

und dann als elektrisch neutrales Atom lange genug eingeschlossen werden, um eine akkurate Messung zu ermöglichen. In dem neuen Experiment gelang dies viel besser als noch vor wenigen Jahren. Andererseits war ebenso wie in allen vorhergehenden Experimenten in den Emissionslinien des Antiwasserstoffs kein Unterschied zum Wasserstoff erkennbar, woraus die Autoren eine Erhaltung der CPT-Symmetrie mit einer relativen Präzision von mindestens 2×10^{-10} schlussfolgern.

Die Suche nach Symmetriebrechung wird mit Sicherheit auch in den nächsten Jahren spannend bleiben. Von Seiten der Theorie besteht großes Interesse daran, endlich Hinweise auf neue Physik zu finden, und experimentell hat die Charakterisierung der bestehenden Symmetriebrechungen eine hohe Priorität. Für den

Moment bleibt aber die Aussage des Standardmodells bestehen, dass die Materieentstehung in einem Urknallszenario nach wie vor nicht zufriedenstellend erklärt werden kann.

Literatur

- BARNES KJ (2010) Group theory for the standard model of particle physics and beyond. CRC Press.
- RIOTTO A (1998) Theories of baryogenesis. In: GAVA E et al. (eds) Proc. Summer School in High-energy Physics and Cosmology. World Scientific, S. 326–436.
- TRÜB P (2006) Der Ursprung der Baryonenasymmetrie. Ein ungelöstes Rätsel am Schnittpunkt von Kosmologie und Teilchenphysik. Stud. Integr. J. 13, 78–85.
- LHCb collaboration (2017). Measurement of matter-antimatter differences in beauty baryon decays. Nature Physics 13, 1745–2481.
- AHMADI M et al. (2017) Observation of the 1S–2S transition in trapped antihydrogen. Nature 541, 506–510.

Ant-Man als Plant-Man

Ameisen als Pflanzenzüchter

Wahrscheinlich hat jeder schon einmal über die erstaunlichen Leistungen von Blattschneiderameisen oder Termiten bei deren professionellen Pilzzucht gestaunt. Ameisen auf den Fidschi-Inseln haben sich offensichtlich sogar an die Pflanzenzucht gewagt – Landwirte unter den Insekten!

Hans-Bertram Braun

Im Reich des Lebens gibt es bei weitem nicht nur Einzelkämpfer. DARWINS „Survival of the fittest“ – das Überleben der Best-Angepassten – legt zwar nahe, dass ein unbarmherziger Kampf um Ressourcen das Verhältnis der Arten zueinander bestimmen sollte. Aber so wenig ein solches Verhalten unser Zusammenleben als Menschen fördert und von uns als erstrebenswert angesehen wird, so sind auch im Tier- und Pflanzenreich Zusammenarbeit zum gegenseitigen Nutzen bzw. in gegenseitiger Abhängigkeit weit verbreitet. Beispiele für solche Symbiosen sind immer wieder verblüffend und scheinen in jedem Komplexitätsgrad zu existieren. Schon so vermeintlich einfache Organismen wie Amöben verspeisen ihre Nahrung, nämlich Bakterien, nicht nur, sondern behalten sich lebende Vorräte zurück, um sie in ihre Sporen als Amöben-Dauerformen mitzunehmen, zur Aussaat und Vermehrung beim Neustart nach Mangelzeiten (BROCK et al. 2011). Tiefseekrabben züchten sich Bakterien auf ihren Mundwerkzeugen, indem sie diese im warmen und für sie nährstoffreichen Wasser von Tiefseeschloten schwenken (THURBER et al. 2011). Tiefseefische halten sich eigene lichtproduzierende Bakterien in an- und ausknipsbaren „Taschenlampen“. Fälschlich

so genannte Faultiere züchten mit Hilfe von Motten auf komplexe Art bestimmte Algen als Nahrungsergänzung in ihrem Fell, wobei sie auch riskante Verhaltensweisen in Kauf nehmen, um diese Zucht aufrecht zu erhalten (PAULI et al. 2014). Und schließlich seien als weitere Beispiele die Blattschneiderameisen und Termiten genannt, die ganz bestimmte Pilzsor ten als ausschließliche Nahrung züchten, die sie teilweise dann noch gezielt mit Strahlenpilzen (antibiotika-produzierenden Bakterien) vor Infektionen beschützen. Komplexeste soziale Verhaltensweisen, aufwändige Bauten und biologische Anpassungen werden betrieben, um symbiontische Lebensweisen zu ermöglichen. So ist es eigentlich erstaunlich, dass zum Beispiel die Pilzzucht mindestens 9 Mal konvergent, das heißt unabhängig voneinander, evolutiv entstanden sein soll (in Ameisen, Termiten und 7 Mal in Ambrosiakäfern, von den Champignon-züchtenden Menschen ganz zu schweigen, MUELLER et al. 2005).

