



Abb. 1: Pilzkammern und Verbindungstunnel in einem mit Zement ausgegossenen und anschließend freigelegten Nest der Blattschneiderameise *Atta laevigata* in Brasilien.

Neuerscheinung

Von Kuckuckshummeln und Sklavenhalterameisen – faszinierende Einblicke in Insektenstaaten

Eine Fachtagung der Kommission für Ökologie im März 2014 beschäftigte sich mit dem Thema „Soziale Insekten in einer sich wandelnden Welt“. Der zugehörige Berichtsband ist nun erschienen.

VON CLAUDIA DEIGELE

AUFGRUND IHRES HOHEN Grades an Kooperation und der scheinbar perfekten Organisation, in der die einzelnen Tiere zum Wohle des Ganzen arbeiten, werden Insektenstaaten bisweilen als Modell für eine „bessere“ menschliche Gesellschaft angesehen. Tatsächlich stehen aber altruistischem Verhalten und Kooperation in einem Insektenstaat strenge Kontrollmechanismen zur Aufrechterhaltung der inneren Stabilität und zur Verteidigung nach außen gegenüber. Auch inner- und zwischenartlicher Sozialparasitismus ist zu finden. Der Berichtsband stellt Beispiele für Kooperation und Konflikte in Insektenstaaten sowie weitere spannende Aspekte aus dem Leben von Ameisen, Bienen und Termiten vor.

Beispiele für Kooperation ...

Blatt- und Grasschneiderameisen leben in enger Symbiose mit einem Pilz, den sie in speziellen Nestkammern („Pilzgärten“) halten und für den sie täglich enorme Mengen an Pflanzenmaterial einbringen. Ihre Nester können mehrere Millionen Individuen umfassen (Abb. 1). Das kollektive Bauverhalten der Arbeiterinnen wird dabei vor allem von den mikroklimatischen Bedingungen und der CO_2 -/ O_2 -Konzentration im Nest geregelt. So entstehen ideale Wachstumsbedingungen für den Pilz, der – sozusagen „im Gegenzug“ – Enzyme zum Abbau von Zellulose liefert, unverträgliche Stoffe in den eingetragenen Blättern abbaut (was das Spektrum an nutzbaren Pflanzen wesentlich erweitert) und bei vielen Arten den Larven als einzige Nahrungsquelle dient. Die Auswahl der Futterpflanzen durch die Ameisen wird dabei vom Pilz beeinflusst: Schadet eine bestimmte Pflanzenart dem Pilzwachstum, so werden die Merkmale dieser Pflanze mit ihrem negativen Effekt assoziiert, und sie wird künftig gemieden.

Abb. 2: Termiten im Holz eines Baumstamms.

Termiten (Abb. 2) gehören zu den Schaben. Anders als bei Bienen oder Ameisen handelt es sich bei ihren Staaten nicht um typische Weibchenverbände aus einer Königin und Arbeiterinnen, sondern beide Geschlechter spielen im Staat eine dauerhafte Rolle: König und Königin, Arbeiter und Arbeiterinnen und zusätzlich (wenige) sterile Soldaten und Soldatinnen. Treffen zwei Kolonien aufeinander, die sich durch denselben Baumstamm fressen, können beide Könige/Königinnen überleben und kooperieren. Konflikte gibt es (zumindest bei Niederen Termiten) nur bei knapp werdender Nahrung – dann entwickeln sich Arbeiter(innen) zu neuen Geschlechtstieren und wandern ab – und beim Tod eines Königs/einer Königin. Die Harmonie in der Kolonie wird durch das sogenannte reproduktive Monopol aufrechterhalten: Über die Expression bestimmter Gene erhält die Königin ihr typisches Duftprofil und wird dadurch von den Arbeiter(innen) als solche (an)erkannt. Werden die Gene experimentell ausgeschaltet, verändert sich das Verhalten der Königin nicht, aber die Arbeiter(innen) beginnen zu zucken, ein Zeichen dafür, dass sie sich in einen neuen König/eine neue Königin entwickeln „wollen“.

... und für sozialparasitisches Verhalten

Die auch bei uns vorkommenden sozialparasitisch lebenden Hummeln und Ameisen nutzen das Sozialverhalten ihrer Wirte aus. So genannte Kuckuckshummeln dringen in ein anderes Hummelnest ein und übernehmen es, die Wirtskönigin und ältere Arbeiterinnen werden in der Regel getötet, und die überlebenden jungen Arbeiterinnen ziehen fortan die Nachkommen der neuen Königin groß und versorgen das Nest.



