infizieren sich einige Schweine und andere nicht? Wie verbreitet sich der Erreger, wie macht er das Tier krank und welche Immunreaktionen entwickeln die Schweine? „Wir stehen noch ziemlich am Anfang in diesen Fragen“, räumt Sandra Blome ein. Ein zusätzliches Problem: Der Virus der Afrikanischen Schweinepest ist ein komplexer Erreger, der vielfältige Mechanismen entwickelt hat. So greift er unter anderem genau die Zellen an, die ihn eigentlich bekämpfen sollen. „Bis wir einen Impfstoff finden, werden deshalb vermutlich noch bis zu zehn Jahre vergehen“, so Blome.

Von Petra Krimphove



»In den letzten Jahrzehnten gewinnen Zoonosen, zwischen Mensch und Tier übertragbare Infektionserreger, an Bedeutung. Für manche dieser Erreger gibt es, auch für den Menschen, weder Impfstoffe noch Therapiemöglichkeiten, sodass die Forschungsarbeiten unter den höchsten Biosicherheitsbedingungen der Stufe 4 durchgeführt werden müssen. Das FLI kann als einziges Institut in Europa unter diesen Bedingungen an Großtieren arbeiten.«

Prof. Dr. Dr. h. c. Thomas C. Mettenleiter, Präsident des Friedrich-Loeffler-Instituts

Pflanzenschutz undercover

Bakterien und Fadenwürmer könnten die Chemie auf den Feldern ablösen

Kulturpflanzen müssen in der Landwirtschaft vor allem eines: hohe und gute Erträge liefern. Schädlinge und Krankheiten dürfen sie nicht schwächen. Dafür bearbeiten viele Landwirte Gerste, Zuckerrüben und Erdbeeren oberflächlich mit chemischen Mitteln. Kurzfristig macht das Sinn, nachhaltig ist es häufig nicht.

Eine andere Option liegt eine Etage tiefer, im Erdreich. Dort tummeln sich rund um die Pflanzenwurzeln Tausende Mikroorganismen. Lange führten sie ein Schattendasein. Heute weiß man, dass sie die Gesundheit der Pflanzen und sogar die Interaktion von Pflanzen untereinander stark beeinflussen können. Manche Bakterien schaden bestimmten Pflanzensorten. Viele andere helfen den Pflanzen, schneller zu wachsen oder besser auf mögliche Schädlinge zu reagieren. Ähnlich dem Nutzen von Bakterien in der menschlichen Darmflora wollen sich die Mikrobiologen diese kleinen Helfer verstärkt zunutze machen.

Da Pflanzen und Mikroorganismen interagieren, funktioniert dieser biologische Pflanzenschutz in beiden Richtungen. Erstens sollen Pflanzen jene Mikroorganismen im Boden wesentlich gezielter nutzen, die ihren Ertrag oder ihre Resistenz gegen Schaderreger erhöhen. Zwei-

tens sollen die Mikroorganismen das Immunsystem der Pflanzen stärken. Dafür setzen die Mikroorganismen die Pflanze in eine Art Alarmbereitschaft, in der sie ihre Abwehrkräfte stärkt. Diese Wechselbeziehung zwischen Mikroorganismen und Pflanze wird Priming genannt. Es funktioniert nur zwischen sehr spezifischen Bakterien, die genau die Moleküle produzieren, auf die eine bestimmte Pflanze in gewünschter Weise reagiert. Aufgabe der Forschung ist herauszufinden, wer mit wem wie interagiert.

Dr. Adam Schikora, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik des Julius Kühn-Instituts (JKI) in Braunschweig, weiß, dass das Bakterium *Ensifer meliloti* Gerstenpflanzen dazu bringt, ihre Abwehr gegen Mehltau zu beschleunigen, zu verstärken und zu verbessern. Die meisten Verbindungen zwischen Bakterien und Pflanzen sind indes noch unbekannt. Immerhin verfügt die Forschung über wichtiges Basiswissen: Sie kennt viele Mikroorganismen, die in landwirtschaftlich genutzten Böden vorkommen. „Aber was die Mikroorganismen genau bei den Pflanzen bewirken, wissen wir noch nicht. Erst wenn wir diese Interaktion verstehen und wir das Priming gezielt bei Pflanzen auslösen können, sind wir in der Lage, das



Oft übersehen, aber darum nicht weniger von Bedeutung: 90 Prozent aller Nematoden, also Fadenwürmer, sind nützlich für Pflanzen.

System auch für Zuchtprogramme zu nutzen. Das ist unser Ziel: ein neuartiger Ansatz für den Schutz von Pflanzen“, sagt Schikora weiter.

Die Konkurrenz zwischen den Bakterien im Boden ist groß. Wenn die mikrobiellen Gesellschaften sehr komplex und gut strukturiert sind, bieten sie schädlichen Bakterien wenige Möglichkeiten, sich zu etablieren. Reduzieren sich diese Gesellschaften, ist es Schaderregern ein Leichtes, sich auszubreiten. Für die Landwirtschaft ist es daher wichtig, dass die komplexen und gesunden mikrobiellen Gesellschaften im Boden erhalten bleiben. Die wissenschaftlichen Arbeiten der Mikrobiologen stoßen deshalb auf großes Interesse bei den Landwirten. Selbst vor großen Epidemien könnten diese Erkenntnisse den Menschen schützen. So ist die Wirkung von Mikroorganismen auch für die Bekämpfung von Erregern wie Salmonellen oder EHEC interessant. Vielleicht lassen sich in Zukunft solche

Epidemien verhindern, wenn man den Sprossen Mikroorganismen oder Substanzen zur Seite stellt, die ihre Widerstandskraft erhöhen.

Dr. Sebastian Kiewnick vom Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland des JKI kennt weitere nützliche Bewohner der Bodengesellschaft, die oft übersehen werden: Fadenwürmer. Eigentlich müssten sie allein aufgrund ihrer Diversität große Aufmerksamkeit erhalten, denn es gibt schätzungsweise über eine Million Arten dieser sogenannten Nematoden. Davon sind heute etwa 24.000 Arten beschrieben, 90 Prozent der Nematoden nutzen den Pflanzen; nur ein kleiner Anteil sind Schaderreger.

„Wir wissen, dass die Nematoden mit Bakterien im Boden assoziiert sind, sie tragen sie in sich und an sich und verteilen sie so im Wurzelraum. Damit sind sie nicht nur fester Bestandteil der Bodengesellschaft, sondern übernehmen auch eine sehr wichtige Funktion für deren

Zusammensetzung“, berichtet Kiewnick, der die Rolle der Nematoden in der Bodengesellschaft untersucht.

Gibt es Nematodenarten, die einen besonders gesunden und fruchtbaren Boden auszeichnen? Auch hier ist das langfristige Ziel: gesündere Pflanzen, die höhere und bessere Erträge liefern. Dazu muss zunächst das System möglichst umfassend verstanden werden, um dann gezielt die nützlichen Nematoden- und Bakterienarten zu fördern.

Die Zeit ist reif für diese Ansätze. Die Verbraucher erwarten heute von der Landwirtschaft verstärkt, bei Düngung und Pflanzenschutz nicht nur auf chemische Methoden zu setzen. Stattdessen sind nachhaltigere Lösungen gefragt. Dafür lohnt es sich, einen genauen Blick „undercover“ zu werfen und die Potenziale der Mikrowelt des Wurzelraums zu entdecken.

Von Susanne Reiff

Drei Fragen an ...

Dr. Horst Neve



Viren, die multiresistente Bakterien zerstören können, gelten als große Hoffnungsträger in der Medizin und Lebensmittelproduktion. Wie schaffen es diese sogenannten Phagen, die Bakterien zur Strecke zu bringen?

Bakteriophagen benötigen Bakterienzellen als Wirte, um sich zu vermehren. Sie docken sich an der Oberfläche ihres Wirtsbakteriums an und injizieren dann ihr Genom. Damit programmieren sie die Zelle in sehr kurzer Zeit um: Statt ihre normalen Prozesse fortzuführen, produziert sie fortan neue Phagen. Diese lösen die Bakterienzelle von innen her auf. Dadurch werden die neuen Phagen rasch freigesetzt und können viele weitere Wirtszellen infizieren. Schon vor 100 Jahren beschrieb der Kanadier Félix Hubert d'Hérelle, wie die Phagen

Bakterien vernichten. In osteuropäischen Ländern werden sie seit Langem zur Therapie von Infektionskrankheiten eingesetzt. Nachdem allerdings die ersten Antibiotika entdeckt worden waren, gerieten die Phagen als Alternative zu diesen in Vergessenheit. Sie finden sich übrigens in der Umwelt und in unserem Körper zur Genüge, überall dort, wo es auch Bakterien gibt.

