

# forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft



**4/2006** ▶ Tauchfahrt zu einem Methusalem der Meere  
▶ Eine alternative Evolutionsbiologie ▶ Das Doppelleben  
des Birnengitterrostes ▶ Einstmals an der  
Weihrauchstraße ▶ Blick in die Unterwelt

**DFG**

# Das Doppelleben des Birnengitterrostes

*Mit ihren Fäden können Pilze mühelos lebende Organismen besiedeln. Rostpilze, die Birnbäume als Wirtspflanze nutzen, legen dabei einen erstaunlichen Lebenskreislauf an den Tag – als Pflanzenparasit und Pilzparasit zugleich*

**P**ilze können nicht – wie grüne Pflanzen – das Sonnenlicht als primäre Energiequelle nutzen und müssen daher mit den Tieren um andere Organismen als Energielieferanten konkurrieren. Den scheinbaren Vorteil der Tiere mit ihrem Verdauungs- und Bewegungsapparat gleichen die Pilze durch eine verblüffend einfache Strategie aus: Sie wachsen meist fädig mit Hyphen und sehr schnell. So kann ein gut entwickelter Pilz pro Tag Hyphen in Kilometerlänge entwickeln. Damit können sich Pilze effektiv verbreiten und sich nahezu jedes Substrat erschließen – keine Ritze ist ihnen zu klein. Viele Pilze ernähren sich ausschließlich von totem organischem Material. Mit ihren Hyphen können sie aber auch mühelos lebende Organismen besiedeln. Dabei kooperieren etliche von ihnen, indem sie in Symbiose leben und von ihren tierischen oder pflanzlichen Partnern versorgt werden, denen sie wiederum lebenswichtige Stoffe zur Verfügung stellen. Andere hingegen nutzen als Parasiten ihren Wirtsorganismus einseitig aus. Gerade die Evolution von Parasiten hat zu den kompliziertesten Lebenszyklen unter den Organismen geführt, was am Bei-

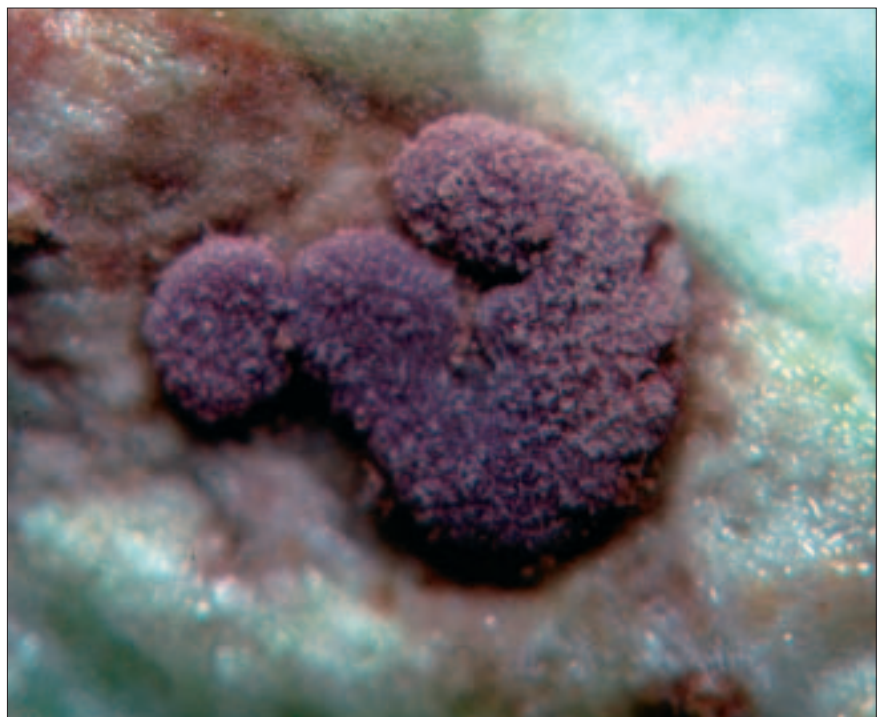


Die violette Wurzelfäule an einem Birnbaumstamm. Bemerkenswert ist die Entdeckung, dass es Pilze gibt, die Pflanzen- und Pilzparasiten zugleich sind. Diese *Helicobasidium-Tuberculina*-Pilze ernähren sich während ihres Lebenszyklus zeitweise als violette Wurzelfäule von Wurzelgewebe. In einem anderen Lebensstadium suchen sie sich den Rostpilz als Wirt.

