



Pilze schließen den Kreislauf des Lebens: Indem sie totes Holz zersetzen, machen sie dessen Nährstoffe für andere Lebewesen erneut verfügbar.

FOTOS: NAME NACHNAME, NAME NACHNAME



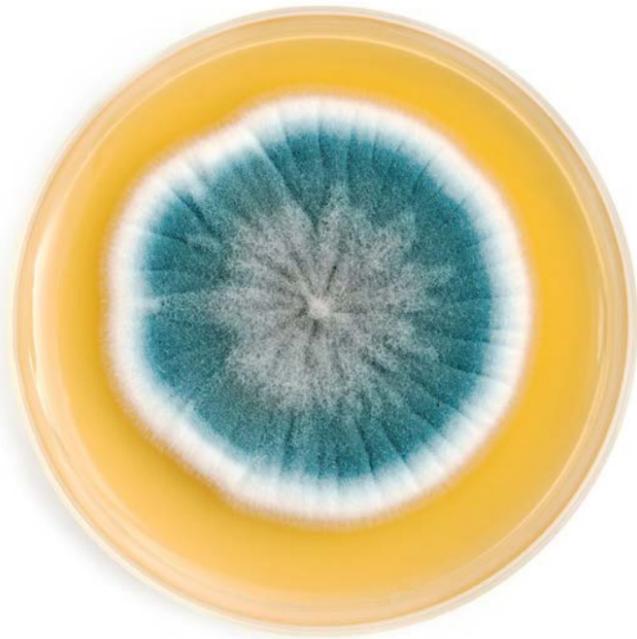
Heimliche Herrscher

Pilze machen uns krank, machen uns gesund, machen uns satt. Mehr noch: Sie formen ein unsichtbares Netzwerk, ohne das Leben in seiner bekannten Form nicht möglich wäre

TEXT: CARSTEN JASNER

Manche Schimmelpilze produzieren gesundheitsschädliche Gifte. In der Lebensmittelindustrie verursachen sie Schäden in Milliardenhöhe.

Penicillium chrysogenum verdirbt Lebensmittel. Und er rettet Leben: Der Pinselschimmel produziert das für viele Bakterien tödliche Penicillin.



Stäublinge bilden einen Fruchtkörper, aus dessen Innerem bei Berührung eine Wolke von Sporen aufsteigt.



Das Herz des Zitronengelben Seitlings sind nicht seine Fruchtkörper, sondern das dichte darunterliegende Geflecht aus feinen Fäden, Myzel genannt.



Pilzfäden umschließen die Wurzeln einer Pflanze. Die beiden leben in Symbiose: Die Pflanze liefert Zucker, der Pilz bezahlt mit Nährstoffen.



D

ieser Ort im Wald erinnert an ein Reihengrab: Vier Meter lange Baumstämme liegen in regelmäßigen Abständen nebeneinander und verrotten. Rinde platzt ab, Moos wuchert. Angenagelte Schildchen weisen das Totholz als Kirsche, Hainbuche, Eiche, Kiefer aus – 13 Arten insgesamt. Den Ahorn bedeckt ein schwarzer Film, aus der Kiefer wuchern hufartige Gebilde. Aus der Birke quillt teigige Masse. »Was wir hier von den Pilzen sehen«, sagt Francois Buscot, »sind bloß winzige Auswüchse.«

Der Baumfriedhof im brandenburgischen Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin ist ein wissenschaftliches Experiment. Seit zwölf Jahren dokumentieren dutzende Forscher den Zerfall, darunter der Ökologe Buscot vom Umweltforschungszentrum in Halle. Er interessiert sich für die Verantwortlichen: Pilze. Sie treiben mikroskopisch feine Fäden über Millionen Kilometer kreuz und quer durch die Stämme. »Sie zerlegen sie wie Bergarbeiter in einer Mine. Sie sind die einzigen Organismen, die das können.« Gleichzeitig sorgen sie an anderer Stelle dafür, dass Bäume wachsen. »Wir brauchen sie«, sagt Buscot. »Ohne Pilze wäre die Welt eine Katastrophe.«