Wie lassen sich diese Eigenschaften der Phagen nutzen?

Wir wollen uns zunutze machen, dass die Phagen fast ausschließlich eine bestimmte Bakterien-Spezies angreifen. Wenn wir wissen, welche Phagen zu welchen Bakterien wie ein Schlüssel zum Schlüsselloch passen, können wir sie zum Beispiel ganz gezielt gegen multiresistente *Staphylococcus-aureus*-Bakterien und natürlich auch gegen Verderbniserreger einsetzen. Am Max Rubner-Institut konzentrieren wir uns auf den Einsatz von Phagen zur Biokontrolle und Konservierung von Lebensmitteln. Phagen werden heute schon unter anderem in Nordamerika im Kampf gegen Salmonellen und Listerien auf frische Lebensmittel wie Würste versprüht. Auch bei der Konservierung von Lebensmitteln können die Phagen zum Einsatz kommen. Sie sollen verhindern, dass sich Krankheits- und Verderbniserreger ausbreiten, und machen Lebensmittel so sicherer und länger haltbar. Besonders vielversprechend ist der Einsatz von Phagen auch in der Tier- und Hu-

manmedizin als Alternative zu Antibiotika, gegen die immer mehr Bakterien resistent sind. Die Phagen können möglicherweise verhindern, dass wir in eine prä-antibiotische Ära zurückfallen. Schon heute werden in Osteuropa und insbesondere in Georgien Patienten mit offenen Wunden oder antibiotikaresistenten Infektionen medikamentös oder oberflächlich mit Phagen erfolgreich behandelt. In Deutschland ist dies bislang noch nicht als Therapie etabliert.

Können Phagen auch Schaden anrichten?

Phagen haben beim Einsatz gegen pathogene Keime beim Menschen keine negativen Wirkungen. Jeder Mensch hat ohnehin täglich Kontakt mit ihnen. Zudem können sie sich ausschließlich in Bakterienzellen vermehren. Auch allergische Reaktionen des Menschen scheinen unwahrscheinlich.

Allerdings greifen Phagen auch nützliche Bakterien wie etwa Milchsäurebakterien an. Lebensmittelproduzenten benötigen diese Bakterien als Starterkulturen etwa für die Herstellung von fermentierten Milchprodukten wie Joghurt oder Käse. Die Phagen müssen daher vom Fermentierungsprozess unbedingt ferngehalten werden.

Dr. Horst Neve leitet die AG Bakteriophagen & Elektronenmikroskopie am Max Rubner-Institut.

Das Interview führte Susanne Reiff.

Potsdam

Rettung der Gurke

Die Produktion von eingelegten Gurken ist großteils aufwendige Handarbeit. Grund hierfür ist die umständliche Erntetechnik. Bisher kommen vorwiegend sogenannte Gurkenflieger zum Einsatz. Traktoren, die auf beiden Seiten flügelähnliche Flächen besitzen. Auf diesen liegen bäuchlings Erntehelfer und sammeln die Gurken per Hand ein.

Das ist arbeits- und kostenintensiv: Bis zu 50 Personen finden auf den Auslegern Platz, durchschnittlich 13 Gurken pro Minute kann jede pflücken. Steigt der Kostendruck in der Landwirtschaft weiter, gehen Experten davon aus, dass die Produktion von Einlegegurken in Deutschland bald kaum mehr wirtschaftlich sein wird. Einen Ausweg sucht das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB). Gemeinsam mit dem Potsdamer Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) und dem spanischen Centre for Automation and Robotics (CSIC-UPM) entwickelt das ATB aktuell ein Robotersystem, das sich für die automatisierte Gurkenernte eignet.

Die Erwartungen an das CATCH getaufte Projekt sowie das neuartige Erntesystem sind hoch: Es soll leicht sein und dabei robust genug, um auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen im Freiland zu funktionieren. Zudem muss das automatisierte System mindestens so effizient und leistungsstark sein wie die manuelle Ernte. Der Roboter muss erntereife Gurken zuverlässig erkennen und diese mithilfe seiner beiden Greifarme schonend pflücken und ablegen. „Wichtig ist, dass die Qualität der Gurken nicht leidet. Und das System muss natürlich wirtschaftlich sein, damit es von der Praxis angenommen wird“, sagt Projektmitarbeiterin Jelena Surdilovic über den Roboter, der später auch für weitere landwirtschaftliche Anwendungen einsetzbar sein soll.

Leibniz-Institut für Agrartechnik
und Bioökonomie e.V.
Max-Eyth-Allee 100 | 14469 Potsdam
www.atb-potsdam.de

Rostock

Falsches Alter bei Fischen

Fische tragen keinen Ausweis bei sich. Die Wissenschaft nutzt deshalb Ringstrukturen in den Gehörsteinen – die sogenannten Otolithen – um das Alter eines Fisches zu bestimmen. Genau wie bei Bäumen wird theoretisch jedes Jahr ein Ring angelegt. Insbesondere in der Ostsee mit den stark wechselnden Salzgehalten entwickeln sich jedoch auch „falsche“ Ringe, die nicht leicht zu erkennen sind. Was bislang fehlt, ist eine unabhängige Bestätigung des exakten Alters. Freilandexperimente mithilfe markierter Jungfische sollen das nun ändern. Sie sollen wichtige Informationen für eine solche Validierung und damit für eine genaue Altersbestimmung kommerziell genutzter Fischbestände liefern. Bevor die Wissenschaftler des Thünen-Instituts die Jungtiere in der freien Wildbahn aussetzen, markieren sie die Fische deshalb mit einer speziellen Substanz. Diese wird als fluoreszierendes Band in die Gehörsteine eingebaut. Werden diese Fische später wieder eingefangen, kann das Alter anhand dieses markierten Startpunkts genau bestimmt werden.

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Institut für Ostseefischerei
Alter Hafen Süd 2 | 18069 Rostock
www.thuenen.de



Gießen

Recycelter Klärschlamm

Um die Böden und die Nahrungskette zu schützen, darf Klärschlamm aus großen Kläranlagen nicht direkt als Dünger aufs Feld gebracht werden. Der darin enthaltene Phosphor ist jedoch ein endlicher Rohstoff und wird weiterhin gebraucht. Die Lösung könnten zwei neuartige Methoden sein, die von der Universität Gießen und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin entwickelt wurden. Im ersten Verfahren wurde ein Recycling bei niedrigen Temperaturen von 400 bis 600 Grad Celsius getestet. Die Methode erwies sich als gut geeignet für den Einsatz direkt am Klärwerk. Allerdings konnten viele Schwermetalle wegen der zu niedrigen Temperatur nicht ausreichend reduziert werden. Damit eignet sich diese Form der Aufbereitung nur für Schlamm mit unbedenklichen Schwermetallgehalten. Die zweite Methode nutzt Temperaturen von 950 Grad Celsius. Dabei werden außerdem Stoffe wie Natriumsulfat und Salzsäure-Gas zugesetzt. Das Verfahren konnte die Gehalte fast aller Schwermetalle auch bei hoch belastetem Klärschlamm ausreichend verringern.

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Pflanzenernährung
Heinrich-Buff-Ring 26–32 | 35392 Gießen
www.uni-giessen.de

Greifswald

Gemeinsam gegen Ebola

Die Ebola-Epidemie verursachte in Sierra Leone und Guinea ab 2014 viel Leid und Tausende Todesfälle. Gleichzeitig brachte sie die Wirtschaft beinahe zum Stillstand. Das Ebola-Foresight-Projekt des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI) hat sich das Ziel gesetzt, das öffentliche Gesundheitswesen in den beiden westafrikanischen Ländern zu stärken. Neben dem fachlichen Austausch sollen vor allem örtliche Forschungsinstitute dabei unterstützt werden, Epidemien früher zu erkennen und zu bekämpfen. Denn nach wie vor ist unklar, woher die Ebola-Erreger stammen, die für die letzte Epidemie verantwortlich waren. Zu diesem Zweck werden am FLI unter anderem innovative Nachweisverfahren entwickelt und in den Partnerlaboren etabliert.