Ameisen pflanzen Epiphyten ein

Guillaume CHOMICKI, ein Biologe der Universität München, verbrachte viele Stunden am

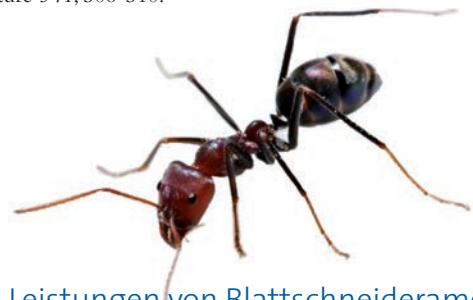


Abb. 1 Der „Ameisen-Gärtner“ *Philidris nagasau*. (Nach <http://www.morningtucker.com/2016/11/ant-discovery-stuns-scientists/>)

Abb. 2 Zwei Domatien des Epiphyten *Squamellaria*. (© Guillaume CHOMICKI; <https://guillaumechomicki.wordpress.com/research/>; mit freundlicher Genehmigung)



Seil hängend in Bäumen auf verschiedenen Fidschi-Inseln, um ein neues faszinierendes Beispiel der Zusammenarbeit zwischen Tier- und Pflanzenreich zu dokumentieren. Seine Untersuchungen zeigen eindrucksvoll, dass Ameisen der Art *Philidris nagasau* (Abb. 1, 3) gezielt und ausschließlich genau sechs bestimmte *Squamellaria*-Arten vermehren, die ihnen wiederum neben Zuckersekreten in Nektarien (Abb. 3, Mitte) vor allem Schutzräume (speziell gebildete Hohlräume, Domatien; Abb. 2) für ihre Ameisenkolonien bereitstellen. Squamellarien sind epiphytische Pflanzen, also Pflanzen, die aufsitzend auf Bäumen wachsen, jedoch im Gegensatz zu z.B. Misteln dabei nicht das Leitungssystem des Baumes anzapfen und deshalb eher Probleme haben, an genügend Nährstoffe zu kommen. Das trifft besonders auf die Zeit der „Aussaat“ zu, die denn auch direkt von den Ameisen übernommen wird.

Die Ameisen ernten noch nicht ganz reife Samen, indem sie diese aus den Früchten herauschneiden und sie in Risse und Spalten in der Rinde platzieren. Sie beziehen die jungen Keimlinge anschließend in ihre regelmäßigen Patrouillengänge ein. Die Ameisen tun das alles, obwohl die Samen keine Ölkörperchen besitzen, wie sie von anderen Pflanzensamen bekannt sind. Solche Samen mit einem Ölkörperchen werden eher ungeplant durch Ameisen verbreitet, indem diese die Samen in ihre Nester bringen; die Ölkörperchen werden dort verzehrt und der Restsame dann wieder aus dem Nest geworfen. Der Transport und das Setzen der Samen werden also im hier beobachteten Fall nicht unmittelbar belohnt, der Sämann muss sich nach der Saat erst einmal in Geduld üben. Allerdings nicht zu lange, denn die Domatien werden sehr früh gebildet:

Schon wenn die neuen Epiphytenpflänzchen gerade einmal zwei Zentimeter groß sind, bilden sie einen kugeligen Unterbau mit Höhlung aus, der dann regelmäßig von Ameisen besucht wird. Große Domatien, die von der Königin bewohnt werden, können später mehr als 30 cm lang sein.

Indem er den Ameisen mit ^{15}N -Isotop angereicherte Nahrung anbot, konnte CHOMICKI zeigen, dass die Besuche der Ameisen nicht nur dem Schutz der Keimlinge dienen, sondern dass die Pflänzchen aktiv gedüngt werden, wahrscheinlich, indem die Ameisen die Domatien als Toilettenhäuschen nutzen (CHOMICKI & RENNER 2016). *Philidris nagasau* ist in der Lage, die Samen der sechs oben erwähnten *Squamellaria*-Arten wahrscheinlich am Geruch aus Samen vieler anderer angebotener Arten herauszufinden. Es scheint sich wirklich um eine obligate, also ausschließliche Symbiose zwischen Ameise und Epiphyt zu handeln, denn alle untersuchten Domatien der 6 *Squamellaria*-Arten wurden ausschließlich von *Philidris nagasau* bewohnt und die Ameisenart wurde nur auf diesen 6 Arten gefunden.

Die Verbreitung von Epiphyten mittels Einpflanzen und Versorgung durch Ameisen soll fünf Mal unabhängig entstanden sein.

Interessanterweise gibt es durchaus auch andere *Philidris*-Ameisenarten auf denselben Bäumen, die aber andere *Squamellaria*-Arten bewohnen. In diesen Fällen sind allerdings nicht alle Domatien bewohnt und die Ameisen bauen teilweise auch Nester an anderen Orten und nicht nur in Domatien. Deren Kolonien sind



relativ klein, alle Individuen leben zusammen mit der Königin in einem einzigen Nest. Eine *Philidris nagasau*-Kolonie dagegen kann sich über mehrere Bäume erstrecken, die durch sich berührende Äste verbunden sind. Die Kolonie besteht dann aus mehreren Dutzend Epiphyten, deren Domatien alle von Ameisen konstant bewohnt oder mindestens regelmäßig besucht werden und die durch Ameisenstraßen verbunden sind. Eine einzige Königin herrscht über diese große Kolonie.

