

JUNKER R (2005) Vom Fisch zum Vierbeiner – eine neue Sicht zu einem berühmten Übergang. Teil 3: Tetrapoden des Unterkarbons, unklare Selektionsdrücke und evolutionstheoretische Probleme. *Stud. Int. J.* 12, 11-17.

MILNER AR, SMITHSON TR, MILNER AC, COATES MI & ROLFE WDI (1986) The search for early tetrapods. *Modern Geology* 10, 1-28.

PENNISI E (2006) Fossil shows an early fish (almost) out of water. *Science* 312, 33.

SHUBIN NH, DAESCHLER EB & JENKINS FA (2006) The pectoral fin of *Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb. *Nature* 440, 764-771.

Von komplex nach einfach: Flechtenbildner als Vorfahren freilebender Pilze

Symbiosen sind fein aufeinander abgestimmte Lebensgemeinschaften zwischen verschiedenartigen Organismen, von denen beide Partner profitieren. Ein sehr bekanntes Beispiel sind die Flechten, ein Zusammenschluß aus Pilz und Alge. Die Alge bildet durch Photosynthese mit Hilfe von Sonnenlicht Nährstoffe und dient dem Pilz damit als Lebensgrundlage; der Pilz bietet der Alge mineralische Stoffe, Lebensraum und Schutz vor Austrocknung, wodurch diese ihr sonst unzugängliche Lebensräume erschließen kann. Flechten können dadurch auch sehr unwirtliche Standorte wie nackte Steine besiedeln und sind in der Lage, extreme Temperaturen (von – 48 °C bis + 80 °C) zu überstehen.

Aus evolutionstheoretischer Perspektive ging man lange davon aus, daß freilebende, einfach strukturierte Pilze irgendwann die Fähigkeit zur Flechtenbildung erworben hätten, also die komplexere Lebensform das Ergebnis einer Höherentwicklung ist. Allerdings kam man vor ca. 10 Jahren mit Hilfe von molekularen Stammbäumen zu dem Ergebnis, daß Flechten mindestens fünfmal unabhängig voneinander entstanden sein müßten (vgl. *Studium Integrale Journal* 10, 2003, S. 40). Einige Jahre später hatte sich aufgrund der hohen biologischen Diversität und des gemischten Vorkommens flechtenbildender und nicht-flechtenbildender Arten in vielen verschiedenen Pilzordnungen bereits die Sicht durchgesetzt, daß Flechtenbildner vielfach unabhängig voneinander entstanden seien. Mittlerweile findet sich in der evolutionsbiologischen Literatur zu diesem Thema eine völlige Umkehr des ursprünglichen Paradigmas, nämlich daß nicht die komplexeren Organisationsformen aus einfacheren entstanden seien, sondern umgekehrt.

Einige Ergebnisse aus dem Jahre 2001 seien nachfolgend zusammengefaßt: 1. Wesentliche, nicht-flechtenbildende Linien des Pilzstamms der Ascomycota (>15000 Arten) werden von flechtenbildenden Vorfahren abgeleitet; unter den ersteren sind zahlreiche für den Menschen wichtige Antibiotika-Produzenten. 2. Der Erwerb der Fähigkeit

zur Flechtenbildung in diesem Pilzstamm (der die weitaus meisten Flechtenbildner überhaupt umfaßt) kam extrem selten vor, wohingegen sie häufig und unabhängig voneinander verloren ging. 3. Flechten müssen wesentlich früher entstanden sein, als früher angenommen.

Inwieweit diese Ergebnisse Paläontologen dazu bewegt haben mögen, genauer hinzuschauen, läßt sich schwer sagen. Tatsache ist, daß in späteren Publikationen auf verschiedene Weise ein hohes Alter der Flechten zutage gefördert wird: 2003 konnte mit Hilfe von Isotopenverteilungen gezeigt werden, daß es sich bei dem global verbreiteten Makrofossil *Spongiophyton minutissimum* aus dem frühen Devon, das aufgrund seiner Mor-

Nicht die komplexeren
Organisationsformen sollen aus
einfacheren entstanden sein,
sondern umgekehrt.