Pilze sind Totengräber und Geburtshelfer. Sie verdauen Lignin und Zellulose, mal direkt, mal im Darm von Insekten, und verwandeln so Holz in Humus. Zugleich verknüpfen sich ihre Fäden, Hyphen, mit lebenden

Baumwurzeln und liefern Nährstoffe. Sie sind Multitalente: Chemiker, Krieger, Trickbetrüger, Netzwerker, Überlebenskünstler. Manche manipulieren, ätzen und töten. Andere kooperieren, ernähren und heilen. Sie fressen so gut wie alles, symbiotisch oder parasitär, zur Not hungern sie jahrzehntelang. Sie sind die wohl am meisten unterschätzten Wesen der Welt.

Und sie sind überall. Ihr Myzel, das Geflecht der Hyphen, unterwandert sämtliche Wälder, bohrt sich unter Äcker und Weiden, erreicht jeden Garten und jedes Haus. Ihre Sporen wandern mit Winden rund um den Globus. Kein Kontinent, kein Gegenstand, kein Lebewesen ist frei von ihnen. Pilze tummeln sich im Essen, auf unserer Haut, in unserem Darm, in der Lunge. Sie steuern Leben, fördern oder vernichten es. Pilze sind die heimlichen Herrscher der Welt.

Ihre bescheidenen Auswüchse, die Fruchtkörper, nehmen wir wohl wahr. Die gigantische Masse in Luft und Erdreich aber bleibt uns verborgen. Sporen und Hyphen sind fünf bis fünfzig Mal feiner als ein menschliches Haar. Doch auch unter dem Mikroskop fällt es schwer, Pilze zu unterscheiden. Gerade mal 120 000 Arten haben Forscher identifiziert – von geschätzten fünf bis zehn Millionen. Seit einigen Jahren herrscht allerdings Aufbruchstimmung. Mit der Möglichkeit, die DNA von Pilzen zu entschlüsseln, prescht die Forschung voran.

Was tut ein Pilz? Diese scheinbar simple Frage treibt Biologen, Chemiker und Ökologen voran. Mit wem arbeitet eine Spezies zusammen, wen bekämpft sie? Ist

Schräge Verwandte

Pilze sind weder Pflanzen noch Tiere, sondern bilden ein eigenes biologisches Reich. Die Schätzungen dazu, vor wie langer Zeit sich die Entwicklungslinie der Pilze von jener der Tiere trennte, reichen von 600 Millionen bis zu 1,5 Milliarden Jahren. Klar scheint: Sie stehen uns näher als die Pflanzen.

sie Freund oder Feind? Und wie können wir sie für unsere Zwecke einspannen?

Außer Frage steht ein unschätzbare Verdienst des Pilzes: Er ist Wegbereiter des Lebens. Ohne ihn gäbe es uns nicht. Vor rund einer Milliarde Jahre eroberten Pilze als erste Organismen das Land. Bohrten sich mit großem Druck in winzige Felspalten, ätzen Tunnel, zerbröselten Steine. Algen und Moose folgten aus dem Meer und ließen sich, mangels Wurzeln, auf Pilzen nieder. Das war der Moment, da die Mitglieder dieser beiden Reiche – Pflanzen und Pilze – einen Handel schlossen: Die zur Photosynthese fähigen Pflanzen ▶



Auf dem Baumfriedhof in der Schorfheide wird erforscht, wie Pilze die Stämme langsam zersetzen. Fallen (oben) sollen klären, welchen Beitrag Insekten leisten.

FOTOS: NAME NACHNAME, NAME NACHNAME

versorgen den Pilz mit Zucker; der das Erdreich durchwuchern-
de **Pilz lieferte Wasser** und gelöste Nährsalze.

Die Geschäftsbeziehung besteht bis heute. Rund 90 Prozent aller Pflanzen gehen Symbiosen mit Pilzen ein. Dabei geht es zu wie auf einem unterirdischen Markt. Die Wurzel sucht sich aus einem Angebot konkurrierender Pilzarten jene aus, die ihr besonders viel Phosphor und Stickstoff besorgen. Der Pilz wiederum bevorzugt die spendabelsten Zuckerlieferanten.