Anhand genetischer Untersuchungen und der Konstruktion „molekularer Uhren“ legt CHOMICKI den Zeitpunkt der Entstehung dieser speziellen Form von obligater Landwirtschaft auf 3 Millionen Jahre vor unserer Zeit fest. Zu dieser Zeit hätten sowohl die Epiphyten eine spezielle Form eines Fußes entwickelt, mit dem sie sich aus der Rinde herauschieben können, bevor sie das Domatium ausbilden, als auch die Ameisen zeitgleich andere Arten des Nestbaus verlernt, wobei beide Ereignisse zusammen zu der obligaten Symbiose beigetragen haben sollen. Laut seiner genetischen Untersuchungen soll die Verbreitung von Epiphyten durch Ameisen fünf Mal unabhängig evolutiv entstanden sein (konvergent).

Bewertung

CHOMICKI und seine Co-Autorin Susanne RENNEN beschreiben das ihres Wissens erste Beispiel einer obligaten Zucht von Pflanzen durch Ameisen, ein eindrucksvolles Zusammenspiel von Tier- und Pflanzenarten zum gegenseitigen Nutzen. Die Beschreibung dieser Symbiose allein genügt schon, um uns zum Staunen zu bringen. Wie so oft beschränken sich die Autoren allerdings nicht auf die Beschreibung des Ist-Zustandes, sondern versuchen sich daran, seine Herkunft auf naturalistischer Basis zu verstehen. Und dann wird's kompliziert. Es wird nämlich nicht wirklich ersichtlich, warum *Philidris nagasau* so eine enge und ausschließliche Kooperation mit bestimmten *Squamellaria*-Arten eingegangen ist, da es sich als Ameise offensichtlich auch weniger streng mit Epiphyten auf denselben Bäumen

leben lässt. Domatien sind zwar nützlich als Behausungen, gleichzeitig auch nicht unersetzlich, wie man an den nicht-obligat symbiontischen Ameisenarten sehen kann. Obwohl sie größere Kolonien bildet, hat *Philidris nagasau* selbst im Verlauf von angenommenen drei Millionen Jahren seine Vetterarten offensichtlich keineswegs verdrängt. Daher ist es schwer vorstellbar und wahrscheinlich nicht nachweisbar, welche spezifischen Selektionsdrücke einen evolutiven Vorteil, „fitness“, begünstigt haben sollten, der in solch äußerst komplexen Verhaltensweisen und Wechselwirkungen zwischen Insekt und Pflanze besteht. Ganz abgesehen davon, dass das ganze komplexe Zusammenspiel erst einmal parallel in Ameise und Pflanze entstehen muss (genetisch fixiert), um potenziell einen Vorteil unter selektivem Druck bieten zu können. Symbiose entwickelt „sich“ ja nicht, weil sie nützlich ist (obwohl das einsehbar erscheint), sondern der Naturalismus diktiert, dass nichts, was existiert zweckgerichtet, sondern immer nur vollkommen zufällig (ohne Zielrichtung) entstand und dann ausgelesen wurde. Nach CHOMICKI ist Pflanzenzucht in Ameisen sogar fünf Mal unabhängig voneinander entstanden! Wenn die Entstehung einer solch komplexen Symbiose einen nicht ins Zweifeln darüber bringt, ob der Naturalismus wirklich eine hinreichende Erklärung für die Vielfalt des Lebens liefern kann, wird einen dann eine fünf Mal unabhängige Entstehung vielleicht ins Fragen bringen?

Literatur

- BROCK DA, DOUGLA TE, QUELLER DC & STRASSMANN JE (2011) Primitive agriculture in a social amoeba, *Nature* 469, 393–396 doi:10.1038/nature09668
- CHOMICKI G & RENNEN SS (2016) Obligate plant farming by a specialized ant. *Nature Plants*, doi: 10.1038/nplants.2016.181
- MUELLER UG, GERARDO NM, AANEN DK, SIX DL & SCHULTZ TR (2005) The evolution of agriculture in insects, *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36, 563–595. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152626
- PAULI JN et al. (2014) A syndrome of mutualism reinforces the lifestyle of a sloth. *Proc. R. Soc.* 281B, 20133006.
- THURBER AR, JONES WJ & SCHNABEL K (2011) Dancing for food in the deep sea: Bacterial farming by a new species of Yeti crab, *PLoS ONE* 6, doi:10.1371/journal.pone.0026243

Abb. 3 Der „Gärtner“ *Philidris nagasau* krabbelt auf der Borke, Mitte: Extraflorale Nektarien, rechts: junge Pflänzchen von *Squamellaria*. (© Guillaume CHOMICKI; mit freundlicher Genehmigung)