phologie entweder für ein Moos oder für eine Flechte gehalten wurde, definitiv *nicht* um ein Moos handelt. Da dieser Organismus sich nun also als Flechte entpuppte, wurde vermutet, daß die Präsenz großer, globaler Flechtenpopulationen im unteren Devon einen massiven Einfluß auf die Bodenbildung terrestrischer Ökosysteme im Paläozoikum gehabt haben könnte. Aus dem Jahre 2005 stammt die Entdeckung flechtenartiger Fossilien in marinen Ablagerungen aus dem Präkambrium Südchinas, datiert auf 600 Millionen Jahre. Daraus wird evolutionstheoretisch geschlossen, daß es Symbiosen zwischen Algen und Pilzen schon vor der Entstehung der Gefäßpflanzen (d.h. im wesentlichen der Landpflanzen) gegeben haben mußte.

Auch die ursprüngliche Annahme einer Koevolution zwischen Algen und Pilzen aufgrund der intimen Ver„flechtung“ dieser symbiotischen Lebensform ist vom Tisch. Wegen signifikanter Unstim-

migkeiten zwischen den Stammbäumen von Pilzen und ihren jeweiligen Algenpartnern geht man nun davon aus, daß die Pilze ihre jeweiligen Algen wiederholt gewechselt haben. Über ähnliche Befunde (Wirtswechsel statt Koevolution) bei ganz anderen Organismen haben wir bereits berichtet (FEHRER 1995).

Die Fälle häufen sich, in denen sich evolutionstheoretische Annahmen und Voraussagen nicht bestätigen, sondern unter Umständen sogar die Forschung durch Festlegung auf falsche Ausgangshypothesen und Konzepte behindern können.

Judith Fehrer

Literatur

- FEHRER J (1995) Kospeziation und Koevolution in zwei Fällen widerlegt. *Stud. Int. J.* 2, 90-91.
- JAHREN AH, PORTER S & KUGLITSCH JJ (2003) Lichen metabolism identified in Early Devonian terrestrial organisms. *Geology* 31, 99-102.
- GARGAS A, DePRIEST PT, GRUBE M & TEHLER A (1995) Multiple origins of lichen symbioses in fungi suggested by SSU rDNA phylogeny. *Science* 268, 1492-1495.
- LUTZONI F, PAGEL M & REEB V (2001) Major fungal lineages are derived from lichen symbiotic ancestors. *Nature* 411, 937-940.
- PIERCEY-NORMORE MD & DePRIEST PT (2001) Algal switching among lichen symbioses *Amer. J. Bot.* 88, 1490-1498.
- YUAN XL, XIAO SH & TAYLOR TN (2005) Lichen-like symbiosis 600 million years ago. *Science* 308, 1017-1020.

Ameisen – neue Überraschungen (Teil 2)

In der letzten Ausgabe von *Studium Integrale Journal* wurden drei in jüngster Zeit entdeckte erstaunliche Fähigkeiten mancher Ameisen beschrieben. Hier folgen drei weitere Beispiele, bei denen sich jedesmal die Frage nach der Entstehung stellt. Dem Phantasie reichum und der Ausgefallenheit scheinen keine Grenzen gesetzt zu sein und immer wieder zeigt sich intelligent erscheinendes Verhalten.

Also lautet ein Beschluß: Daß die Ameisen lernen muß. Die Schmalbrustameise *Temnothorax albipennis* benutzt eine Technik, die als Tandemlaufen bekannt ist, um anderen Nestgenossen den Weg zu einer Futterquelle zu zeigen. Das Tandemlaufen an sich war schon seit einiger Zeit bekannt und daß Insekten ihren Artgenossen die Richtung zu ergiebigen Futtergründen mitteilen, kennt man schon lange von den Bienen. Eine genaue Analyse offenbarte aber, daß das Tandemlaufen eine bidirektionale Kommunikation zwischen „Schüler“ und „Lehrer“ darstellt, etwas was man anscheinend bisher nur von Menschen kannte. Damit ist ein „Lehren“ durch ein Lehrer-Schüler-Verhältnis (Einer zu Einem) gemeint (Abb. 1).