Je schärfer die Konkurrenz, desto großzügiger die Partner, desto fairer, langfristiger und profitabler die Beziehungen, fanden Forscher heraus. Buhlen viele verschiedene Pilze um die Gunst einer Pflanze, wächst diese schneller und ist resistenter gegen Dürre, Schädlinge und Überschwemmungen.

Diese Erkenntnis könnte helfen gegen die Bösen unter den

Pilzen: Schmarotzer und Räuber, die Pflanzen und Menschen krank machen. Parasitäre Pilze haben unzählige Ernten vernichtet, sogar gesellschaftliche Umbrüche verursacht. Der Mutterkornpilz, bekannt und gefürchtet seit dem Mittelalter, erzeugt Darmkrämpfe und Halluzinationen, lässt Finger und Zehen faulen. Historiker führen die weit verbreiteten Aggressionen während der Französischen Revolution unter anderem auf eine Mutterkornvergiftung zurück. Die Große Hungersnot in Irland zwischen 1845 und 1849 geht aufs Konto der Kartoffelfäule. Eine Million Menschen starben, zwei Millionen wanderten aus, hauptsächlich nach Amerika.

Heute vernichten Fusarium-Pilze weltweit Mais und Getreide, bis zu 70 Prozent der Erträge. Falscher Mehltau greift Obst- und Gemüsesorten an – Gurke, Kohl, Kopfsalat, Wein. Rostpilze befallen Getreide, Spargel, Karotte, Erbse, Zwiebel oder Bohne und



Das Monster

Das größte Lebewesen der Welt lauert im Erdreich von Oregon: Ein Hallimasch. Er erstreckt sich über neun Quadratkilometer, wiegt geschätzte 600 Tonnen und ist rund 2400 Jahre alt. Vor 20 Jahren wurde er von Forstwissenschaftlern entdeckt. Der Pilz konnte so groß werden, weil die Luft im Osten Ore-gons zu trocken ist, um Fruchtkörper auszubilden, deren Sporen konkurrieren-
de Nachkommen erzeugen könnten.

vernichten bis zu 40 Prozent der Ernte. Die jüngste Gefahr droht durch den Schwarzrostpilz: Von Ostafrika ausgehend breitet er sich seit der Jahrtausendwende aus und greift alle weltweit gängigen Weizensorten an.

Silke Robatzek hat großen Respekt vor phytopathogenen Pilzen. »Sie sind sehr geschickt. Sie tarnen sich, stören und manipulieren ihre Wirte.« Die Mikrobiologin untersucht an der Universität München, wie Rostpilze eine Schwachstelle der Pflanze befallen: Stomata – Spaltöffnungen, durch die Blätter Kohlendioxid aufnehmen und Sauerstoff und Wasser abgeben. Der Pilz nutzt sie als Einfallstor.

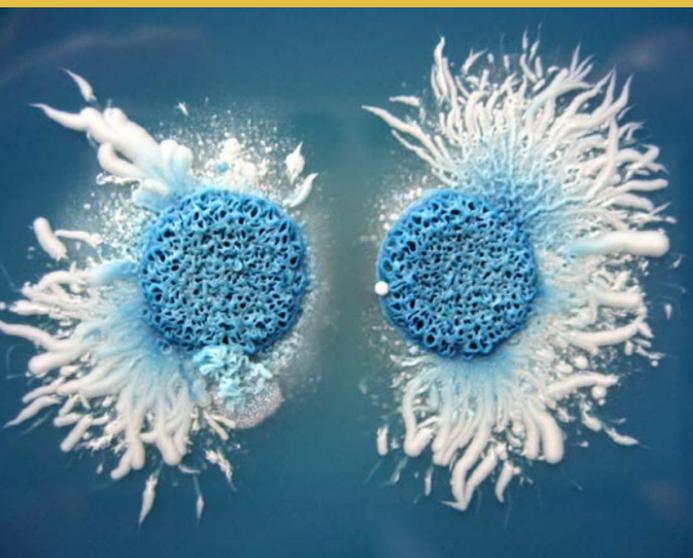
Eigentlich sind Pflanzen dagegen gerüstet: Rezeptoren erkennen Sporen an deren Chitinkleid. Im Ernstfall schlägt die Wächterzelle Alarm, durch Ionenkanäle entweicht Gas aus Zellen um die Spaltöffnungen, der Innendruck fällt, Stomata schließen sich. Doch der Rostpilz ▶



Diese Weizenhalme sind vom Schwarzrostpilz befallen. Er tarnt sich, um un-
bemerkt ins Pflanzenin-
nere einzudringen.