spiel der pflanzenparasitischen Rostpilze veranschaulicht werden soll.

Der Birnengitterrost, eine Blatterkrankung der Birnbäume, besiedelt im späten Frühjahr die Blätter, wobei er zuerst auf der Oberseite orangefarbene Pusteln mit Geschlechtssporen ausbildet. Kommt es zur Befruchtung, wird im nachfolgenden Spätsommer dann auf der Unterseite der Blätter eine weitere Sporenform produziert. Diese Sporenform ermöglicht dann einen Wirtswechsel auf bestimmte Wacholderarten. Dort durchwächst der Rostpilz zunächst verborgene Äste und Zweige und wird erst wieder im nächsten Frühjahr sichtbar, wenn er zwei weitere Sporenformen produziert, von denen eine die Rückkehr auf die Birnbäume ermöglicht. Genau genommen wechseln sich dabei zwei genetisch unterschiedliche Stadien ab: Auf der Birne besitzt der Pilz pro Zelle nur einen, entweder männlichen oder weiblichen Kern und ist auf Fortpflanzung eingestellt. Auf dem Wacholder dagegen findet man jeweils einen männlichen und weiblichen Kern pro Zelle. Mit diesen auch äußerlich stark unterschiedlichen Phasen führt der Birnengitterrost wie viele andere Pilze auch ein wahres Doppelleben.

**A**ber auch der Rostpilz kann nicht in Ruhe leben: Pilze der Gattung *Tuberculina* haben sich wiederum darauf spezialisiert, sich von Rostpilzen zu ernähren. Sie durchwachsen mit ihren Hyphen Rostpilze und zapfen ihnen ihre Ressourcen ab. Während mit genetischen Analysen geklärt werden konnte, dass *Tuberculina* und die mit ihr eng verwachsenen Rostpilzwirte zwar sehr nah miteinander verwandt sind, es sich aber doch um verschiedene Pilze handelt, boten die Analysen in anderer Hinsicht eine Überraschung: Es stellte sich heraus, dass auch *Tuberculina* ein zweites, völlig andersartiges Lebensstadium besitzt und es sich dabei um *Helicobasidium* handelt, einen Pilz, der an Pflanzen die violette Wurzelfäule verursacht. *Helicobasidium* ist ein Pflanzenparasit, der die Wurzeln seiner Wirte mit