Abb. 1: Schüler mit Lehrer. Die Schmalbrustameise rechts unten führt den Weg zur Futterquelle, die andere hält über ihre Fühler Kontakt und folgt dieser. Zur Beobachtung wurden die Ameisen farbmarkiert und gefilmt. Ein Computer zeichnete die zurückgelegten Wegstrecken beider Tiere auf. (Aus FRANKS & RICHARDSON 2006, mit freundlicher Genehmigung)



Die vorauslaufende Ameise zeigt einer nachfolgenden den Weg zu Futterquelle, indem die beiden Ameisen einen möglichst konstanten Abstand halten. Wird der Abstand zu groß (mehr als zwei Fühlerlängen), dann bremst die vorauslaufende Ameise etwas ab und die nachfolgende beschleunigt. Bei einem noch größeren Abstand der beiden Tiere bleibt die vorauslaufende sogar stehen, um auf ihren Nestgenossen zu warten. Umgekehrt, läuft die folgende Ameise zu dicht auf, dann bremst sie etwas und der Führer beschleunigt. Ansonsten laufen die Ameisen bei einem Abstand von einer Fühlerlänge mit konstanter Geschwindigkeit. Interessanterweise sind beide Tiere beim Tandemlaufen um einiges langsamer, als wenn sie alleine laufen. Der Vorteil ist aber natürlich, daß der Weg zu einer Futterquelle anderen Ameisen mitgeteilt werden kann, welches den Nachteil der fehlenden Geschwindigkeit mehr als aufwiegt, denn so wird zeitsparendes Wissen weitergegeben.

Eine andere Möglichkeit, die die Schmalbrustameisen nutzen, um Nestgenossen zu einer Futterquelle zu bekommen, besteht im Tragen. Trägt eine Ameise eine andere, so ist dieses Paar etwa dreimal schneller als Tandemläufer, jedoch kann sich die getragene Ameise den Weg dabei nicht merken. Bidirektionale Kommunikation ist für kleinere Gruppen wichtig, in denen Wissen leicht verloren gehen kann. Größere Gruppen kommunizieren effektiver über „Senden“, d.h. die Tiere, die den Weg zur Futterquelle wissen, legen eine Duftspur, der die anderen Ameisen folgen können (FRANKS & RICHARDSON 2006). Die Schmalbrustameisen gehören zu den Ameisen mit meistens wenigen Individuen pro Nest, mit vielleicht 50-300 Tieren.

Killerameisen. O'DONNELL und Mitarbeiter (2005) waren auf der Suche nach unterirdisch jagenden Wanderameisen in den Neotropen (Südamerika), deren Lebensweise noch relativ unbekannt ist. Wanderameisen bilden koordinierte Gruppen, die gemeinsam Jagd auf ihre Beutetiere machen. Am 1. Oktober 2003 hörten die Forscher um die Mittagszeit plötzlich ein raschelndes Geräusch, welches ihre Aufmerksamkeit erregte. Ein Riesenregenwurm (ca. 40cm) brach aus der Erdoberfläche empor, während er von einigen hundert Wanderameisen der Art *Cheliomyrmex andicola* verfolgt wurde. Der Wurm kroch etwa 3m einen Abhang hinunter, währenddessen er von fünf Ameisen bestiegen wurde, die ihn bissen und stachen. Plötzlich kontrahierte der Wurm auf 20cm und rührte sich nicht mehr. Dies geschah etwa 10 Sekunden, nachdem er aus dem Boden gekrochen war.

Eine weitere Beobachtung im selben Areal machten die Forscher an einer toten Schlange, die von den Ameisen abgenagt wurde. Es ist nicht sicher, ob die Ameisen die Schlange erlegt haben, doch sind die Stiche von *C. andicola* (Abb. 2) schmerzhafter als die anderer Wanderameisen und diese Möglichkeit ist nicht völlig von der Hand zu weisen. Die Stiche enthalten ein unbekanntes Gift, welches toxisch oder paralytisch wirkt. Die Jagd und das Erlegen solch großer Beutetiere ist bei den Wanderameisen der Neotropen bisher unbekannt gewesen, ebenso die Nutzung von Fleisch von Wirbeltieren. Aus der alten Welt hingegen war dieses Verhalten schon bekannt. Die Wander- oder Treiberameisen der afrikanischen Gattung *Dorylus* verzehren auch kleine Wirbeltiere, die ihnen auf ihren Streifzügen zum Opfer fallen.