Der Mutterkornpilz wächst auf Getreide. Seine Gifte sind Aus-
löser des Antonius-
feuers, das im Mittel-
alter epidemienhaft auftrat und unzählige Opfer forderte.



Ein tödlicher Irrtum

MEDIZIN Fast jeder Mensch hat ihn: **Candida albicans**, ein Hefepilz, nistet sich in der Schleimhaut von Mund, Vagina und Darm ein. Dort verhält er sich meist unauffällig. Ist das Immunsystem jedoch stark geschwächt oder die Darmflora durch Verabreichung von Antibiotika geschädigt, kann er sich in einen aggressiven Gegner verwandeln.

Die Einzeller vermehren sich massenhaft, ihnen wächst ein langer Schwanz. Diese Hyphen attackieren Zellen, vornehmlich der Schleimhäute. Sie durchbohren deren Membran mit hohem Druck oder durchlöchern sie mit Hilfe eines toxischen Eiweißes. Platzt die Wirtszelle, gelangt der Pilz in die Blutbahn, wo er sich umstellen muss: anderer pH-Wert, weniger Nährstoffe. Am Ende stirbt er mit dem Menschen, was nicht in seinem Sinne sein dürfte. »Eine Sackgasse, wie wir sie bei Parasiten häufiger beobachten«, sagt Bernhard Hube, Mikrobiologe am Hans-Knöll-Institut in Jena. »Ein Irrtum der Natur.«



Phytophthora infestans befällt nicht nur Tomaten. Von 1845 bis 1849 vernichtete der Pilz in Irland die Kartoffelernten und löste eine verheerende Hungersnot aus.

FOTOS: NAME NACHNAME, NAME NACHNAME



Vor über 400 Millionen Jahren wuchsen Riesenpilze der Gattung Prototaxites.

Entwicklungshelfer des Lebens

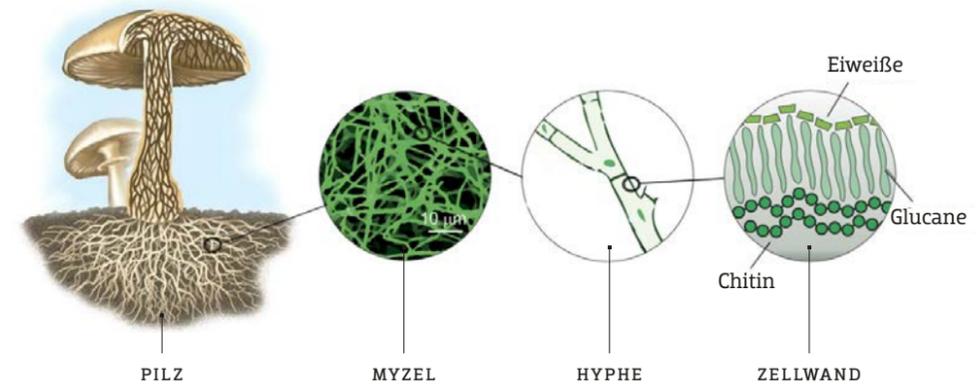
ERDGESCHICHTE Die ersten Pilze waren Einzeller im Meer. Schon früh verbündeten sie sich mit Bakterien und schufen krustenartige Gemeinschaften, ähnlich den heutigen Flechten. Als sich vor rund 470 Millionen Jahren die ersten Algen an Land wagten, hatten die Pilze bereits den Boden für den **Siegeszug der Landpflanzen** bereitet. Die Pilze hatten begonnen, das Gestein mit Chemikalien und dem schieren Druck ihrer Hyphen aufzubrechen. Mehr noch: Das Pilzgeflecht ersetzte den frühen Pflanzen das Nährstoffbad im Ozean. Es belieferte deren Wurzeln mit Wasser und Mineralien, im Austausch für Zucker.