Friedrich-Loeffler-Institut | Institut für neue
und neuartige Tierseuchenerreger
Südufer 10 | 17493 Greifswald – Insel Riems
www.fli.de

Potsdam

Reingewaschen

Abgepackter Salat liegt im Trend. Durch die vielen Schnittkanten ist er allerdings anfällig für Keime. Bisher konnte das Waschwasser deshalb nicht wiederverwendet werden. Um Wasser zu sparen und gleichzeitig die mikrobielle Sicherheit des Produkts zu gewährleisten, entwickeln Forscherinnen und Forscher in Potsdam nun ein Verfahren, mit dem das Prozesswasser so gereinigt wird, dass es auch aus lebensmitteltechnischer Sicht unbedenklich wird. Kernstück des Verfahrens wird ein Bauteil sein, das ohne chemische Zusätze auskommen soll und in neue und bestehende Salatwaschanlagen integriert werden kann.

Leibniz-Institut für Agrartechnik und
Bioökonomie e.V.
Max-Eyth-Allee 100 | 14469 Potsdam
www.atb-potsdam.de

Ahnenreihe

Das Darmbakterium *Escherichia coli* hat unter Idealbedingungen eine Generationszeit von knapp 20 Minuten.

Eine Menschengeneration folgt im Abstand von 25 Jahren auf die vorige, das sind 13.140.000 Minuten. Anders als eine Bakterienpopulation verdoppelt sich die Menschheit in dieser Zeit aber nicht.

Mit bloßem Auge

Das Schwefelbakterium *Thiomargarita namibiensis* ist bis zu 0,75 Millimeter groß und damit im Gegensatz zu den meisten anderen Bakterien auch ohne Mikroskop sichtbar.

Ein menschliches Haar hat im Schnitt einen Durchmesser von 40 Mikrometern.

Kleiner als haarklein

Ohne Kleine keine Großen

Sie sind im wahrsten Sinne des Wortes in aller Munde: Viren und Bakterien. Doch wodurch unterscheiden sie sich eigentlich? Klar ist: Aus unserer Sicht sind beide winzig und können uns krank machen. Doch damit enden die Gemeinsamkeiten auch schon.

Bakterien sind unterschiedlich groß. Viele haben rund 1 Mikrometer Durchmesser.

Leblos

Viren besitzen keinen eigenen Stoffwechsel und sind deshalb zur Vermehrung auf die Zellen anderer Lebewesen angewiesen.

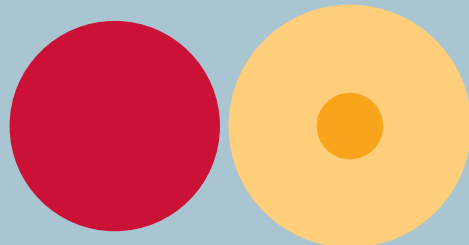
Viren sind kleiner, viele im Bereich von 0,1 Mikrometern.

Teil des Ganzen I



Unser Körper beherbergt 68 Billionen Zellen. Davon ist aber nur knapp die Hälfte menschlich, der Rest sind Bakterien, die sogenannte humane Mikrobiota.

Teil des Ganzen II



Rund 3.000 Viren sind bekannt.

Etwas mehr – 5.000 – Bakterien wurden bisher beschrieben. Nur 200 bis 300 davon gelten als Krankheitserreger.

Nein, meine Suppe ess' ich nicht!

Wenn Mikroorganismen der Appetit vergeht

Ratlos steht der Landwirt vor dem voluminösen Fermenter. Seine sonst so effektive Biogasanlage hat ihre Methanproduktion ohne ersichtlichen Grund massiv gedrosselt. Im Inneren sollen eigentlich Mikroorganismen Maissilage und Gülle zersetzen und Gas erzeugen. Doch die so wichtigen Kleinstlebewesen haben offenbar ihren Dienst quittiert. Prozessstörungen wie diese können Biogaserzeuger sehr viel Geld kosten. Dabei sind die Anlagen für sie eigentlich zu einer lukrativen Einnahmequelle geworden. Seit 1992, mit dem Beginn der Förderung regenerativer Energien, sprießen überall im Land die jurtenförmigen Rundbauten aus dem Boden. Nun, da die Förderung bald ausläuft, ist ihr möglichst effizienter Betrieb für die Betreiber wichtiger denn je. Die Mikrobiologin Susanne Theuerl forscht am Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam an dem komplexen Zusammenspiel der Mikroorganismen in den Fermentern. Künftig, so das Ziel, könnte deren Verhalten als Frühwarnsystem dienen, sobald das innere Gleichgewicht der Anlagen aus dem Lot zu geraten droht. Susanne Theuerl nennt die Mikroorganismen „meine kleinen Lieblinge“. Wenn sie von den Kleinstlebewesen erzählt, sieht man diese förmlich wie winzige cartoonartige Charaktere ihr Werk verrichten. Es sind fleißige Gesellen. Doch wenn sie sich in ihrer Gemeinschaft nicht wohlfühlen, drosseln sie ihre Leistung oder ver-

schwinden einfach: In Folge produziert die Biogasanlage dann weniger oder gar kein Gas mehr.

„Mikroorganismen sind sehr sensibel“, weiß Susanne Theuerl. Bei der Auswahl ihres Lieblingsfutters zeigen sie sich zudem sehr wählerisch. Manche stürzen sich begeistert auf den schwer zu knackenden Mais, andere lieben die leicht umwandelbare Zuckerrübe. Tauscht der Anlagenbetreiber die eine Biomasse gegen die andere aus, kann dies in der Gemeinschaft der Mikroorganismen zu Problemen führen. Susanne Theuerls Kollegin Johanna Klang fand heraus, dass bei der Zugabe von zu viel Hühnermist eine spezielle Gruppe der Kleinstlebewesen aufgrund des hohen Stickstoffgehalts ganz aus der Gemeinschaft verschwand. Und das, bevor Probleme in der Anlage überhaupt sichtbar wurden. Diese mikrobiellen Veränderungen wären also ein Frühindikator für zu erwartende Störungen. Doch ihnen ist schwer auf die Spur zu kommen. Ohne eine höchst aufwendige Analyse lässt sich nicht feststellen, welche mikrobiellen Prozesse sich im Detail in den luftdichten Anlagen abspielen. „Mikrobiologische Überwachungen sind als Routine noch nicht permanent möglich“, sagt Theuerl. Jeder Fermenter bildet zudem seine ganz eigene mikrobielle Gemeinschaft, das Mikrobiom. Jede der mikrobiellen Lebensgemeinschaften, sogar jede einzelne Population, besitzt daher auch ihre ganz eigene Toleranz gegenüber dem gefütterten Substrat, der Temperatur oder den Abbaupro-

dukten. Entsprechend lässt sich keine allgemeingültige Regel für die optimale Prozessführung einer Anlage aufstellen. Ebenso wenig existieren entsprechend Standardanleitungen im Fall von Störungen. Noch wissen die Forscher am ATB nicht im Detail, warum und unter welchen Umständen die mikrobiellen Gemeinschaften in den Streik treten. Um dies besser zu verstehen, überwachten sie über drei Jahre hinweg 30 Biogasanlagen. Sobald deren Betreiber Auffälligkeiten meldeten, wurde die mikrobielle Zusammensetzung in den Fermentern aufwendig analysiert und mit Prozessdaten des Betreibers abgeglichen. Diese Analysen könnten helfen, Rückschlüsse auf Ursachen und Mechanismen zu ziehen, um damit in Zukunft Störfälle zu vermeiden.

Anhand von Modellfermentationen stellten die Potsdamer Biogasforscherinnen außerdem erstaunt fest, dass Mikroorganismen durchaus eine bemerkenswerte Anpassungsfähigkeit zeigen können. So verkräfteten deren mikrobielle Lebensgemeinschaften ein Substrat, das bis zu 75 Prozent Hühnermist enthielt. „Bisher gelten zehn Prozent Hühnermist als empfohlene Obergrenze, um Prozessstörungen zu vermeiden“, sagt Susanne Theuerl. Man müsse dem Mikrobiom lediglich genügend Zeit lassen, sich allmählich an das stickstoffhaltige Futter zu gewöhnen. Geduld ist also auch im Umgang mit Kleinstlebewesen eine ratsame Eigenschaft.

