



Susan Schamfuß

»Alles einsteigen, bitte!« – Das U-Bahn-Netz der Pilze

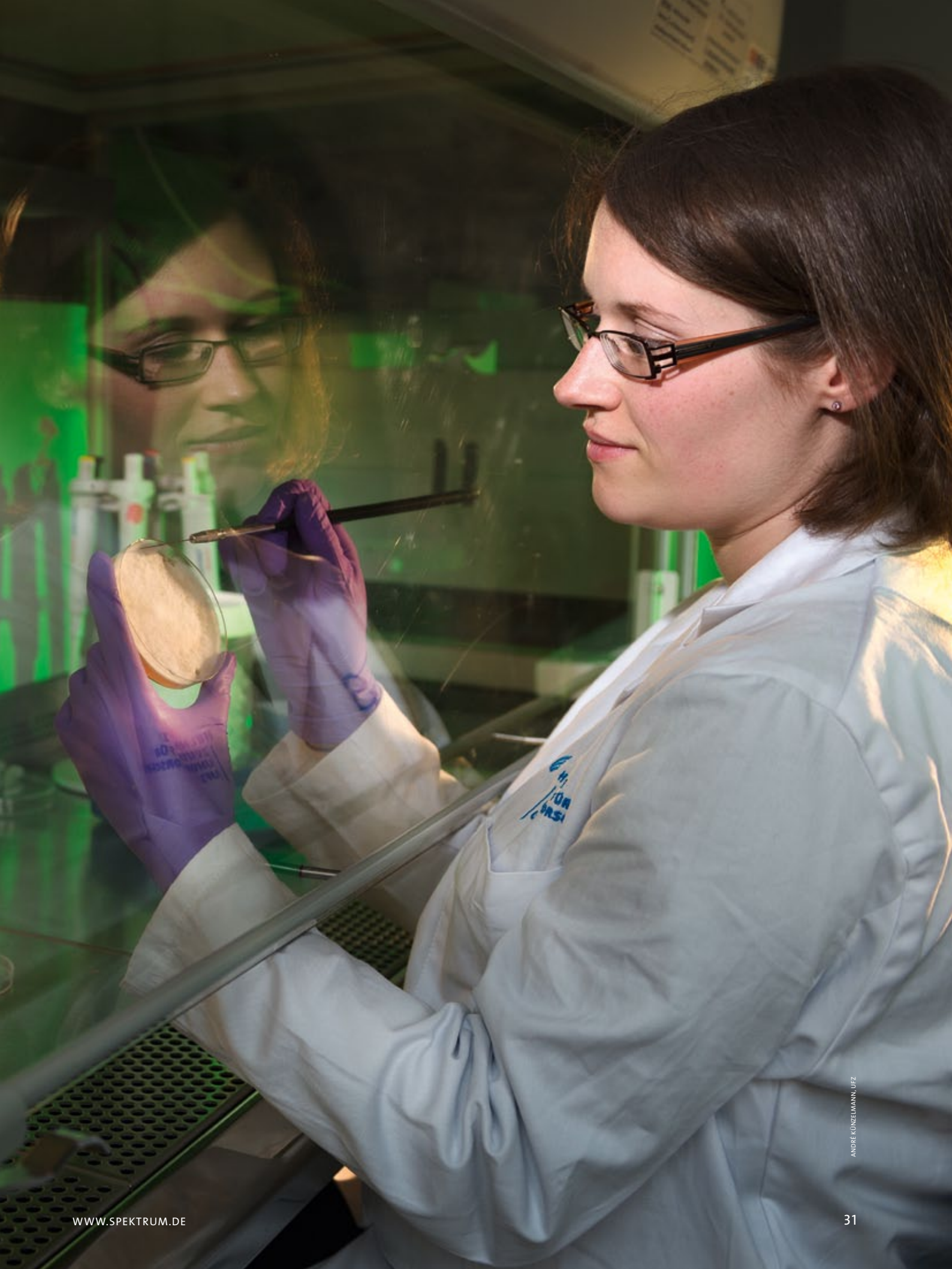
Viele Böden sind mit organischen Schadstoffen belastet, die nur langsam abgebaut werden. Dabei könnte das viel schneller gehen – mit Hilfe weit verzweigter Zellgeflechte. Sie bringen die giftigen Moleküle dorthin, wo Bakterien sie zersetzen können.