Diese höchst erfolgreiche Symbiose, Mykorrhiza genannt, führte zur Begrünung der Kontinente, veränderte die Atmosphäre und das Klima des Planeten. Bevor Farne und Bäume in den Himmel wuchsen, prägten Pilze sogar die Landschaft: Vor 430 Millionen Jahren ragten bis zu neun Meter hohe Urpilze einer ausgestorbenen Gattung namens Prototaxites in die Höhe.

Als sich auf der Erde Wälder ausbreiteten, übernahmen die Pilze eine weitere wichtige Aufgabe: Ihr Myzel bildet ein **riesiges Kommunikationsnetz**, über das Pflanzen Nährstoffe austauschen, sich gegenseitig vor Schädlingen warnen

oder Substanzen aussenden, um Konkurrenten zu schaden.

Auch bei der letzten großen Revolution in der Geschichte des Lebens spielten Pilze wohl eine Rolle. Als vor 65 Millionen Jahren ein Meteoriteneinschlag führte, profitierten sie von der Fülle an totem organischen Material, das ihnen als Nahrung diente. Eine Theorie besagt sogar, dass sie den Säugetieren zum Aufstieg verhalfen: Diese seien wegen ihrer gleichmäßig hohen Körpertemperatur besonders resistent gegen infektiöse Pilze gewesen, die oft ein kühleres Milieu bevorzugten.



IM UNTERGRUND Mehrzellige Pilzarten bilden ein Myzel: Ein unterirdisches Netz aus feinen Fäden namens Hyphen, entlang derer sie Wasser, Nährstoffe, Botenstoffe transportieren. Aus Myzel bestehen auch die oberirdischen Fruchtkörper. Sie bilden Sporen, aus denen neue Pilze erwachsen.

tarnt sich. Er scheidet Moleküle aus, die sein Chitinkleid unkenntlich machen. Derart verkleidet schleicht er an den Rezeptoren vorbei und injiziert ein Gift, das Alarmsignale blockiert. Die Stomata bleiben geöffnet.

Nicht minder gerissen verhält sich der Maisbrandpilz. Mit seinen Hyphen bohrt er sich durch Zellwände, um Nährstoffe abzuzapfen. Normalerweise verhindert das der Wirt, indem er bei Kontakt mit Sporen verstärkt Lignin produziert. Das verholzt Zellwände und errichtet so Barrieren. Doch der Pilz sondert ein Protein ab, das das Notprogramm umschreibt: Statt Lignin erzeugt die Pflanze nun nutzlose, rote Farbe. Der Pilz hat freie Bahn.