Auch hier spielt die chemische Kommunikation eine entscheidende Rolle: Duftstoffe im Eingangsbereich helfen beim Auffinden eines geeigneten Wirtsnestes, Abwehrsubstanzen mit Repellentwirkung erleichtern das Eindringen in das Nest. Fertilitätssignale im Duftbouquet der Wirtsarbeiterinnen zeigen das Stadium ihrer Eierstockentwicklung an, und Pheromone auf der Körperoberfläche des Parasitenweibchens hemmen die Eierstockentwicklung der überlebenden jungen Wirtsarbeiterinnen. Um das reproduktive Monopol der Königin aufrechtzuerhalten und so die Stabilität in der Kolonie zu sichern, imitiert das Parasitenweibchen die Fertilitätssignale der ursprünglichen Königin.

Noch weiter geht der Parasitismus bei Sklavenhalterameisen. Eine junge Königin dringt im Frühjahr nach der Paarung in ein neu gegründetes Wirtsnest ein, in dem schon Puppen vorhanden sind, und vertreibt oder tötet die dortige Königin. Die Arbeiterinnen erlernen nach dem Schlupf den Geruch der neuen (Parasiten-)Königin, erkennen sie als ihre eigene an und ziehen ihre Brut groß. Die daraus entstehenden Sklavenhalterarbeiterinnen arbeiten nicht mehr selbst, sondern gehen auf Raubzüge, um in fremden Nestern Brut zu erbeuten. Zurück im Sklavenhalternest werden die geraubten Eier und Puppen von bereits versklavten Arbeiterinnen großgezogen und übernehmen dann, ebenfalls als Sklaven, Brutpflege und Nestversorgung. Ob sich eine Kolonie bei einem Raubzug offen aggressiv verteidigt oder versucht, mit ihrer Brut zu fliehen, hängt unter anderem vom Grad der Arbeitsteilung ab: Kolonien mit sehr spezialisierten Arbeiterinnen sind zwar produktiver, kommen mit unvorherge-



Abb. 3: Kollektives Hygieneverhalten bei Ameisen: oben gegenseitiges Putzen von adulten Tieren (rote Markierung künstlich aufgetragen), unten soziales Putzen im Rahmen der Brutpflege.

ABBE: J. KORB; M. KONRAD; L. V. UGELVIG



sehenen Ereignissen aber schlechter zurecht und können bei einem Überfall weniger Brut retten und eindringende Sklavenhalter töten als Kolonien mit einem geringeren Spezialisierungsgrad.

Super-Kolonien invasiver Ameisenarten

Invasive Arten zeichnen sich durch ihr neues, meist massenhaftes Vorkommen in einem für sie nicht natürlichen Verbreitungsgebiet aus; ihre Verschleppung geschieht oft durch den Menschen über Fernverkehr und weltweiten Gütertransfer. Unter den 100 Organismen, die weltweit die größten ökonomischen oder ökologischen Schäden anrichten, sind allein fünf Ameisenarten. Eine davon, die Argentinische Ameise

(*Linepithema humile*), ist entlang der Mittelmeerküsten weit verbreitet. Sie bildet dort sog. Super-Kolonien, Netzwerke von Einzelnestern, die miteinander kooperieren und mit Straßen verbunden sind. Für *Formica fuscocinerea*, eine kältetolerante Art mit großem Ausbreitungspotential, konnte gezeigt werden, dass Individuen eines Nestes in einer Kiesgrube bei Dachau anderen Individuen in über 50 Kilometer Entfernung, bei Murnau, ohne Aggression begegnen und mit ihnen kooperieren, d. h. mit ihnen eine Art Super-Kolonie bilden. Gegenüber anderen Ameisenarten verhält sich die Art jedoch stark kämpferisch und kann z. B. eine Nahrungsquelle auch ohne zahlenmäßige Überlegenheit erobern.

Kollektive Krankheitsabwehr

Die hohe Dichte, die zahlreichen Interaktionen und die enge Verwandtschaft in einer Kolonie erhöhen für alle staatenbildenden Insekten das Infektionsrisiko. Zur individuellen Krankheitsabwehr über das körpereigene Immunsystem kommt bei ihnen jedoch eine kollektive Abwehr hinzu. Dazu gehört z. B. soziales Putzen, die Reinigung der Körperoberfläche mithilfe der Mundwerkzeuge (Abb. 3), das neben dem mechanischen Entfernen infektiösen Materials der Desinfektion dient: Ameisenarbeiterinnen verreiben z. B. ihr Gift, das zum großen Teil aus (antimikrobiell wirkender) Ameisensäure besteht, auf der gesamten Oberfläche von mit Pilzsporen behafteten Puppen. Ein anderes Beispiel für kollektive Krankheitsabwehr ist das „soziale Fieber“ bei Honigbienen: Viele Arbeiterinnen steigern gleichzeitig ihren Muskeltonus, ohne dabei die Flügel zu bewegen, und erreichen so einen Temperaturanstieg im Stock um 1 bis