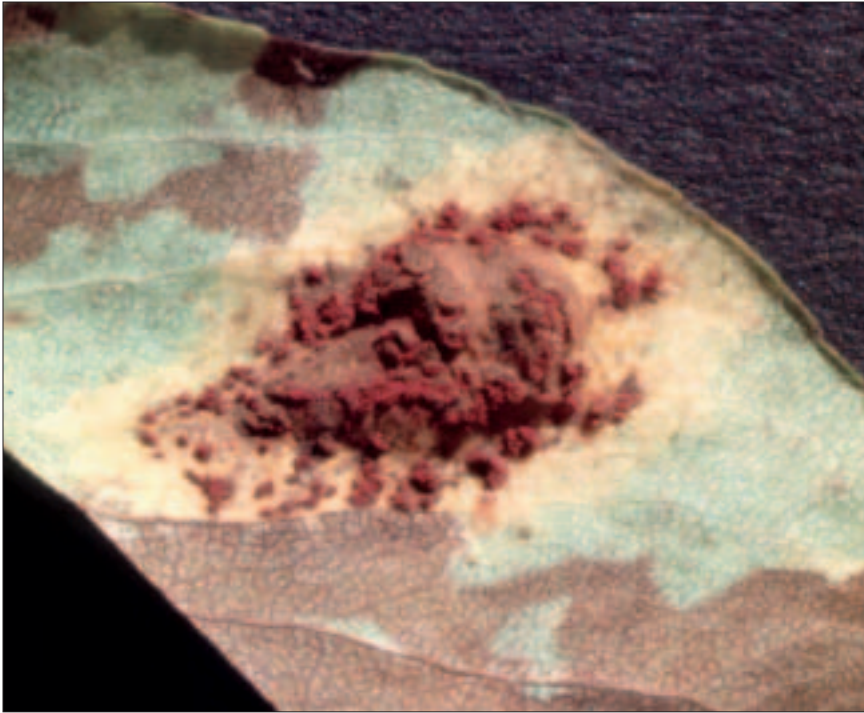


einem dichten Geflecht aus Pilzfäden umkleidet, in das Wurzelgewebe eindringt und es zerstört. Dass *Tuberculina* und *Helicobasidium* zwei Formen ein und desselben Pilzes sind, erscheint erstaunlich, da damit ein einmaliger Entwicklungsengang offenkundig wird: Diese Pilzgruppe ist die einzige, die, um ihren Lebenszyklus abschließen zu können, zwischen Wirten aus den Reichen der Pilze und der Samenpflanzen immer wechseln muss.

Um den Entwicklungsengang, der beide Stadien miteinander verbindet, nachzuvollziehen, wurden Infektionsversuche gemacht. Nur für kurze Zeit im Frühjahr taucht *Helicobasidium* aus dem Boden auf und bildet Sporen. Diese werden in den Wind geschleudert und kommen mit etwas Glück auf einem mit Rostpilzen infizierten Blatt zu liegen. Dort keimen sie blitzschnell aus, wachsen gezielt auf den Rostpilz zu und dringen schließlich über die durch den Rostpilz geschaffene Eintrittspforte ins Blatt ein. Dabei kann *Tuberculina* innerhalb von nur drei Tagen nach der Kontaktaufnahme mit dem Rostpilz wieder Sporen bilden, die aus dem Blatt herausplatzen und in den Wind abgegeben werden, um weitere Rostpilze zu infizieren. Der Lebenskreislauf wird



geschlossen über kleine Kugeln aus verdickten Pilzfäden, die an der Unterseite rostinfizierter Blätter hängen und mit diesen im Herbst zu Boden fallen. Von dort aus infizieren sie neue Pflanzenwurzeln. Doch wie kommt ein Pilz zu einem so bemerkenswerten Entwicklungsengang? Wie kann ein Organismus die Fähigkeit entwickeln, zwei Wirte zu parasitieren, die so unterschiedlich sind? Rostpilze sind Pflanzenparasiten. Warum sind die eng mit ihnen verwandten *Helicobasidium*-*Tuberculina*-Arten nun nicht nur



Erstaunlicher Lebenswandel: Wie ein lila Schwamm sieht Tuberculina aus, wenn er auf einem Rostpilz wächst. Darunter: Der als Parasit auftretende Birnengitterrost wächst hingegen als orangefarbene Pustel auf einem Birnenblatt. Von der Pustel gehen drei Geschlechtssporen aus. Oben: Wird der Birnengitterrost von Tuberculina befallen, wird seine Sporenproduktion und damit sein Weiterleben verhindert.

Pflanzenparasiten, sondern daneben auch Pilzparasiten?