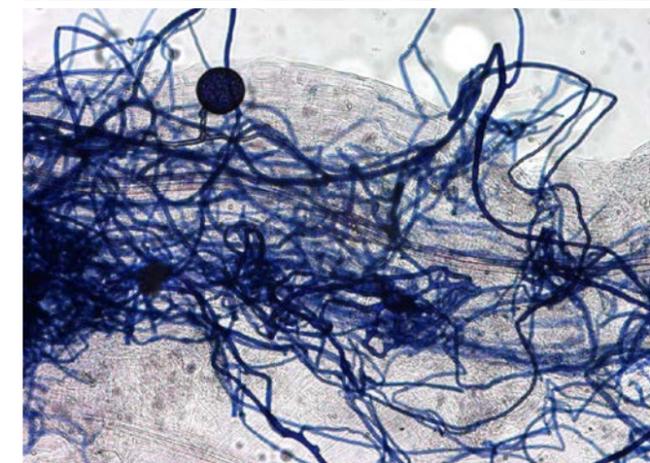
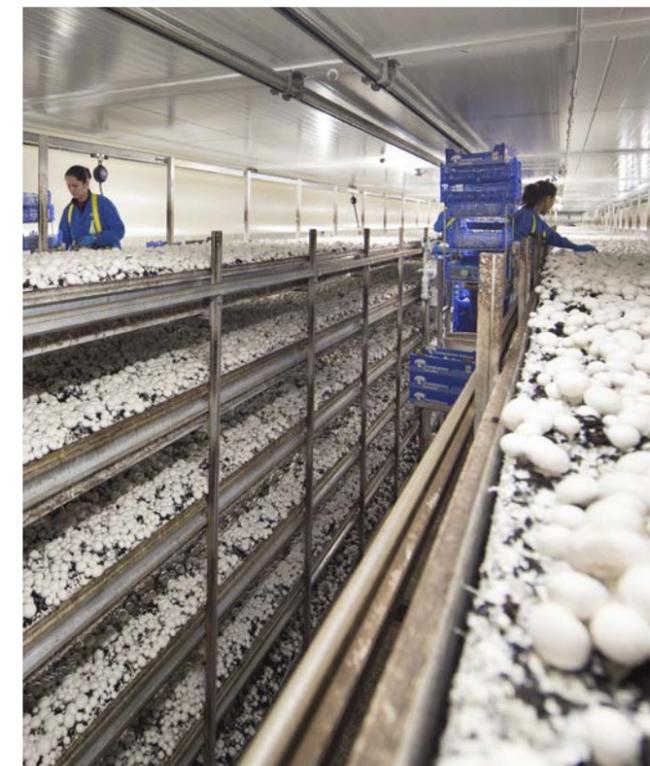
»In der Landwirtschaft werden Pilzkrankheiten zunehmen«, fürchtet Silke Robatzek. Zum einen durch den Klimawandel: »Hitze und Dürren schwächen die Pflanzen.« Zum anderen durch Züchtungsprogramme seit den 1930er Jahren: »Man zielt auf besseren Geschmack und größere Erträge, weniger auf die Stärkung natürlicher Abwehrkräfte.« Der Pilz indes hatte alle Zeit der Welt, immer schlaunere Angriffsstrategien zu entwickeln.

Wie könnte man Roggen, Mais und Raps dagegen wappnen? Genetische Veränderungen

sind nicht erlaubt. Züchtungsprogramme würden kostbare 15 bis 20 Jahre dauern. Vielleicht hilft die Kraft der Symbiose: Forscher wollen Ackerböden mit »freundlichen« Pilzen impfen, um die Pflanze im Kampf gegen Schmarotzer zu unterstützen.

Der Mensch blieb bislang von Züchtungsversuchen verschont. Wohl deshalb ist sein Immunsystem stark genug, Pilze in Schach zu halten. Zwar leiden viele unter Haut-, Nagel- und Scheidenpilzen, doch die sind nicht lebensbedrohlich.

Gefährlich wird es, wenn die Abwehrkräfte darnieder liegen, etwa bei Empfängern von Organ- oder Knochenmarkspenden, Aids-Patienten oder Krebskranken während der Chemotherapie. »Dann können sich bis dahin harmlose Pilze in Lunge und Darm plötzlich in Killer verwandeln«, sagt Axel Brakhage, Direktor des Hans-Knöll-Instituts für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie in Jena. Hefe- und Schimmelpilze dringen in die Blutbahn vor, manche bis ins Gehirn, und verursachen innerhalb von Tagen bis **weniger** Wochen ▶



Oben: Champignons sprießen auf einem Substrat aus Tierkot. Unten: Hyphen (blau) wachsen in den Wurzelzellen einer Pflanze.

FOTOS: NAME NACHNAME, NAME NACHNAME

multiples Organversagen (siehe Kasten S. 22). »Ärzte erkennen solche Pilzinfektionen meist viel zu spät«, sagt Brakhage. 1,5 Millionen Menschen sterben jährlich daran, mehr als durch Malaria und Tuberkulose zusammen.