„Zuckerl“ nur für Freunde. Die Dornakazie hat gute Verbündete: wehrhafte, zentimeterlange Ameisen, deren unangenehme Bisse jeden Pflanzenfresser verjagen. Als „Dank“ für die Abwehr von Feinden – die Ameisen nagen sogar andere Pflanzen ab, die ihre Akazie beschatten – bekommen sie Kost und Logis frei. Die Ameisen leben in den hohlen Blattdornen der Akazien und werden an extrafloralen Nektarien mit Zucker versorgt. Wie bekommt nun ein junger Akazienbaum den richtigen Ameisenpartner unter all den möglichen Ameisenarten? Der Schlüssel liegt wahrscheinlich in der Zuckermahlzeit. Es handelt sich nicht um den in Pflanzen üblichen Rohrzucker (Sukrose), sondern um Spaltzucker (eine Mischung aus Glukose und Fruktose). Nur die Ameisen, die in dauernder symbiontischer Beziehung zu den Akazien stehen, bevorzugen Spaltzucker. Interessanterweise haben diese Ameisen die Produktion des Enzyms, welches Rohrzucker zu Spaltzucker umsetzt, stark vermindert. Umgekehrt produzieren die Pflanzen dieses Enzym reichlich, um den Nektar für „ihre“ Ameisen passend zu modifizieren. Die Ameisen sind dadurch von den Pflanzen abhängig geworden, denn die



Abb. 2: Ein Porträt der Treiberameise *C. andicola* mit ihren furchterregenden Mandibeln. Diese Art erbeutet sehr wahrscheinlich auch größere Tiere, nicht nur Insekten wie andere Arten in ihrer Region. Balken: 1 mm (Aus O'DONNELL et al. 2005, © Blackwell Publishing mit freundlicher Genehmigung),

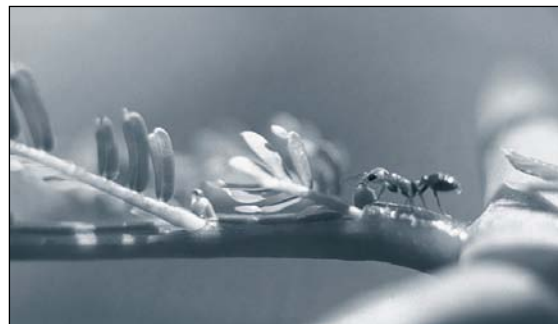


Abb. 3: Eine Ameise die in Symbiose mit Akazien lebt, holt sich an einem außerhalb von Blüten gelegenen Nektarium Zucker. Über die Zuckerqualität gelingt es der Akazie, bestimmte Ameisen dauerhaft in einer Symbiose zu binden. (Foto: Martin HEIL, Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

Spaltung des Rohrzuckers ist der erste Schritt zur Verdauung. Auch die Akazien sind von Ameisen abhängig: Hält man die jungen Akazien frei von Ameisen, so werden sie von anderen Pflanzen überwuchert oder von Pflanzenfressern abgeäst. Dies ist eines der ersten Beispiele, wo man die biochemischen Grundlagen einer solchen Symbiose aufdecken konnte. Andere Akazienarten, die Ameisen nur dann zu Hilfe holen, wenn sie tatsächlich von Pflanzenfressern benagt werden, produzieren gewöhnlichen Nektar, der viele verschiedene Ameisenarten anlockt, die aber eben nicht in ständiger Symbiose mit Pflanzen leben (PENNISI 2005; HEIL et al. 2005).

Niko Winkler

Literatur

- FRANKS NR & RICHARDSON T (2006) Teaching in tandem-running ants. *Nature* 439, 153.
 HEIL M, RATTKE J & BOLAND W (2005) Postsecretory hydrolysis of nectar sucrose and specialization in ant/plant mutualism. *Science* 308, 560-563.
 O'DONNELL S, KASPARI M & LATTKE J (2005) Extraordinary predation by the neotropical army ant *Cheliomyrmex andicola*: Implications for the evolution of the army ant syndrome. *Biotropica* 37, 706-709.
 PENNISI E (2005) Sucrose-free sips suit acacia ants. *Science* 308, 481-482.