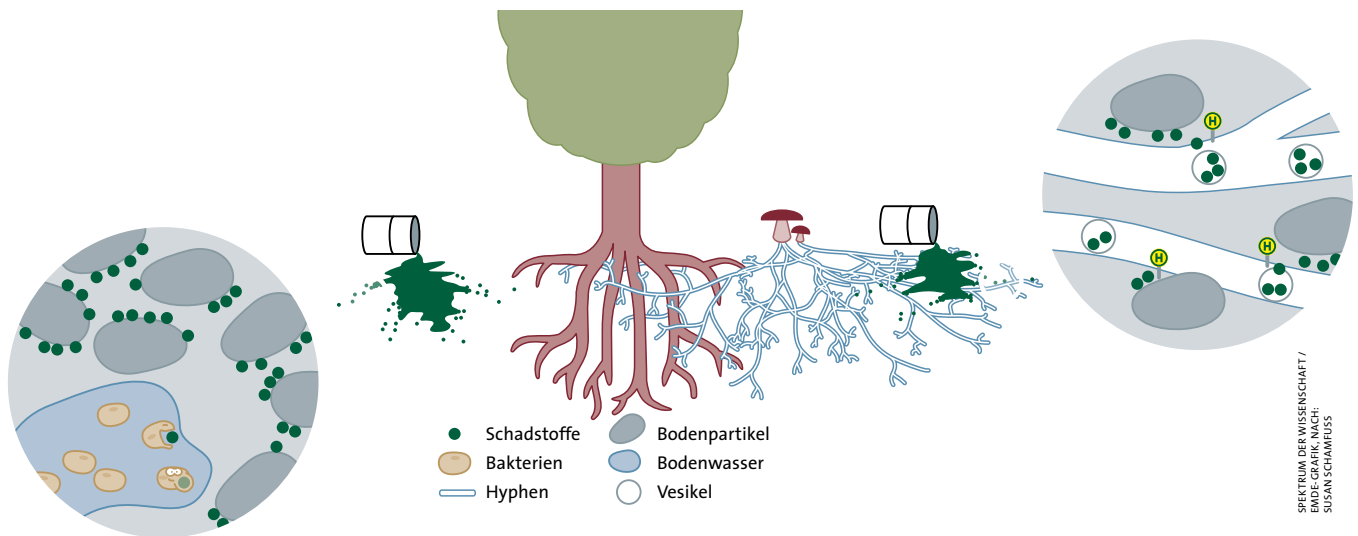
Nüchtern betrachtet handelt es sich lediglich um eine Mischung aus mineralischer Materie, organischen Stoffen, Wasser und Luft. Der Boden ist jedoch viel mehr: Lebensraum für unzählige Pflanzen und Tiere und nicht zuletzt Existenzgrundlage für uns Menschen.

Trotz seiner enormen Bedeutung sind viele Prozesse, die im Erdreich ablaufen, noch immer rätselhaft. Das komplexe Ökosystem Untergrund ist zudem sehr empfindlich. Ungeachtet dessen schädigt der Mensch es mit gefährlichen Substanzen. Dünger und Mittel zur Schädlingsbekämpfung beeinträchtigen die Bodenqualität ebenso wie Schadstoffe, die mit Abgasen aus der Luft eingetragen werden. Der »Spiegel« benannte das Problem bereits in den 1980er Jahren: »Eine übersehene Katastrophe«.

Die Wahrnehmung des Ökosystems Boden befindet sich jedoch mehr und mehr im Wandel. Die Verantwortlichen in Politik und Wirtschaft erkennen heute, wie wichtig es ist, unsere Kenntnisse über Bodenprozesse zu erweitern und wirksame Verfahren für die Sanierung von belastetem Erdreich zu entwickeln.

An der Sterilbank hält Susan Schamfuß eine Kultur von *Pythium ultimum* in den Händen. Dieser Pseudopilz dient in vielen Versuchen als Modellorganismus. Nach einigen Tagen auf einem Nährboden sieht er fast wattenähnlich aus. Mit einer Impfnadel entnimmt die Biochemikerin einige Zellfäden, um damit eine frische Kultur anzuzüchten.





Hydrophobe Schadstoffe lagern sich vor allem an Bodenpartikel an und lösen sich kaum in wassergefüllten Porenräumen, wo Bakterien sie abbauen könnten (links). Fetthaltige Vesikel in Pilzhypen (rechts) nehmen die Moleküle auf und befördern sie durch luftgefüllte Bereiche hindurch bis zu den Mikroben.