Von Petra Krimphove



Sauer macht gesund

Fermentieren ist eine uralte Kulturtechnik. Sie macht Gemüse haltbar oder sogar erst genießbar. In Afrika soll sie nun helfen, den Hunger zu bekämpfen.

Die Gurke, die Dr. Melanie Huch dem Gärtopf entnimmt, sieht aus wie eine gewöhnliche Essiggurke. Die Forscherin schneidet ein Stück ab und verzehrt es. „Knackig und sehr salzig“, befindet sie. Gurken verkosten ist Bestandteil eines ihrer Projekte am Max Rubner-Institut (MRI). Sie erforscht die Fermentation von Jodsaltgurken um herauszufinden, ob Jodsalt den Prozess möglicherweise negativ beeinflusst. Tut es das nicht, könnten diese Saltgurken künftig zur Jodversorgung der Bevölkerung beitragen – knapp 30 Prozent gelten in Deutschland als unterversorgt. „Der Gebrauch von Jodsalt beim Fermentieren könnte die Jodversorgung der Bevölkerung unterstützen“, sagt die Wissenschaftlerin. Um zu überprüfen, ob sich das Element überhaupt im Gemüse anreichert und das Jodsalt bei Gurken wie normales Salz eine längere Haltbarkeit bewirkt, hat Melanie Huch zusammen mit einem

Kollegen selbst Saltgurken hergestellt. In einer Versuchsküche des Instituts für Sicherheit und Qualität bei Obst und Gemüse, einer Einrichtung des MRI, gibt Huch Gurken in einen Steinguttopf. Sie fügt eine Lake mit fünf Prozent Jodsalt

Die Bakterien erzeugen Milchsäure, die das Wachstum unerwünschter Organismen stoppt.

hinzu. Um das Wachstum von Schimmelpilzen und Hefen zu unterbinden, bedeckt sie das Gemüse vollständig mit Wasser und überlässt den verschlossenen Inhalt sechs bis acht Wochen lang der Wirkung

der in und auf den Gurken lebenden salztoleranten Milchsäurebakterien. Sie vermehren sich schnell und bewirken, dass die Gurken haltbar werden – sie fermentieren: Die Bakterien erzeugen aus den Kohlenhydraten des Gemüses Milchsäure, die das Wachstum unerwünschter Mikroorganismen stoppt. Um den Säuregehalt zu überprüfen, misst Melanie Huch den pH-Wert. „Dieser wird bei der Fermentation der Gurken mit Jodsalt genauso schnell gesenkt wie bei der Verwendung von herkömmlichem Salz“, sagt die Wissenschaftlerin. „Auch die Überprüfung der Keimzahlen bei den verschiedenen Bakteriengruppen ergab keine Unterschiede.“ Das bedeutet: grünes Licht für die Herstellung und den Verzehr von Jodsaltgurken.

Seit vielen Tausend Jahren veredeln Menschen Gemüse und Milchprodukte durch Fermentation. Doch erst Louis Pasteur (1822–1895) entdeckte, dass es winzige Lebensformen sind, die die Fermentation



Eine Pflanze wie die Kuhbohne (links) spielt für die Ernährung in vielen Teilen Afrikas heute wieder eine größere Rolle. Eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel bleibt jedoch Maniok, der unterschiedlich verarbeitet in etlichen Ländern verkauft wird (rechts). Er ist sehr tolerant gegenüber Hitze und Trockenheit und gedeiht selbst in unwirtlicheren Gebieten relativ gut.

bewirken. Salzgurken, Sauerkraut und Oliven werden heute meist noch genauso erzeugt wie einst: Je nach Rohware wächst spontan eine Mikroflora heran, die erwünschte Veränderungen des Lebensmittels bewirkt. In Europa mit seinen Supermärkten, Kühlschränken und Lebensmitteln im Überfluss ist das heute vor allem eine Frage des Geschmacks, in anderen Teilen der Erde nach wie vor ein zentraler Faktor der Haltbarmachung und damit der Ernährungssicherung. Schon im Rahmen ihrer Doktorarbeit untersuchte Melanie Huch den Einsatz von Starterkulturen wie *Lactobacillus fermentum* und *Lactobacillus plantarum* bei der in Afrika üblichen Herstellung von Gari

aus Maniok. Ähnlich wie Polenta kann es später mit heißem Wasser zu einem Brei angerührt werden. „Bei der Verarbeitung der Pflanze zum Nahrungsmittel wird Blausäure durch Fermentation entfernt“, die Pflanze also erst genießbar. Doch fällt die Ernte gering aus, verzehren viele Menschen das Produkt bereits vor der Vollenendung des Prozesses und vergiften sich. Bei der Verwendung von Starterkulturen ist dieses Risiko deutlich reduziert, da sie die Fermentation beschleunigen. „In Afrika fermentieren die Menschen noch viel mehr als bei uns, es gibt eine Vielzahl von fermentierten Lebensmitteln. Neben Gari ist das etwa Kocho aus der falschen Banane, Ogi aus Mais und

Hirse“, berichtet Melanie Huch. Zusammen mit mehr als 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Kenia, Tansania und Deutschland ist sie aktuell an dem Projekt Hortinlea beteiligt, bei dem es unter anderem darum geht, das Potenzial der Fermentation noch weiter auszuschöpfen, um den Hunger in Ostafrika zu bekämpfen. Im Mittelpunkt steht dabei afrikanisches Blattgemüse wie Nachtschatten und Kuhbohnen, das schon beinahe in Vergessenheit geraten war. „Weil das Gemüse an die Böden und das Klima angepasst ist, gedeiht es auf den Feldern Afrikas besser als die zurzeit zum Beispiel weit verbreitete Tomate“, sagt Melanie Huch. Darüber hinaus enthalten

Foto: National Geographic Creative/Alamy Stock Foto



Foto: Wolfgang Diederich/Alamy Stock Foto

die einheimischen Blattgemüse viele Vitamine und Spurenelemente, die für eine gesunde Ernährung wichtig sind. Doch weil die Transportmöglichkeiten unzureichend sind und Kühllhäuser fehlen, verdirbt auf dem Weg zum Verbraucher häufig die Hälfte der frischen Ware. Wird das Gemüse hingegen nach der Ernte fermentiert, kommt ein viel größerer Anteil auf den Tellern an. Gibt man das afrikanische Blattgemüse einfach in einen Gärtopf mit Wasser und Salz, verdirbt es. „Es enthält nur wenige Kohlenhydrate“, sagt Melanie Huch. „Die Milchsäurebakterien können sich deswegen nicht schnell genug vermehren und werden von Verderbsorganismen verdrängt.“

Wie die Fermentation trotzdem gelingt, fand Eliud Wafula heraus. Der Doktorand aus Kenia, dessen Arbeit die Wissenschaftlerin betreute, baute das Gemüse an, erntete es und schichtete die Blätter in Gärtöpfe. Er fügte jeweils unterschiedlich hoch konzentrierte Salzlake hinzu. Und, um das Wachstum der Milchsäurebakterien zu fördern, Zucker. Das Ergebnis: Drei Prozent Salz plus drei Prozent Zucker garantieren ideale Fermentationsbedingungen. Auch die Verwendung von Starterkulturen führt zu den gewünschten Ergebnissen. „Selbst dann, wenn wir die Fermentationsansätze mit Krankheitserregern wie Listerien anreichern, erhalten wir

nach der Fermentation ein sicheres Lebensmittel, in beiden Versuchsreihen: mit und ohne Starterkulturen“, sagt Melanie Huch. Um die Mikrobiota von Lebensmitteln zu analysieren, nutzen sie und ihr Team einen sogenannten Hochdurchsatzsequenzierer. Mittels DNA-Analyse ermöglicht das Gerät, alle an der Fermentation beteiligten Bakterien eindeutig zu identifizieren. Natürlich hat die Forscherin das Blattgemüse selbst probiert. „Der Geschmack erinnert an Spinat und Grünkohl“, sagt sie. „Das Gemüse ist recht bitter, aber bekömmlich.“

Von Stephanie Eichler

LANDKARTE

Europa unter der Lupe

Der Optiker Zacharias Janssen entwickelt das erste Mikroskop.



Der Nobelpreis für Chemie wird für die Kryotechnik verliehen. Mit ihr können Präparate ohne Strukturveränderung für das Elektronenmikroskop präpariert werden.



Ernst Abbe entwickelt die Theorie der Auflösungs-grenzen von Mikroskopen.



Das erste Elektronenmikroskop wird gebaut.