Bei der Suche nach Antworten muss man etwas näher hinschauen: Dabei ist zunächst auffällig, dass die Rostpilze von Tuberculina nur in ihrer sexuell determinierten Phase befallen werden. Der Birnengitterrost wird beispielsweise nur auf der Birne, nicht aber auf dem Wacholder parasitiert. Betrachtet man den Parasiten, gilt dasselbe: Helicobasidium-Tuberculina-Pilze können Rostpilze eben nur im sexuell determinierten Tuberculina-Stadium befallen. Es treffen hier also zwei auf Sexualität eingestellte Organismen aufeinander. Doch wie erkennt Tuberculina die passende Lebensphase des jeweiligen Rostpilzes? Die Erklärung dafür könnte sein, dass sich der Tuberculina-Rostpilz-Parasitismus aus der Sexualreaktion des gemeinsamen Vorfahrens der bei-

den entwickelt hat. Die Sexualreaktion wäre demnach bei der entwicklungs-geschichtlichen Trennung der beiden Gruppen in eine „parasitische Interaktion“ umgewandelt worden. Nun gleicht die Art und Weise der Interaktion zwischen Tuberculina und den Rostpilzwirten tatsächlich einer Sexualreaktion: An Kontaktstellen werden die Zellwände beider Pilze großflächig aufgelöst, die Zellinhalte verschmelzen und beginnen sich auszutauschen.

Dann wandern Zellkerne des Parasiten in die Zellen des Rostpilzes ein. Dies alles geschieht ohne erkennbare Abwehrreaktion des befallenen Rostpilzes. Interessanterweise ist das Zusammenspiel zwischen dem pflanzenparasitischen Helicobasidium-Stadium und den Wurzelzellen ganz anders. Es durchwächst – eher konventionell – die Zellen seines Wirts und nimmt über die Zelloberfläche Nährstoffe auf. Darüber hinaus weisen jüngste Experimente darauf hin, dass der Parasitismus sogar geschlechterabhängig ist. Das heißt, ein „weib-

licher“ Tuberculina-Stamm kann nur „männliche“ Rostpilzindividuen infizieren und umgekehrt. Es gibt also Argumente für die Hypothese, dass es sich bei dem Infektionsprozess um eine uminterpretierte Sexualfunktion handelt. Tuberculina macht sich offenbar an den Rostpilz heran und täuscht vor, ein Sexualpartner zu sein. Der Sexualvorgang wird eingeleitet, Tuberculina und der Rostpilz verschmelzen. Doch dann wird der Rostpilz getäuscht: Der vermeintliche Sexualpartner Tuberculina wird zum Parasiten, schleust seine Kerne in die Zellen des Rostes ein und ernährt sich von ihm. Der Tuberculina-Rostpilz-Parasitismus ist allgemein ein interessantes Forschungsmodell für Formen des Parasitismus und deren Evolution. Die Aufdeckung des beschriebenen Lebenszyklus findet auch praktische Anwendung. So wurde in der Vergangenheit versucht, mit Tuberculina als biologischem Rostpilzbekämpfungsmittel Schäden zum Beispiel in der Holzwirtschaft zu reduzieren. Durch die Aufklärung der Tuberculina-Rost-Interaktion weiß man nun, dass Tuberculina nur ein spezielles Stadium im Rostpilzlebenszyklus infizieren kann, sodass ein Einsatz als Rostbekämpfungsmittel nur bei zeitlich exakt durchgeführter Anwendung Erfolg versprechend ist. Viel

wichtiger ist aber die Erkenntnis, dass der vermeintliche Retter Tuberculina selbst das Potenzial hat, sich in seinem Helicobasidium-Stadium zu einem ernsthaften

Pflanzenparasiten zu entwickeln. Hier wird deutlich, wie wichtig es ist, die Biologie der Organismen zu kennen, wenn sie wirtschaftlich genutzt werden sollen.

*Dr. Matthias Lutz  
PD Dr. Robert Bauer  
Prof. Dr. Franz Oberwinkler  
Universität Tübingen*

Die Studien wurden von der DFG im Normalverfahren gefördert.

## Wie kann Tuberculina die Erfolg versprechende Lebensphase des jeweiligen Rostpilzes erkennen und nutzen?