

Streiflichter

■ Gelbe Pilzblüte – täuschend echt

Mit Pilzen verbinden wir Speisepilze oder auch Giftpilze, aber auch vielerlei Krankheiten beim Menschen oder bei Nutzpflanzen. Eine sehr ausgefallene Art, sich eines pflanzlichen Wirts zu bemächtigen, wurde kürzlich bei der Pilzart *Fusarium xyrophilum* entdeckt, die zu den Schlauchpilzen gehört. Diese Art ahmt bei befallenen Arten Blüten nach, ein sehr selten vorkommendes Phänomen. Anders als in anderen Fällen wird durch den Befall mit *Fusarium* nicht pflanzliches Gewebe umgewandelt, sondern der Pilz selbst bildet Blütenimitate (Pseudoblüten) ausschließlich aus Pilzgewebe – eine bisher einmalige Beobachtung.

Fusarium befallt einige wenige Arten der sehr artenreichen und meist gelb blühenden Gattung *Xyris* (Gelbgras), die zur Ordnung der Süßgräserartigen (Poales) gehört.

Entdeckt wurden die Pseudoblüten in den Savannen des südamerikanischen Guyana von Kenneth WURDACK. Einige etwas ungewohnt gestaltete *Xyris*-Blüten waren ihm aufgefallen. Diese entpuppten sich nicht als Blütenvarianten, sondern

als Pilzgewebe. Zusammen mit einem Team untersuchte WURDACK zwei der betroffenen Arten – *Xyris setigera* und *X. surinamensis* – genauer (LARABA et al. 2020). Die Forscher stellten fest, dass der Pilz nicht nur die Blüten nachahmt, sondern einen Duft erzeugt, der dem Blütenduft entspricht und UV-Licht reflektiert, das für die Bestäuber anziehend wirkt. Bevor der Pilz selber Pseudoblüten bildet, sterilisiert er die Wirtspflanzen, so dass diese keine echten Konkurrenten um den (Pseudo-) Blütenbesuch durch Insekten bilden. Vermutlich fördert der Pilz durch die Bildung der Pseudoblumen seine eigene Verbreitung, denn auch die Pseudoblumen werden von Bienen besucht, wodurch Pilzsporen verbreitet werden können.

Wie sich diese komplexe Form der Pseudoblumen-Bildung entwickelt haben könnte, ist unbekannt. Das System scheint nur im Wesentlichen ganz oder gar nicht zu funktionieren. Unklar ist auch, weshalb die Beziehung von Parasit und Wirt so wirtsspezifisch ist – sie wurde nur bei vier der über 250 *Xyris*-Arten entdeckt. „Und wie kann ein Pilz, der die Pflanzenfruchtbarkeit derart beeinträchtigt, mit seinem Wirt koexistieren?“ fragt das *Deutsche Bie-*

nen-Journal (4/2021, S. 4). Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie ein Pilz überhaupt eine neue Verbreitungsstrategie „erfindet“, zumal nach evolutionstheoretischen Vorstellungen ein Vorteil der neuen Strategie gegenüber der bisherigen vorliegen sollte. Doch ein solcher Vorteil ist fraglich, denn die übliche Verbreitung von Pilzsporen durch den Wind ist so wirksam, dass Pilzsporen als „allgegenwärtig“ gelten; wozu sollten also Insekten für die Verbreitung engagiert werden? Man könnte allenfalls mutmaßen, dass der gezielte Transport der Sporen vom energetischen Aufwand her ein Vorteil sein könnte, weil weniger Sporen produziert werden müssen. Anspruchsvoll ist auch die Fähigkeit, die Wirtspflanze an der Blütenbildung zu hindern, ohne sie abzutöten. Die Schöpfung zeigt sich hier einmal mehr von ihrer sehr ausgefallenen Seite.