Pilze sind chemische Fabriken. Ihre Gifte können töten – und auch heilen. Penicillium ist solch ein Giftpilz. Er hat viele Millionen Menschenleben gerettet, seit der Mediziner Alexander Fleming 1928 zufällig entdeckte, dass er gefährliche Bakterien tötet. Heute wird in Laboren weltweit in mühseliger Kleinarbeit untersucht, welche Stoffe von Pilzen helfen könnten, krankmachende Mikroben zu besiegen.

Im Grunde fußt unsere gesamte Zivilisation auf einem Pilzgift. Als unsere Vorfahren entdeckten, wie man Brot backt und Bier braut, wurden sie sesshaft. Was sie nicht wussten: Sie nutzten die Waffen eines Hefepilzes. Während der Gärung verwandelt er Zucker in Alkohol und produziert Kohlendioxid, um Nahrungskonkurrenten zu vergiften und zu ersticken.

Seither ist die Weltbevölkerung – dank Backhefe und Penicillin – auf fast acht Milliarden Menschen gewachsen, die Nahrungsressourcen werden lang-



Hähnchen und Würstchen für Vegetarier: Die britische Firma Quorn stellt Fleischersatz aus Pilzen her.

Der Hexenring

Früher galten Kreise aus Pilzen als Treffpunkte für Hexen oder Feen. Sie entstehen, wenn das unterirdische Geflecht eines Pilzes gleich schnell in alle Richtungen wächst. An den Ausläufern bildet es Fruchtkörper; im Zentrum des Kreises stirbt es wieder ab, weil dort die Nahrung knapp wird. Der gesamte Hexenring stellt somit einen einzigen großen Organismus dar.



sam knapp. Jetzt überlegen Forscher, ob Pilze uns einmal mehr helfen könnten. »Pilze eignen sich hervorragend als Fleischersatz«, sagt der Lebensmittelchemiker Holger Zorn. »Sie enthalten wertvolle Vitamine und Mineralien und bestehen zu einem Viertel aus Proteinen, die der menschliche Körper besser verwerten kann als das Pflanzeiweiß.«

Zum Gedeihen brauchen Pilze kein Licht und nur wenig Platz – ein weiterer Vorteil. An der Universität Gießen gibt Zorn das Myzelgeflecht von Speisepilzen wie Shiitake, Kräuterseitling und Austernseitling in Bioreaktoren. Es fermentiert auf Nährstoffen wie Olivenpresskuchen, Rapsstroh oder Brauereihefe bei Temperaturen zwischen 20 und 28 Grad unter Zufuhr von Sauerstoff und stetem Schütteln binnen vier Tagen zu aromatischen Pilzpellets.

Das britische Unternehmen Quorn Foods hat bereits in den 1980er-Jahren ein ähnliches Verfahren entwickelt und verkauft seither verschiedene Pilzprodukte in Großbritannien und der Schweiz. Quorn benutzt Schimmelpilze. Hundert Gramm kosten etwa so viel wie die gleiche Menge Bio-Hackfleisch. Holger Zorn bevorzugt aromatische Speisepilze. Mit einem Wurstfabrikanten hat er eine vegane Mortadella entwickelt.

Zu welchen Produkten auch immer man Pilzpellets verarbeitet – sie ließen sich überall auf der Welt mit geringem Aufwand industriell herstellen. Als Substrat böten sich Abfälle aus der Lebensmittelproduktion an: Kofasern, Bananenblätter, Kakaopulpe, Hirse- oder Reisstroh.



»Pilze sind zu unglaublichen Dienstleistungen fähig«, sagt der Chemiker Lukas Wick. Sein Fokus liegt weniger auf deren Essbarkeit als vielmehr auf ihrer Fähigkeit als Netzwerker. Am Umweltforschungszentrum in Leipzig untersucht er, wie Pilze in Zusammenarbeit mit Bakterien verseuchte Böden sanieren.