Das Elektronenmikroskop PICO geht in Betrieb. Es löst bis zu 50 milliardenstel Millimeter auf.

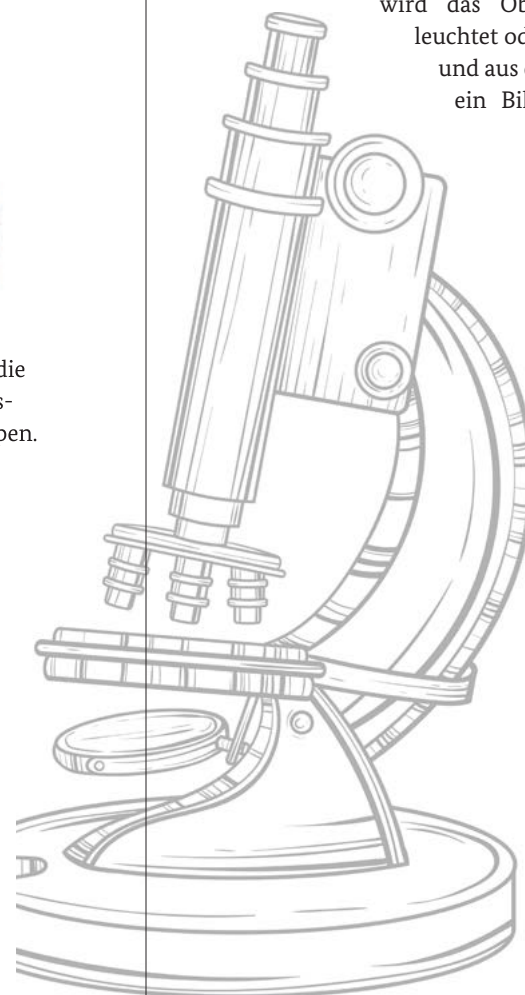


Die Royal Microscopical Society wird in London gegründet



Genau hingeguckt haben die Menschen schon immer: Bereits in der Antike waren die Vergrößerungseffekte von Wasser bekannt. Doch es sollte bis zum 17. Jahrhundert dauern, bis der Niederländer Zacharias Janssen auf die Idee kam, mehrere Linsen zu kombinieren und in verschiebbaren Rohren anzuordnen. Das erste Mikroskop war geboren und wurde in den folgenden Jahren stetig verbessert. In England und den Niederlanden gelangen so früh Erkenntnisse über Flöhe, Pflanzenzellen und sogar Bakterien. Im 19. Jahrhundert fand Ernst Abbe heraus, dass das Licht selbst eine natürliche Grenze für die Vergrößerung darstellt: Dinge, die kleiner sind als die halbe Wellenlänge des Lichts, viele Viren zum Beispiel, können nicht scharf dargestellt werden. Moderne Mikroskope nutzen deshalb zum Beispiel Elektronen. Mit einem feinen Strahl

wird das Objekt durchleuchtet oder abgetastet und aus der Reflexion ein Bild errechnet.



Schon gewusst?

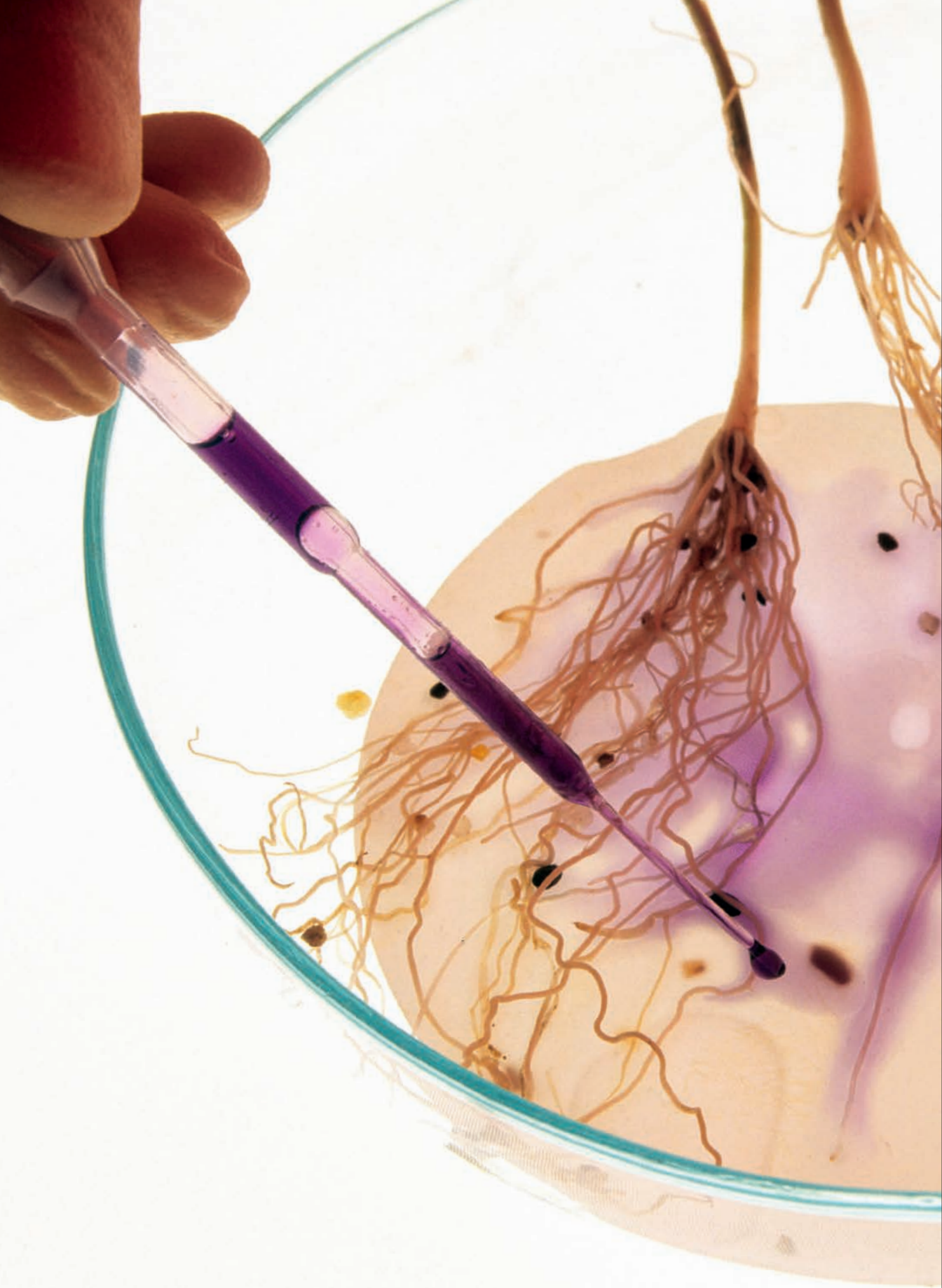
Die Haut ist nicht nur das größte Organ des Menschen, auf ihr tummeln sich zudem verschiedene Mikroorganismen. Neben Bakterien können das auch Pilze sein. Ein Team des National Human Genome Research Institute in Bethesda (US-Staat Maryland) hat für diese nun eine Art Landkarte des menschlichen Körpers erstellt. Das Ergebnis: An unseren Füßen ist besonders viel los. Im Schnitt 80 Pilzgattungen fanden die Forscher an der Ferse, am Zehennagel waren es 60 und im Zehenzwischenraum 40. Anders sieht das Bild am restlichen Körper aus. An Armen und Händen fanden die Wissenschaftler zwischen 18 und 32 Pilzgattungen. An Rücken, Leiste, Hinterkopf, Ohr und Nasenloch waren es nur zwei bis zehn.

965 Hektar

umfasst ein Hallimasch, der sich mit seinem Pilzgeflecht im Malheur National Forest im US-Bundesstaat Oregon ausgebreitet hat. Das entspricht einer Fläche von 1.300 Fußballfeldern. Sein Alter beziffern Wissenschaftler auf 2400 Jahre.



Wer selbst einen Blick auf Bakterien oder Viren werfen will, sollte einen Kurzurlaub in Amsterdam einplanen. Hier eröffnete 2014 der weltweit erste **Mikroben-Zoo**. Mithilfe von Mikroskopen, 3-D-Linsen und HD-Technologie wird im „Micropia“ das Unsichtbare sichtbar gemacht.