[LARABA I, McCORMIC SP et al. (2020) Pseudoflowers produced by *Fusarium xyrophilum* on yellow-eyed grass (*Xyris* spp.) in Guyana: A novel floral mimicry system? *Fungal Genetics and Biology* 144, 103466. 8] R. Junker

■ Gelenkschmiere in Beingenelenken von Käfern

Insekten erweisen sich bei genauer Betrachtung als Fundgrube für erstaunliche Entdeckungen und damit auch als Ideenlieferanten zur Lösung technischer Probleme. Wissenschaftler der Universitäten Kiel und Aarhus (Dänemark) haben beim Großen Schwarzkäfer (*Zophobas morio*) an einem Beingenk eine Art Schmiermittel entdeckt, mit dem Reibung und Verschleiß reduziert werden. Es handelt sich um das Gelenk, das Schenkel (Femur) und Schiene (Tibia) verbindet; die Position und Funktion dieses Gelenks entspricht dem menschlichen Kniegelenk.

Bei Wirbeltieren sind die Gelenke typischerweise von einer Gelenkkapsel umgeben, die Flüssigkeit enthält, wodurch hydrodynamisch die Reibung der Knorpelflächen reduziert und das Gelenk vor Schädigung geschützt wird. Insekten sind



Abb. 1 Echte Blüte des Gelbgrases *Xyris* links und zwei Pseudoblüten in zwei Stadien. (Bild: Kenneth J. WURDACK, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC)

durch ein Exoskelett (Außenskelett) charakterisiert, der Kutikula, einer mehrschichtigen Hülle aus Chitin-basiertem Kompositmaterial, die den Organismus umgibt, stabilisiert und schützt. Für den Stoffaustausch weist die Insektenhülle kleine Poren oder Kanäle auf. Die Beingelenke sind nicht eingekapselt, sondern nach außen offen; der Innenraum des Körperglieds ist hinter dem Gelenk durch eine Membran abgedichtet.

Durch mikroskopische Untersuchungen konnten NADEIN et al. (2021) zeigen, dass die Kontaktflächen der Kutikula von Femur und Tibia – mit Ausnahme der Drehpunkte des Gelenks – viele kleine Poren mit einem Durchmesser von ca. 1 μm aufweisen. Durch diese Poren wird eine Substanz gepresst, die an Spaghetti erinnert und in unterschiedlicher Form und Länge (bis zu 100 μm , bei größeren Mengen klumpige Aggregate bis 200 μm) auf der jeweiligen Oberfläche der Kutikula mikroskopisch dokumentiert ist. Aufgrund von infrarotspektroskopischen Untersuchungen gehen die Autoren davon aus, dass die Substanz vor allem aus Proteinen besteht. Die einzelnen Pressstränge können den Befunden zufolge bei Scherkräften leicht in kürzere Stücke zerteilt und damit auf große Areale verteilt werden.

Nach den Vorstellungen der Autoren wirkt das proteinhaltige Material mit zähflüssigen und elastischen Eigenschaften als Gleit- und Schmiermittel. Wenn der Abstand

der Oberflächen der beiden Beinglieder im Gelenk kleiner als 1 μm wird, deformieren sich die Pressstrangstücke mit zunehmender Belastung und verhindern damit einen direkten Kontakt der beiden Kutikula-Oberflächen und damit deren mechanische Abnutzung. Um die Wirkung der Schmiermittelsubstanz als Gleitmittel zu demonstrieren, wurde der Reibungskoeffizient (μ) zwischen zwei Glasoberflächen bestimmt, die dabei gegeneinander verschoben werden. Wenn die Glasoberflächen in direktem Kontakt miteinander sind (ohne Gleitmittel), so ergibt sich ein durchschnittlicher Wert für μ von 0,35; bei Verwendung der Insektengelenkschmiere zwischen den Glasoberflächen verringert sich dieser Wert auf 0,13. Dieser Wert ist vergleichbar mit dem Wert von 0,14, der erreicht wird, wenn sich zwischen den Glasoberflächen Polytetrafluorethylen befindet (das als „Teflon“ bekannt ist, ein synthetisches Polymer, zur Antihalt-Beschichtung mit niedrigem Reibungskoeffizienten).