2 Grad, der die Etablierung eines Pathogens in der Kolonie behindert. Und schließlich kommt es im Ameisenstaat durch Sozialkontakt mit einem infektiösen Nestmitglied zu einer Übertragung des Pathogens mit niedriger Infektionsdosis auf die übrigen Nestmitglieder. Diese „Mini-Infektionen“ wirken immunstimulierend und verringern so das künftige Infektionsrisiko der Nestmitglieder beträchtlich („soziale Impfung“).

Bienensterben, Varroamilbe und Neonicotinoide

Nach den Daten der FAO (Food and Agricultural Organization der UN) ist von 1961 bis 2012 die Zahl der imkerlich gehaltenen Bienenvölker in Deutschland von 2,0 auf 0,7 und in Europa von 21,1 auf 16,8 Millionen gesunken; weltweit stieg sie aber von 49,2 auf 80 Millionen an (Abb. 4). Die drastischen Rückgänge zwischen 1989 und 1991 für Deutschland und 1991/92 für Europa korrelieren jedoch weder mit dem Auftreten der Varroamilbe (seit 1977 in Deutschland, seit 1987 in den USA nachgewiesen) noch mit dem Einsatz von Neonicotinoiden (Imidacloprid seit 1991 kommerzialisiert, Erstzulassung in Deutschland 1993), die beide als Hauptursachen für das Bienensterben in Deutschland bzw. Europa angenommen werden. Auch das massive Bienensterben in den USA um 2006, bekannt als Colony Collapse Disorder (CCD), schlägt sich nicht in diesen Daten nieder, da die Imker auch hier die verstorbenen Völker offenbar weitgehend ersetzen konnten. Möglicherweise kommen in den Daten nationale sozioökonomische Faktoren zum Tragen, die mit dem politischen Umbruch in Europa zusammenhängen. So haben sich mit den politischen Systemen auch die landwirtschaftliche Infrastruktur, von der die Imkerei wesentlich abhängt, sowie

die ländliche Bevölkerungsentwicklung gravierend verändert. Eine gezielte Förderung der Imkerei sollte daher mit geeigneten Anreizen dem Rückgang insbesondere von Hobby- und Nebenerwerbsimkern entgegenwirken.

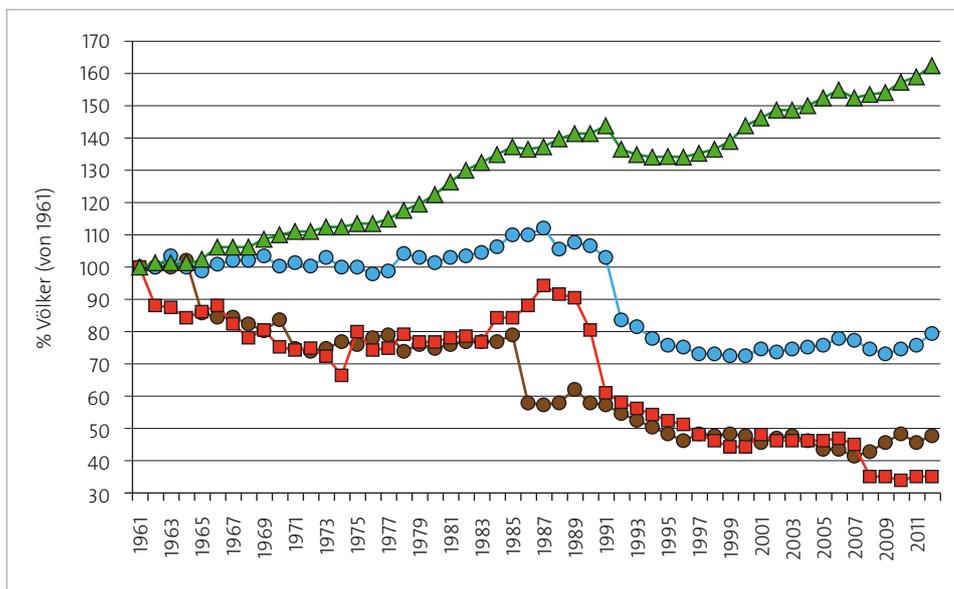


Abb. 4: Entwicklung von imkerlich gehaltenen Bienenvölkern (in Prozent von 1961) in Deutschland, Europa, den USA und der Welt. In Klammern: absolute Völkerzahlen für 1961 und 2012.