Verborgene Allianzen

Pilze machen sich nicht nur in der Pfanne gut: Sie helfen auch in der Landwirtschaft. Und bringen Pflanzen zum Wachsen.

Foto: Science Photo Library/Brega, Massimo/The Lighthouse - Forscher untersuchen die Wurzeln von zwei Pflanzen, an denen sich Pilze angesiedelt haben.

Sie sehen aus wie kleine gelbe Luftballons, zwischen ihnen lange dünne Schnüre. Doch was hier unter dem Mikroskop der Biologin Dr. Marion Tauschke sichtbar wird, stammt nicht aus der Luft, sondern aus der Erde. Forscherinnen und Forscher des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) in Müncheberg haben diesen besonderen Organismus aufwendig aus dem Boden gesiebt und auf den Objektträger gebannt. Es ist ein Pilz, der mit langen dünnen Zellfäden ein dichtes Geflecht im Boden bildet. Die nur den Bruchteil eines Millimeters umfassenden runden „Ballons“ sind sogenannte Dauer sporen: Der Pilz bildet sie, wenn es in seiner Umgebung ungemütlich

wird. Sind die Bedingungen wieder günstiger, wächst aus ihnen ein neues Pilzgeflecht. Versteckt unter der Erde gehen diese Pilze eine Allianz ein, die weit verbreitet und dennoch für uns unsichtbar ist: Die zarten Pilzgeflechte schmiegen sich – ange lockt von Botenstoffen – dicht an die Wurzeln von Pflanzen und wachsen sogar in diese hinein, um Nährstoffe, Kohlenhydrate und Wasser auszutauschen. Von diesem Bündnis profitieren beide Seiten. Einige Pilzarten sind so eng an ihren Pflanzenpartner gebunden, dass sie ohne diesen nicht dauerhaft überleben können. Experten nennen diese Lebensgemeinschaft zwischen Pilz und Pflanze Mykorrhiza. „Der Begriff

stammt aus dem Griechischen und bedeutet Pilzwurzel“, erklärt Marion Tauschke, die diesem Phänomen bereits seit mehr als 20 Jahren auf den Grund geht. Die Forscherin hat dabei vor allem Pilzarten im Blick, die mit Kulturpflanzen wie Weizen oder Mais eine Lebensgemeinschaft bilden. Sie möchte herausfinden, ob eine solche Gemeinschaft von Pilz und Pflanze das Potenzial hat, die Erträge zu stabilisieren oder sogar zu steigern und ob es sich für Landwirte lohnen könnte, Mykorrhiza-Pilze gezielt anzusiedeln. Bisher ist bekannt, dass Pflanzen vor allem im Jungstadium von einer Lebensgemeinschaft mit bestimmten Pilzen profitieren. Sie sind vitaler und größer als Pflanzen

ohne Mykorrhiza und können Krankheitserreger besser abwehren. „In Gefäßversuchen ist dies vielfach bewiesen“, so Marion Tauschke. Nun werfen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Blick ins Freiland. Sind die Vorteile auch hier messbar? Mehr als 480 Stichproben aus Ackerböden in der Uckermark, bis zu 60 pro untersuchter Fläche, werten sie derzeit aus, um Pilzarten und ihre Wechselwirkungen mit Pflanzen und Mikroorganismen zu bestimmen. Wie ein dicht gewebtes Netz durchziehen Pilzzellen, die Hyphen, den Boden – in natürlichen Böden genauso wie in bearbeiteter Ackererde. Mit rund fünf bis zehn Arten ist ihre Vielfalt hier allerdings nicht so groß wie auf ungenutzten Flä-

chen. Die Pilze nehmen Wasser und Nährstoffe auf und leiten diese zur Pflanzenwurzel. „Die Pilzhypen sind viel dünner als die feinen Wurzelhärchen der Pflanze“, erklärt Marion Tauschke. Sie können Bereiche im Boden erschließen, an die die Pflanze nicht herankommt, und versorgen sie mit diesen zusätzlichen Nährstoffen. Im Gegenzug erhält der Pilz Kohlenhydrate, die die Pflanze über die Photosynthese herstellt. Gesundere, vitalere Pflanzen und stabilere Erträge – in ihren Feldversuchen fanden die Forscher Hinweise darauf, dass sich ein intaktes Mykorrhiza-System tatsächlich auch im Pflanzenbau lohnt. Gerade wenn die Wetterverhältnisse ungünstig sind, es

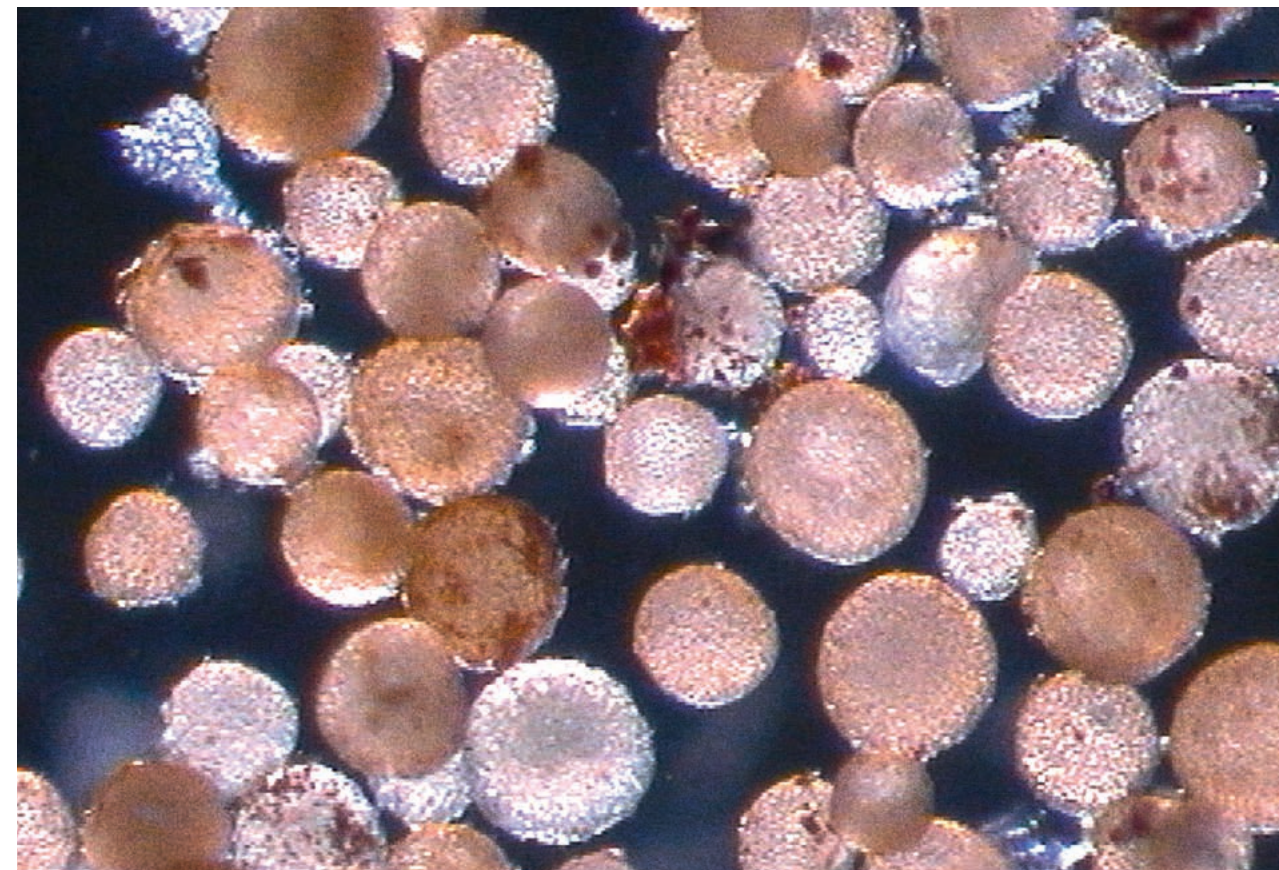
etwa länger trocken bleibt, profitiert die Pflanze von dem zusätzlichen Wasserreservoir, das der Pilz für sie erschließen kann. Die Gefahr von Ertragsseinbrüchen sinke, beschreibt Marion Tauschke die Folge. „Die Effekte sind dabei abhängig von der Art der Kulturpflanze“, betont sie. Denn während Porree oder Mais besonders empfänglich für ein Bündnis mit den Pilzen sind,

»Die Effekte sind abhängig von der Art der Kulturpflanze.«

Sieht aus wie ein Luftballon, ist aber Teil eines Pilzes: Ein Ballon wie dieser (links) ist nur den Bruchteil eines Millimeters groß und gehört zu den sogenannten Dauersporen: Diese sind besonders widerstandsfähig und werden vom Pilz gebildet, wenn es in seiner Umgebung ungemütlich wird. Sind die Bedingungen wieder günstiger, wächst aus ihnen ein neues Pilzgeflecht. Die Sporen rechts wurden aus 25 Gramm landwirtschaftlich genutztem Boden gefiltert.