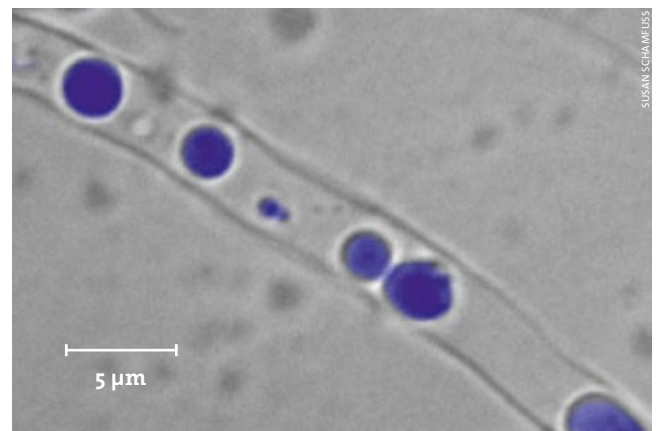
Besonders die Beseitigung hydrophober, also schwer wasserlöslicher organischer Schadstoffe steht dabei im Fokus – diese Stoffe entstehen bei Verbrennungsprozessen, etwa im Automotor. Auch in Erdölprodukten sind sie enthalten und kommen fast überall vor, besonders im Bereich von viel befahrenen Straßen, Tankstellen und Industriegebieten. Sie sind überaus langlebig und reichern sich deshalb im Untergrund an. Viele Böden leiden noch heute unter den Umweltsünden, die vor vielen Jahrzehnten begangen wurden.

Bemerkenswerterweise wohnt dem Erdreich selbst das größte Potenzial zur Beseitigung solcher organischen Schadstoffe inne. Sie sind Nahrung für Myriaden von dort lebenden Bakterien. Ihre Gesamtmasse innerhalb der oberen 30 Zentimeter eines ein Hektar großen Ackers beträgt etwa eine Tonne! Das klingt zunächst viel versprechend, doch gibt es im Hinblick auf die selbstreinigenden Kräfte ein entscheidendes Problem: die Heterogenität des Bodens. Er besteht aus unzähligen größeren und kleineren Partikeln mit wasser- und auch luftgefüllten Poren dazwischen.

Die schadstoffabbauenden Bakterien halten sich in den wassergefüllten Hohlräumen auf, da sie Wasser zum Leben und zur Fortbewegung benötigen. Die hydrophoben Moleküle hingegen kommen kaum im Wasser gelöst vor und lagern sich vorzugsweise an die Bodenpartikel an (siehe Grafik oben). Kurzum: Die Bakterien erreichen die Schadstoffe – ihre Nahrung – nicht, weil die Luftbarriere für sie unüberwindlich ist. Dieses Problem beschäftigt heute viele Bodenwissenschaftler. Pilze könnten sich dabei als nützliche Helfershelfer entpuppen.

Was viele nicht wissen: Pilze machen etwa ein Drittel der gesamten Biomasse im Boden aus. Dabei sind ihre auffälligen Fruchtkörper nur die sprichwörtliche Spitze des Eisbergs, denn der weitaus größere Teil versteckt sich unter der Erde. Dort bilden Pilze ein riesiges, wurzelähnliches Geflecht aus feinen, fadenförmigen Zellen, das Myzel. Dieses besteht aus so genannten Hyphen, die etwa 100-mal dünner sind als Wurzeln und zehnmal dünner als ein menschliches Haar. Das Zellgeflecht eines Pilzorganismus kann sich über viele Quadratkilometer erstrecken. Jeden Kubikzentimeter Boden durchziehen hunderte Meter der feinen Pilzhypen. Im Malheur National Forest in Oregon gedeiht seit rund 2400 Jahren ein Hallimasch, der sich mittlerweile über fast zehn Quadratkilometer ausgebreitet hat. Er gilt als das größte Lebewesen der Erde.

Der pilzähnliche Organismus *Pythium ultimum* ist im Boden weit verbreitet. Die Mikroskopaufnahme zeigt, dass sich in Vesikeln im Inneren der Zellen ein blau leuchtender organischer Schadstoff löst. Durch das weitläufige Hyphennetzwerk wird er im Untergrund verteilt und steht Bakterien als Nahrung zur Verfügung.



Im Gegensatz zu Bakterien sind Pilze nicht auf durchgängige wassergefüllte Bereiche angewiesen, um sich auszubreiten und nach Nahrung zu suchen. Sie durchwachsen auch luftgefüllte Bodenräume und dringen in Bereiche vor, die Bakterien verwehrt bleiben.

Die über das Myzel aufgenommenen Nährstoffe müssen innerhalb des riesigen Zellnetzwerks verteilt werden, um den gesamten Organismus zu versorgen. Dafür haben Pilze ein ausgeklügeltes System entwickelt. Innerhalb der Hyphen erhalten sie eine Strömung aufrecht, mit der Nährstoffe, Signalmoleküle und verschiedene Zellbestandteile hin- und herbefördert werden.

