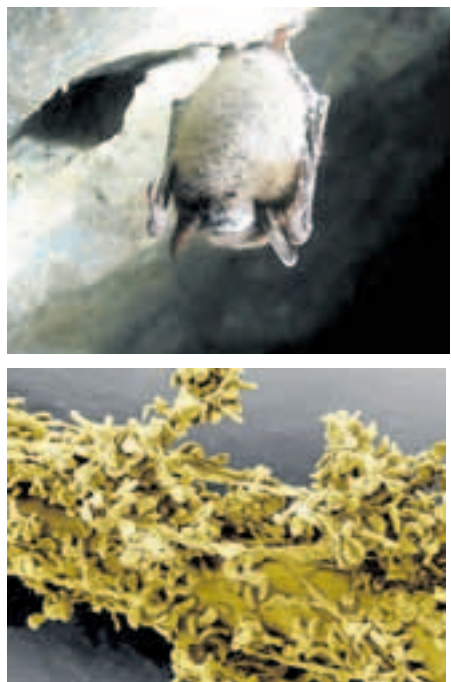


Gefährlicher Parasit. Rostpilze befallen fast alle Pflanzen, in der Landwirtschaft werden sie gefürchtet. In diesem Querschnitt durch ein Malvenblatt sieht man, wie sich der Pilz ins Blatt bohrt und so Nährstoffe aus der Pflanze saugen kann.
Foto: Science Photo Library

Angriff der Pilze



Hängt am seidenen Faden.

Die Kleine Braune ist eine von sieben Fledermausarten, die unter dem Weißnasensyndrom leiden. Verursacht wird es durch den Pilz *Geomyces destructans*. Das untere Bild zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme des Erregers auf einem Fledermaushaar.
Fotos: USFWS, Gudrun Wibbelt

Immer wieder das gleiche Bild: Hunderte toter Frösche, Kröten und Salamander treiben in Bächen oder Flüssen. Tausende Tierkadaver finden die Forscher, ob in den USA, Australien oder den Pyrenäen. Seit den 70er Jahren beobachten Biologen auf der ganzen Welt ein dramatisches Massensterben von Amphibien. Die Ursache war lange ein Rätsel. 1997 fand schließlich ein Forscherteam den Täter: einen Pilz namens *Batrachochytrium dendrobatidis*. Die Gruppe, zu der der Pilz gehört, war noch nie zuvor als Krankheitserreger bei Wirbeltieren aufgefallen.

Wie er seinen Wirt tötet, ist nach wie vor unklar. Die Sporen des Pilzes leben in Bächen und Teichen und können sich mit einer winzigen Geißel fortbewegen. Setzen sie sich in der Haut des Tieres fest, stört das vermutlich dessen Flüssigkeitshaushalt. Die Tiere verlieren Elektrolyte und sterben an Herzstillstand. Fast 40 Prozent seiner Amphibienarten hat Mittelamerika so eingebüßt, das ist der größte krankheitsbedingte Verlust an Biodiversität, der je beschrieben worden ist.

Zehn Jahre später, im Winter 2007, entdeckten Forscher in fünf Höhlen im Staat New York tausende toter Fledermäuse. Ohren und Nase der Tiere bedeckte ein weißes Geflecht. Das Weißnasensyndrom, das durch den Pilz *Geomyces destructans* verursacht wird, hat seitdem sechs Millionen Fledermäuse getötet. Es ist im Norden bis nach Kanada und im Süden bis nach Tennessee vorgedrungen. Der ökonomische Schaden ist beträchtlich. Weil Fledermäuse Pflanzen bestäuben und Schadinsekten fressen, wird ihr Wert für die Landwirtschaft der USA auf 3,7 Milliarden Dollar im Jahr geschätzt.

Die beiden dramatischen Krankheiten haben eine Gruppe von Erregern in den Mittelpunkt des Forschungsinteresses gerückt, die lange vernachlässigt wurde: Pilze. „Bis vor wenigen Jahren haben Leute nur die Augen verdreht, wenn man meinte, ein Pilz habe ein Tier wie eine Kröte getötet“, sagt Gudrun Wibbelt vom Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung in Berlin. Das habe sich geändert. Und es tauchen immer wieder neue Pilzkrankheiten auf.

Allein in den vergangenen fünf Jahren sind Pilze beschrieben worden, die Klapperschlangen, Landkrabben, Avocado-bäume oder die Eier von Meeresschildkröten angreifen. „Weltweit nehmen Pilzkrankheiten von Tieren und Pflanzen

zu“, sagt Sarah Gurr, Pflanzenpathologin an der Universität Oxford. Gemeinsam mit anderen britischen und US-amerikanischen Forschern hat Gurr im Frühjahr eine Studie im Fachblatt „Nature“ veröffentlicht, die das belegen soll. Die Autoren schauten sich etwa ProMED an, ein Projekt, das Krankheitsausbrüche auf der ganzen Welt verfolgt. Als die Mailingliste 1995 gestartet wurde, betrug der Anteil an Pilzkrankheiten ein Prozent. 2010 waren es sieben Prozent. „Ich denke, ein Teil des Anstieges ist auf erhöhte Aufmerksamkeit zurückzuführen“, sagt Bruce McDonald, Pilzexperte von der ETH Zürich. „Aber Pilze sind auf dem Vormarsch.“ Gurr spricht gar von den „Pilzkriegen der Welt“.