- ▲ Welt (49,2 / 80,0 Mio.)
- Europa (21,1 / 16,8 Mio.)
- USA (5,5 / 2,6 Mio.)
- Deutschland (2,0 / 0,7 Mio.)

ABB.: TAUSENDBLAUWERK; QUELLE: FAOSTAT 2014 (FAOSTAT.FAO.ORG)



Bestäuber-Netzwerke im Wandel

Die Bestäubung, die zu den zentralen Ökosystemfunktionen gehört, wird durch hochkomplexe Netzwerke aus Bestäubern und Pflanzen gesichert. Die Stabilität der Bestäuberfunktion in einem Ökosystem steigt (a) mit der Anzahl der an dem Netz beteiligten Arten (funktionelle Redundanz), (b) wenn diese Arten asynchron, d. h. komplementär, auf bestimmte Umweltbedingungen reagieren, und (c) mit der Anzahl der Interaktionen zwischen den Arten. Was passiert nun, wenn sich Umweltfaktoren wie Landnutzung oder Temperatur ändern? Bei einer Intensivierung der Grünlandnutzung sinkt die Diversität der Blütenpflanzen; die Diversität der Bestäuber bleibt etwa gleich hoch, aber ihre Artenzusammensetzung ändert sich. Spezialisierte Blütenbesucher sind dabei stärker von einer Landnutzungsintensivierung betroffen als weniger spezialisierte. Untersuchungen entlang eines Höhengradienten deuten an, dass z. B. alpine Bienenarten stärker spezialisiert sind als Tieflandarten. Zudem reagieren sie anfälliger auf klimatische Extremereignisse und auf Temperaturerhöhungen.

In Bezug auf die flächendeckende Bestäubung von Kulturpflanzen ergänzen sich Wildbienen und Honigbienen. Agrarumweltmaßnahmen sollten daher neben der Förderung der Imkerei auch die Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft umfassen, um wild lebende Bestäuber zu erhalten und damit die Ertragssicherheit in Kulturpflanzen zu gewährleisten.

Dass Neonicotinoide das Flug- und Tanzverhalten von Honigbienen beeinflussen, zeigen so genannte Catch-and-Release-Experimente: Bienen, die auf eine bestimmte Flugstrecke zwischen ihrem Stock und einer Futterstelle dressiert sind, bietet man an dieser Futterstelle die Wirkstoffe zusammen mit Zuckerlösung an. Nach 90 Minuten Inkubationszeit werden die Tiere mit einem Radartansponder ausgestattet (Abb. 5) und an einer anderen Stelle, in etwa 500 Meter Radius um den Stock herum, wieder freigesetzt („Auflassstelle“). Die Dosen werden dabei so gering gewählt, dass die Tiere noch normal fliegen und sich an ihrem Sonnenkompass orientieren können. Es zeigt sich, dass bei den behandelten Bienen sowohl die Dauer als auch die Länge des Heimflugs größer und die Rückkehrwahrscheinlichkeit zum Stock kleiner ist als bei den unbehandelten Tieren. Auch bei chronischer Exposition mit Dosen, wie sie unter natürlichen Bedingungen in der Landwirtschaft vorkommen, ist das Heimfindervermögen der Tiere vermindert. Zudem sinkt die Rekrutierungsrate, da die Bienen nach ihrer Rückkehr in den Stock keine Schwänzeltänze mehr ausführen.

Diese und weitere Themen werden in dem neuen Berichtsband vorgestellt von Manfred Ayasse (Ulm), Nico Blüthgen (Darmstadt), Sylvia Cremer (Klosterneuburg, A), Susanne Foitzik (Mainz), Jürgen Heinze (Regensburg; Organisator der Tagung), Judith Korb (Freiburg), Randolf Menzel (Berlin), Robin F. A. Moritz (Halle), Flavio Roces (Würzburg), Ingolf Steffan-Dewenter (Würzburg) und Volker Witte (Martinsried).

Abb. 5 und 6: Harmonisches Radargerät und Honigbiene (*Apis mellifera*) mit Transponder. Die untere Radarschüssel sendet das Signal aus, die obere empfängt das vom Transponder zurückgesendete Signal.

DIE AUTORIN

Dr. Claudia Deigele ist wissenschaftliche Sekretärin der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Literatur und WWW

Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Soziale Insekten in einer sich wandelnden Welt (≈ Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 43), Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München 2014, 144 S., ISBN 978-3-89937-179-6, 25,00 Euro.

Die einzelnen Beiträge sind unter www.pfeil-verlag.de im Internet eingestellt.