In vergleichenden Untersuchungen konnten NADEIN et al. (2021) sowohl Poren als auch durch sie ausgetretene Substanzen auch in den Beingelenken anderer Käfer finden. Da sie dies auch bei der aus evolutionärer Perspektive mit Käfern nur entfernt verwandten Argentinischen Waldschabe (*Blattella dubia*) nachgewiesen haben, vermuten sie, dass es sich um einen generellen Mechanismus bei Insekten handeln könnte.

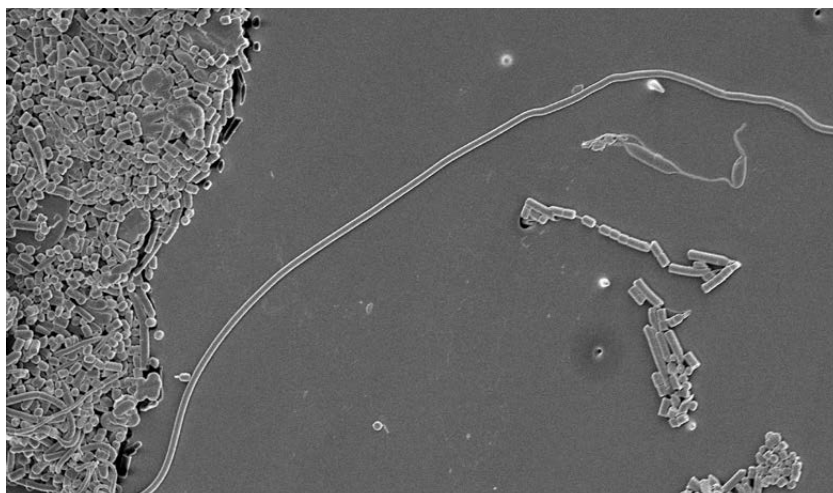


Abb. 2 Elektronenmikroskopische Aufnahmen der glatten und teilweise strukturierten Oberflächen der Kutikula mit Poren und den ausgeschiedenen Presssträngen, die als Gelenkschmiere wirken. (Mit freundlicher Genehmigung von Konstantin NADEIN, Universität Kiel)



Abb. 1 Großer Schwarzkäfer (*Zophobas morio*); in der Aufnahme sind von den Beinen jeweils Schenkel (Femur), Schiene (Tibia) und Fuß (Tarsus) zu erkennen. (EVANHERK, CC BY-SA 3.0)

Der unterschiedlichen Gelenk-konstruktion bei Wirbeltieren und Insekten scheint also ein jeweils entsprechendes Prinzip zur Reduktion der Reibung und Schutz vor Abnutzung zugrunde zu liegen. Während bei Wirbeltieren ein flüssigkeits-basierter Mechanismus wirksam ist (gemeinsam mit weiteren Einrichtungen), sorgt in Insekten eine halb-feste und viskose Substanz dafür, dass ein direkter Kontakt der beteiligten Oberflächen und damit Abrieb oder Beschädigung vermieden wird.

Abschließend heben die Autoren die Bedeutung von Insekten hervor, die diese in der biomimetischen Forschung gerade bei Miniatursystemen haben. Die erstaunliche Lösung, die Insekten für die Reduzierung von Reibung in offenen Gelenksystemen nach NADEIN et al. „entwickelt“ haben, ist tatsächlich bewundernswert. Zu dieser postulierten Entwicklung ist bisher nichts bekannt; aber das erstaunliche Prinzip kann auch als Hinweis auf ein Konzept und damit auf einen Schöpfer verstanden werden.

[NADEIN K, KOVALEV A, THOGENSEN, WEIDNER T & GORB S (2021) Insects use lubricants to minimize friction and wear in leg joints. Proc. R. Soc. B 288: 20211065] H. Binder