Die Menschheit hat gelernt, Pilze für sich zu nutzen. Bier, Brot und Penicillin sind nur einige Errungenschaften, die wir den Organismen verdanken. Dennoch wissen wir erschreckend wenig über sie. So glaubten Forscher bis in die 60er Jahre, Pilze seien eng mit Pflanzen verwandt. Inzwischen ist klar, dass sie sich einen jüngeren gemeinsamen Vorfahren mit den Tieren teilen. (Die Champignons in Ihrem Salat sind also näher mit Ihnen verwandt als mit den Eisbergblättern.)

Andere Dinge sind bis heute unbekannt – etwa wie viele Pilze es wirklich gibt. „Wir kennen die Namen von etwa 70 000 Pilzen, aber vermutlich gibt es 1,5 bis 5 Millionen Arten“, sagt Gurr. Diesem riesigen Reich, zu dem zum Beispiel Hefen, Schimmelpilze und Trüffel gehören, stehen nur wenige Forscher gegenüber. „Auf jeden Pilzexperten kommen wahrscheinlich 50 oder 100 Bakterienforscher“, sagt McDonald. Und Arturo Casadevall vom Albert Einstein College of Medicine in New York sagt: „Es hat schon immer diese Einstellung gegeben, dass Pilze nicht so wichtig sind.“

Das hat viele Gründe. Die Erforschung von Pilzen ist mühsam. Ihr Erbgut ist größer und komplexer als das von Viren oder Bakterien. Außerdem werden Menschen und andere Säugetiere selten durch Pilze krank, weil die meisten bei höheren Körpertemperaturen schlecht wachsen. Fledermäuse erliegen den Pilzen lediglich im Winterschlaf, wenn sie ihre Körpertemperatur auf zwei bis sechs Grad Celsius absenken.

Am schlimmsten trifft es Pflanzen. Im frühen 20. Jahrhundert wurde ein bis dahin unbekannter Pilz namens *Cryphonectria parasitica* auf asiatischen Kastanienbäumen in die USA eingeschleppt. Er tötete mehr als 80 Prozent der schätzungsweise vier Milliarden amerikanischen Kastanienbäume. Andere Pilze dezimierten Ulmen, Eichen und Pinien. Auch Nutzpflanzen wie Reis, Mais und Weizen – die Nahrungsgrundlage der Menschheit –

werden von Pilzkrankheiten bedroht. Immer wieder haben sie furchtbares Leid verursacht und den Lauf der Geschichte verändert. *Phytophthora infestans* etwa, ein Eipilz, der genau genommen näher mit Algen verwandt ist als mit anderen Pilzen, verursacht Kartoffelfäule und führte Mitte des 19. Jahrhunderts in Irland zu einer großen Hungersnot. Eine Million Menschen starben damals, knapp zwei Millionen wanderten aus.

Auch der Getreiderost hat im Lauf der Geschichte immer wieder zu schrecklichen Notlagen geführt. Der Erreger schien besiegt, als in den 60er Jahren neue Weizensorten angebaut wurden, die das Resistenzgen Sr31 enthielten. Doch 1998 tauchte ein Getreiderostpilz in Uganda auf, dem das nichts ausmachte. Seither breitet sich der Klon Ug99 aus. Zunächst tauchte der Erreger in Kenia und Äthiopien auf, dann im Jemen. Während Forscher versuchen, neue resistente Weizensorten zu züchten, marschiert Ug99 auf die großen Weizenfelder der Welt zu.

Es werden mehr Feldfrüchte durch Pilzkrankheiten zerstört als durch Viren, Bakterien und Fadenwürmer zusammen, sagt Gurr. Sie rechnet vor, dass Getreiderost und Kartoffelfäule, Reisbrand und Maisbeulenbrand jedes Jahr Lebensmittel vernichten, die 600 Millionen Menschen ernähren könnten. „Der Alptraum wäre eine weltweite Epidemie der fünf schlimmsten Schädlinge gleichzeitig“, sagt Gurr. Das ist zwar unwahrscheinlich, zeigt aber die Dimension. Denn sie könnte das Essen von 4,3 Milliarden Menschen zerstören. Obwohl die Bedrohung so alt ist wie die Menschheit selbst, wird auch sie anscheinend größer.