Im Boden wimmelt es von Bakterien, die in der Lage sind, organische Stoffe wie Erdöl, Pestizide oder Pharmazeutika zu fressen, erklärt Wick. Doch sie alle sind irgendwie spezialisiert und nicht immer zur richtigen Zeit am richtigen Ort. Wenn Wick aber ein paar Krümel Erde mit Pilzen impft, bauen deren Hyphen ein Transportnetz, das die Bakterien mobilisiert. »Durch das Mikroskop sieht das aus wie ein stark befahrener Autobahnknoten.«

Bakterien wandern auf den Hyphen umher, weil sie von diesen mit Wasser versorgt werden. Dabei kommt es zu Zusammenstößen – »erfreulicherweise«, sagt Wick, denn bei diesen Kollisionen tauschen die Bakterien

DNA-Sequenzen aus, die ihre Fähigkeit, Altlasten abzubauen, vergrößern.

Wenn Hyphen als selbst wachsende Straßen funktionieren – könnten sie auch als organisches Baumaterial dienen? Seit einigen Jahren gehen Forscher und Praktiker rund um die Welt dieser Frage nach – mit zunehmendem Erfolg. Es gibt ziegelsteingroße Pilzgebilde, die so leicht sind wie eine Tafel Schokolade, aber ein Gewicht von 200 Kilogramm aushalten. Und Texturen, die aussehen wie Leder oder Latex und ebenso stabil, flexibel oder dehnbar sind.

Die Biotechnologin Vera Meyer hat an der Technischen Universität Berlin eine Werkstatt mit dem programmatischen Namen »Mind the Fungi«, zu Deutsch etwa: »Achtet auf die Pilze«, eingerichtet. In Hohlformen keimen hier Pilze auf Sägespänen. Das Myzel wächst in jeden Winkel der Form, indem es Späne verdaut und zu einer harten Masse verklebt. Wird die Masse schließlich auf

Die US-Firma Ecovative Design stellt Dinge aus geformtem und ausgehärteten Pilzgeflecht her: Hocker zum Zusammenbauen ebenso wie nachhaltiges Verpackungsmaterial für Flaschen.



70 Grad erhitzt, stirbt der Pilz und der »Stein« ist fertig. In einer benachbarten Abteilung verarbeitet ein Mitarbeiter Zunderschwammpilze. Aus deren hufartigen Fruchtkörpern schneidet er das Innere heraus, die Trama, und walkt sie zu einem strapazierfähigen Stoff.

Was Ökologen auf dem Baumfriedhof in der brandenburgischen Schorfheide untersuchen – wie Zunderschwamm, Lackporling oder Rotrandiger Baumschwamm Holz fressen –, will Meyer für neue, die Gesellschaft reformierende Pilzprodukte nutzen. Ein 40-köpfiges Team aus Chemikern, Mikrobiologen, Holzwissenschaftlern, Werkstoffingenieuren, Bauingenieuren, Architekten, Designern und Verfahrenstechnikern arbeitet in alle Richtungen. Die Forscher entwickeln Pilz-Enzyme für Waschmittel und für die Produktion von Biokraftstoff oder untersuchen, wie Pilze krankmachende Konkurrenten ausschalten.

Eine Vision von Meyer treibt sie besonders an: »Wir werden uns in Pilze kleiden, auf Pilzen

sitzen und in Pilzen wohnen.« Die Biotechnologin will die Vorherrschaft von Beton, Baumwolle und Plastik verdrängen. »Pilzmaterial ist komplett recycelbar, die Herstellung benötigt nur wenig Energie und Wasser.« In fünf bis zehn Jahren, hofft sie, seien die Produkte serienreif.

Ein sportliches Ziel, aber in diese Richtung denken alle Pilzforscher. Das riesige, vielfältige Potential der Organismen blieb lange verborgen. Jetzt gilt es, die Meister der Zerstörung und der Synthese, der Kriegsführung und der Kooperation zu entdecken und als Verbündete zu gewinnen. Für eine Zukunft mit veganen Würsten, heilenden Giften und kompostierbaren Häusern. ■

P.M. KOMPAKT

- Pilze machen **Leben an Land** erst möglich. Sie versorgen Pflanzen mit Nährstoffen und bauen organische Abfälle ab.
- Als **Schädlinge** verursachen sie Krankheiten und Hungersnöte.
- Hoffnungsträger sind sie als Medizin, Lebensmittel, **Baustoff**.

FOTOS: NAME NACHNAME, NAME NACHNAME