Meine Kollegen und ich konnten zeigen, dass die Pilznetzwerke nicht nur Nährstoffe, sondern auch andere organische Stoffe transportieren. So wiesen wir nach, dass sich die eingangs erwähnten hydrophoben Schadstoffe in fetthaltigen Bläschen, so genannten Vesikeln, im Inneren des Pilzes ansammeln und zusammen mit der Zellflüssigkeit durch die Hyphen strömen.

Diese Vesikel könnte man mit Mini-U-Bahnen vergleichen, die sich innerhalb ihrer Tunnel, den Hyphen, bewegen und Schadstoffe als Fahrgäste transportieren. Die Vesikel kommen dabei auf Geschwindigkeiten von einigen Zentimetern pro Stunde. Das erscheint nicht besonders schnell, doch entspricht diese Distanz dem 10 000-Fachen einer Vesikellänge – übertragen auf die Größe einer echten U-Bahn entspräche das einer Geschwindigkeit von einigen hundert Kilometern pro Stunde!

Die Haltestellen liegen natürlich nicht an festgelegten Orten, sondern entstehen spontan immer dort, wo Schadstoffe die Zellwände durchdringen und in jenen fettreichen Vesikeln gebunden werden. Diese Bläschen wandern durch das Netzwerk. Die organischen Moleküle gelangen dann vor allem an solchen Stellen wieder nach außen, wo die Schadstoffkonzentration gering ist. Dort verwerten Bakterien in der Umgebung sie als Nahrung und bauen sie auf diese Weise ab.

Wir zeigten zudem, dass die Menge an beförderten Schadstoffen direkt mit der Anzahl möglicher Haltestellen zusammenhängt. Das bedeutet, dass der Pilz dieselbe Menge an Schadstoffen langsamer transportiert, wenn ein Zustieg nur in einem kleinen Bereich erfolgen kann. Dies lässt sich mit dem U-Bahn-System vergleichen: Wenn alle Fahrgäste versuchen, an einer Haltestelle einzusteigen, kommt es schnell zum Stau. Verteilen sie sich auf viele Haltestellen, können problemlos alle mitfahren.

Diese bisher unbekannten Prozesse wiesen wir zunächst im Labor nach, wo wir das Zusammenwirken eines pilzähnlichen Organismus mit einem Bakterium beobachteten. Nun wollen wir die Mechanismen auch im natürlichen Boden testen. Hier leben viele verschiedene Pilz- und Bakterienarten nebeneinander. Nicht alle kommen so gut miteinander aus wie unsere Testkulturen; daher wird es vor allem darauf ankommen, für die gezielte Beseitigung von

wasserunlöslichen Verunreinigungen die richtigen Partner zu finden.

Am Ende können wir vielleicht Methoden entwickeln, mit denen sich Böden sanieren lassen, ohne dass das Erdreich abgetragen oder mechanisch bearbeitet werden muss. Es würde genügen, je nach Art der Schadstoffe einen maßgeschneiderten Cocktail aus Pilzen und Bakterien in den Boden einzubringen. Besonders optimistisch sind wir diesbezüglich in Gebieten mit vergleichsweise niedriger Kontamination: Die winzigen Organismen könnten unsichtbar die Böden aufbereiten – noch bevor sich die Schadstoffe in bedenklichem Maß anreichern.

Lusan Schamfuß

susan.foss@ufz.de



ANDRÉ KUNZE/MANN, UFZ/IM

> geb. 1985 in Zwenkau

> studierte Biochemie
in Leipzig

> promoviert am Helmholtz-Zentrum
für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig

> mit dem Thema »Der Einfluss von Pilz-
netzwerken auf die Bioverfügbarkeit
und den Abbau erdölbasierter Schadstoffe
in Böden«

> Meine Stationen:

Ein Chemieleistungskurs begeisterte mich für Naturwissenschaften. Im Studium merkte ich aber, dass ich nicht zur »Forscherin um der Forschung willen« geboren war. Praktika und Vorlesungen brachten mich dem UFZ nahe. Dessen Motto »Forschen für die Umwelt« ist genau das, was mich in meiner Arbeit antreibt.

> Wenn ich nicht gerade forsche ...

... verbringe ich meine Zeit mit Geigespielen, Chorsingen, Yoga und Freunden. Und bald auch mit dem Wechseln von Windeln.

> In fünf Jahren ...

... lebe ich hoffentlich mit zwei Kindern und meinem Mann in einer etwas größeren Wohnung.