Aber warum sollten gefährliche Pilzinfektionen weltweit öfter vorkommen? Wissenschaftler vermuten, dass Handel und Tourismus zur Ausbreitung beitragen. Pilze sind besonders gut ausgestattet, um von diesen Trends zu profitieren. Im Gegensatz zu den meisten Viren und Bakterien können sie jahrelang außerhalb ihres Wirts überdauern, entweder als Spore oder indem sie sich von toter Materie ernähren. Und sie sind überall, sogar in der Luft. Mit jedem Atemzug saugt ein Mensch im Schnitt zwischen einer und zehn Pilzsporen ein.

Außerdem sind Pilze nicht wählerisch, was ihren Wirt angeht. „Sie können Ihren Hund nicht mit HIV anstecken. Aber Sie können *Cryptococcus neoformans* an einen Menschen, eine Maus, eine Amöbe, einen Wurm oder eine Pflanze weitergeben“, sagt Casadevall.

Pilze galten lange als uninteressante Krankheitserreger. Zwei Katastrophen in der Tierwelt haben das geändert. Und die Bedrohung wächst, sagen Forscher.

VON KAI KUPFERSCHMIDT

Jeder Atemzug enthält ein bis zehn Pilzsporen

PILZE
Durch Handel, Reisen und Tourismus breiten sich Pilzerreger auf der ganzen Welt aus, die vorher nur in bestimmten Regionen zu finden waren.

PFLANZEN
Besonders die Landwirtschaft leidet unter Pilzen. Jedes Jahr vernichten die Erreger 125 Millionen Tonnen der fünf wichtigsten Nutzpflanzen: Reis, Mais, Weizen, Soja und Kartoffeln.

TIERE
Die Organismen greifen auch Tiere an. So beobachten Forscher derzeit zum Beispiel Pilze, die Kröten, Krabben, Korallen und Klapperschlangen töten. Besonders dramatisch ist das Massensterben amerikanischer Fledermäuse.

Batrachochytrium dendrobatidis infiziert mehr als 500 Amphibienarten – aber nicht alle macht es krank. Vermutlich breitete sich der Erreger in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mit dem afrikanischen Krallenfrosch aus. Die Tiere wurden damals in die ganze Welt verschickt, weil sie Biologen als Modellorganismen dienten und außerdem als primitiver Schwangerschaftstest genutzt wurden.

Bei den Nutzpflanzen kommt die moderne Landwirtschaft hinzu. Seit der Grünen Revolution wachsen auf den Feldern genetisch identische Pflanzen weniger Arten. Häufig schützt sie nur ein einziges Resistenzgen gegen gefährliche Pilzkrankheiten. Weil die Genome von Pilzen aber größer und flexibler sind als die vieler Bakterien und Viren können sie solche Resistenzen schneller durchbrechen als andere Erreger.

Die moderne Landwirtschaft begünstigt außerdem die Pilze, die am verheerendsten wüten. In der freien Wildbahn würde ein Pilz, der sämtliche Vertreter seines Wirts tötet, bald in einer Sackgasse landen. Da der Mensch aber Jahr für Jahr dieselben Varianten anpflanzt, und das auf kleinstem Raum, gewinnt der Pilz die Oberhand, der sich am schnellsten fortpflanzt. Genau der richtet aber den größten Schaden an. „Wir haben diesen Pilzen eine unglaubliche Möglichkeit gegeben, sich schnell zu entwickeln“, sagt Gurr.

Für Bruce McDonald liegt der Schlüssel zum Erfolg der Pilze auch in ihrem Sexleben. Denn die Organismen pflanzen sich meist asexuell fort. Aber wenn die Nahrung knapp wird, können sie auf sexuelle Fortpflanzung umschalten. „Durch den normalen, altmodischen Sex entstehen neue Kombinationen von Genen“, sagt McDonald. „Entsteht eine gute Kombination, kann sie sich durch asexuelle Fortpflanzung explosionsartig vermehren.“ Neue Forschungsarbeiten legen nahe, dass es sich auch bei den Erregern von Weißnasensyndrom und dem Verursacher des Amphibiensterbens jeweils um einen spezifischen Klon handelt.

Um die Ausbreitung solcher Klone zu verhindern, fordern die Forscher um Sarah Gurr strengere Kontrollen für den internationalen Handel von biologischem Material. Doch in einer globalisierten Welt ist das äußerst schwer durchzusetzen. „Jedes Mal, wenn Sie Rosen verschicken, verschicken Sie auch Pilze“, sagt Casadevall.

Auch neue Fungizide und resistente Züchtungen seien dringend nötig, sagt Gurr. „Letztlich müssen wir Pilze einfach besser erforschen“, betont sie. Wenn Sarah Gurr recht hat, handelt es sich um einen Krieg der Welten. Und bisher weiß die Menschheit viel zu wenig über ihren Gegner.