Fotos: links: M. Tauschke, Y. Dölpe/ZALF; rechts: M. Tauschke/ZALF



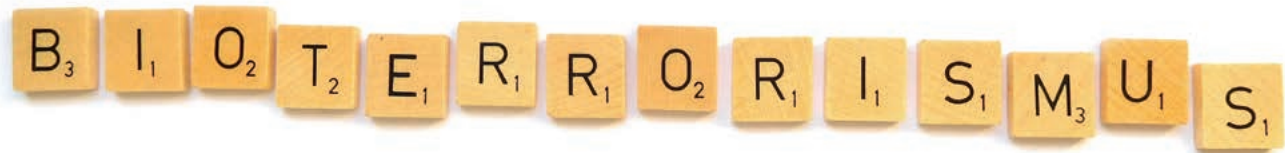
kommt eine Mykorrhiza bei Kohlsorten oder Raps überhaupt nicht vor. „Durch entsprechende Fruchtfolgen können die Landwirte die Mykorrhiza fördern oder unterdrücken“, sagt die Biologin. Besonders für ökologisch wirtschaftende Landwirte könnte es sich lohnen, die Gemeinschaft zwischen Pilz und Pflanze aktiv zu fördern. Denn Bio-Bauern düngen ihre Felder nicht mit Kunstdünger. Die Nährstoffe stammen aus dem natürlichen Stoffkreislauf – aus Dung, Humus oder stickstofffixierenden Pflanzen. Die Mykorrhiza könnte dabei helfen, diesen Kreislauf zu stabilisieren und Nährstoffe effizienter zu verwerten. Doch auch in der konventionellen Landwirtschaft sieht

Marion Tauschke Chancen für die Mykorrhiza: „Sie kann den Verbrauch an Kunstdünger senken“, verdeutlicht sie. Tatsächlich gibt es bereits heute zahlreiche Produkte auf dem Markt, die die pflanzenfördernden Eigenschaften der Pilze preiseln. In Gewächshäusern züchten die Mykorrhiza-Gärtner Pilzsporen in Blähton- oder Torfsubstrat, das schließlich auf den Feldern und in Gärten für besseres Pflanzenwachstum sorgen soll. Bisher nutzen überwiegend Hobbygärtner und Gemüsebauern die Kraft dieses natürlichen Systems. Bevor es großflächig in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann, muss die Produktion der Pilze optimiert und die Landwirte müssen geschult

werden. Denn Fruchtfolge, Düngung oder Pestizideinsatz wirken sich auf das Pflanzen-Pilz-Gefüge aus. Das ZALF züchtet deshalb in Projekten in Deutschland und Neuseeland Mykorrhiza-Pilze. Mit dem Knowhow aus der Forschung soll es gelingen, die benötigte Qualität der Sporen zu liefern. In den Gewächshäusern ihres Instituts betrachtet Marion Tauschke die Mykorrhiza als Wissenschaftlerin, sieht, dass Mais- oder Weizenpflanzen mit den Pilzpartnern bestens gedeihen. Doch auch in ihrem eigenen Garten schwört sie auf die Pilze: Tomaten und Erdbeeren wachsen besser und bringen gute Ernte. „Es wirkt“, versichert sie lachend.

Von Heike Kampe

STICHWORT



Mit Pestleichen fing es wohl an: 1346 belagerten Tataren die genuesische Handelsstadt Kaffa auf der Krim. Sie brachten nicht nur Pfeile und Schwerter, in ihrem Gepäck hatten sie auch den Schwarzen Tod. Der Pesterreger, den sie aus Asien an die europäische Grenze einschleppten, sollte ihnen bei der Eroberung der Stadt helfen: Die Körper verstorbener Pestkranker wurden über die Stadtmauer katapultiert – es war vielleicht der erste Fall, in dem ein biologischer Kampfstoff zum Einsatz kam. Immer wieder experimentierten in den Jahrhunderten danach Kriegsgegner mit Biowaffen.

Bestimmte Bakterien und Viren sowie deren Toxine, die bei Menschen oder Tieren gesundheitsgefährdende oder tödliche Wirkungen hervorrufen und gezielt bei einem Angriff verwendet werden können, gelten als biologischer Kampfstoff. In Umlauf gebracht werden können sie unter anderem als Aerosole, Stäube oder durch kontaminiertes Trinkwasser und Nahrung. Die amerikanische Infektionsschutzbehörde hat eine Liste der potenziellen Biowaffen zusammengestellt: Der Pesterreger ist auch darunter, außerdem Viren, die hämorrhagisches Fieber auslösen, zum Beispiel Ebola, und Erreger, die

Milzbrand oder Hasenpest verursachen. Gefährdet ist vor allem die Nahrung: Bis sie vom Acker auf dem Teller landet, durchläuft sie zuweilen einen weiten Weg. Damit beim Verbraucher sichere und qualitativ hochwertige Lebensmittel ankommen, gibt es in Deutschland aber Verfahren, um jeden Schritt dieses Weges abzusichern und mikrobiologische Gefahren abzuwehren. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), das für die Bewertung des Risikos eines bioterroristischen Angriffs zuständig ist, geht deshalb davon aus, dass auch absichtliche Kontaminationen verhindert würden. Bei den allermeisten Stoffen ist es schlicht unwahrscheinlich, dass sie bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern in relevanten Mengen ankommen. Prinzipiell können verschiedene Mikroorganismen oder Toxine in Lebensmittel eingebracht werden. Eine schädliche Wirkung ist aber nur dann zu erwarten, wenn diese am Ende der Herstellungs- und Zubereitungsprozesse noch in ausreichender Menge vorhanden sind. Viele Prozesse bei der Herstellung, wie Reinigen, Erhitzen oder die Zugabe von Zusatzstoffen, verringern oder eliminieren die Zahl der eingebrachten Mikroorganismen. Trotzdem werden in Deutschland

jedes Jahr mehr als 100.000 Erkrankungen gemeldet, die auf lebensmittelbedingte Infektionen mit Bakterien, Viren oder Parasiten zurückzuführen sind. Gelangen Mikroorganismen trotz Sicherheitsvorkehrungen in die Lebensmittelkette, müssen diese schnell erkannt und die betroffenen Produkte vom Markt genommen werden.

In Deutschland untersucht das BfR seit Jahren, wie sicher die Lebensmittelketten gegenüber solchen pathogenen Erregern sind – egal, ob diese mit oder ohne Absicht eingebracht werden. Es erforscht vor allem Mikroorganismen, die sehr schwere Erkrankungen auslösen – und die zum Teil in Lebensmitteln vorkommen und für eine gewisse Zeit darin überdauern können. Das Institut sammelt alle wichtigen Daten und entwickelt Verfahren zur besseren Nachweisbarkeit gefährlicher Erreger. Eine speziell entwickelte Software kann zum Beispiel helfen, durch Rückverfolgung der Warenkette verdächtige Lebensmittel schnell zu identifizieren. Außerdem hat das BfR eine Checkliste zum Produktschutz erarbeitet, um Unternehmen und Behörden dabei zu unterstützen, die Gefahr einer absichtlichen Kontamination im Betrieb abzuschätzen.

Foto: Messe Stuttgart

Was morgen wichtig wird



05.–08. April 2018

Markt des guten Geschmacks

Stuttgart, Messe

Bewusst genießen: Der Markt des guten Geschmacks in Stuttgart bietet Messebesuchern im April wieder vier Tage lang die Chance, nachhaltig und handwerklich erzeugte Lebensmittel zu probieren. Neben Hunderten Anbietern aus ganz Europa wird bei der Slow-Food-Messe auch das Max Rubner-Institut mit einem eigenen Stand vor Ort sein.

www.messe-stuttgart.de/marktdesgutengeschmacks

Mai–Juli 2018

Wissenschaft erleben

Tage der offenen Tür in Braunschweig, Quedlinburg, Detmold, Karlsruhe

Spannende Exponate oder doch lieber der Blick ins Labor?

Die vier Bundesforschungsinstitute des BMEL werden 2018 zehn Jahre alt und öffnen an zahlreichen Standorten ihre Türen für Besucherinnen und Besucher.

Am 27. Mai kann etwa das traditionsreiche Forschungsgelände des Thünen-Instituts in Braunschweig zu Fuß oder per Fahrrad erkundet werden. Wenige Tage später, am 1. Juni, begrüßt das Julius Kühn-Institut Interessierte in Quedlinburg zum Tag der offenen Tür – mit attraktiven Exponaten und Führungen in den Versuchslaboren und auf dem weitläufigen Freilandversuchsgelände. Auch das Max Rubner-Institut freut sich über Besucher: am 9. Juni in Detmold und am 8. Juli am Standort Karlsruhe.

Larven belauschen

Das Julius Kühn-Institut (JKI) belauscht künftig Käferlarven. Was sich komisch anhört, hat einen ernsten Hintergrund: Larven, die sich über Getreidesilos hermachen, sind für viele Bauern ein Problem. Oft kommt es durch den Befall zu einem Temperatur- und Feuchteanstieg, der Milben- und Schimmelbefall ermöglicht. Das Ergebnis: Das Getreide muss vernichtet werden. Ziel des über fünf Jahre angelegten Verbundprojekts „Beetle Sound Tube“ ist es, Larven frühzeitig akustisch zu erkennen und eine praxistaugliche Lösung zu entwickeln.

www.julius-kuehn.de

DIE FORSCHUNGSFRAGE

Wie wirken Antibiotika?

Das Friedrich-Loeffler-Institut will neue Wirkstoffe schneller verfügbar machen

Man hört und liest viel über Antibiotika, die gegen bestimmte Erreger nicht mehr wirken. Lässt sich dieses Problem beziffern?

Die Zahl der resistenten Bakterien in Deutschland ist durchaus beträchtlich. Allerdings gibt es erhebliche Schwankungen je nach Wirkstoff und Bakterienstamm: Teilweise lassen sich bis zu 50 Prozent eines Bakterienstamms nicht mehr mit einem bestimmten Antibiotikum bekämpfen, bei anderen Bakterien und Wirkstoffen bewegt sich der Anteil der resistenten Organismen im niedrigen einstelligen Bereich.

Mit dem Verbundprojekt MOASES wollen Sie einen Beitrag leisten, um neue Wirkstoffe schneller zur Marktreife zu führen. Was ist das Besondere an dem Projekt?

Auf dem Weg von der Entdeckung eines neuen Wirkstoffs bis zu dessen Zulassung als Medikament gilt es, eine ganze Kette von Herausforderungen zu bewältigen. Wir konzentrieren uns auf eine, die bislang eher vernachlässigt wurde: Wie wirkt sich das Antibiotikum auf die Mikrobiota aus, also auf all die Bakterien, Pilze und sonstigen Mikroorganismen im Darm, die dabei helfen, Nährstoffe aufzunehmen, aber auch vor krank machenden Erregern schützen?

Wie gehen Sie vor, um das herauszufinden?

Wir arbeiten mit einem neuen Wirkstoff, der bereits recht gut erforscht ist und sowohl in der Tier- als auch in der Humanmedizin zum Einsatz kommen könnte. Diesen testen wir an einem Tier, das dem

Menschen genetisch sehr ähnlich ist – dem Schwein. Konkret machen wir einen Fütterungsversuch mit Ferkeln: Eine Gruppe bekommt eine Woche lang den neuen Wirkstoff ins Futter gemischt, die zweite einen bereits zugelassenen, die letzte bekommt gar kein Medikament. Vor, während und nach der Wirkstoffgabe nehmen wir täglich Kotproben und analysieren diese mit modernsten Technologien.

Welche sind das?

Wir wenden die genetische Technik des Next Generation Sequencing, NGS, an, mit der sich sehr schnell beeindruckende Datenmengen erheben und Rückschlüsse ziehen lassen. Mittels NGS konnten zum Beispiel in Grundzügen die Zusammensetzung der Darmmikrobiota des Ötzi sowie mehrere Genome von Vorläufern heutiger pathogener Bakterien rekonstruiert werden. Bei unserem Vorhaben versuchen wir mithilfe des NGS im Wesentlichen zwei Fragen zu beantworten: Wie ist die Mikrobiota zu einem bestimmten Zeitpunkt – also zum Beispiel am Tag zwei der Antibiotika-Gabe oder drei Tage nach Absetzung – zusammengesetzt? Und welche Funktionen der Mikrobiota werden durch die Gabe des Wirkstoffs wie verändert?

Und was lässt sich daraus ableiten?

Wir erfahren dadurch mehr über die Verträglichkeit eines neuen Wirkstoffs. Und wir können besser verstehen, warum bestimmte Nebenwirkungen auftreten. Auf dem Weg zur Zulassung eines neuen Wirkstoffs ist die Klärung dieser Fragen von erheblicher Bedeutung. Einfach aus-

gedrückt: Je weniger ein neues Antibiotikum die Funktion der Mikrobiota in Mitleidenschaft zieht, desto besser.

Wie lange dauert es eigentlich, ein neues Antibiotikum zur Marktreife zu bringen?

Von der Entdeckung eines neuen Wirkstoffs bis zu dessen Zulassung sind unglaublich viele Parameter zu prüfen. Im Schnitt muss man mit einer Entwicklungsdauer von 10 bis 15 Jahren rechnen.



Prof. Dr. Thilo M. Fuchs ist stellvertretender Leiter des Instituts für molekulare Pathogenese am Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) Jena. Er koordiniert das Verbundprojekt MOASES (Meta-Omics-Analysen systemischer Effekte antiinfektiver Substanzen), an dem neben dem FLI die Universität Greifswald und das Helmholtz-Institut für Pharmazeutische Forschung Saarland beteiligt sind.

Das Gespräch führte Tobias Löser.

Haben Sie auch eine Forschungsfrage? Ihre Anregungen sind willkommen: redaktion@forschungsfelder.de

Illustration: Sarah Heiß

Foto: Andreea Bruce/NOOR/laif

Die Gesundheit ...

... von Menschen, Tieren und unserer Umwelt bedingt sich gegenseitig – nicht nur in Deutschland, sondern weltweit. Ein Ansatz, der diese komplexen Zusammenhänge ganzheitlich betrachtet, wird auch „One Health“ genannt. Um die Sicherheit von tierischen Produkten zu garantieren, ist es zum Beispiel wichtig, alle Schritte der Lebensmittelkette zusammen zu betrachten. Wie ein nachhaltiges Gesundheitsmanagement disziplinenübergreifend funktioniert und welches dabei die Aufgaben der Forschung sind, lesen Sie in der kommenden Ausgabe der forschungsfelder.

Impressum

forschungsfelder

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

Fachliche Betreuung, Steuerung: BMEL-Referat L3, Strategische Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit, Protokoll
V.i.S.d.P.: Dr. Michaela Nürnberg, Dr. Antje Töpfer
Konzept, Redaktion, Gestaltung: neues handeln GmbH, Berlin, Isabel Canet (Ltg.), Nicolas Bilo, Dominik Wüchner, Angela Matern (AD), Bildredaktion: Barbara Stauss

Fotos und Illustrationen, wenn nicht anders angegeben: Titel und Rücktitel: Cathy Keifer/shutterstock.com; Seite 3: links: Lene Münch/Kollektiv 25/Agentur Focus, rechts: M. Tauschke, Y. Dalpe/ZALF; Seite 4/5: Daniel Berehulak/The New York Times/Redux/laif; Seite 6/7: Christian Pannicke; Seite 16/17: Canicula, bioraven, babayuka, RomanYa, Dmitry Natashin, Viktoriya Belova Morphart Creation/shutterstock.com; **Litho:** Twentyfour Seven, Berlin **Druck:** Prinovis GmbH & Co. KG, Dresden

Wenn Sie dieses Magazin bestellen möchten:
Bestell-Nr.: BMEL18002
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Telefon: 030 18 272-27 21
Fax: 030 18 10 22-27 21
Schriftlich: Publikationsversand der Bundesregierung,
Postfach 48 10 09, 18132 Rostock
Printed in Germany



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

