

# Rekordverdächtige Konvergenzen

## Beziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen

Pflanzen und Ameisen stehen untereinander in zahlreichen Wechselbeziehungen. Die zugehörigen Anpassungen treten in den unterschiedlichsten Pflanzengruppen auf, die nicht in näheren verwandtschaftlichen Beziehungen stehen. Die betreffenden Merkmale werden daher als evolutionäre Konvergenzen interpretiert. Rekordverdächtig hohe Anzahlen von Konvergenzen lassen daran aber mehr denn je Zweifel aufkommen.

Herfried Kutzelnigg

**Abb. 1 a** Löwenzahn-Blütenkörbchen mit Ameisen, die zwar Nektar aufnehmen (rauben), sich aber nicht an der Bestäubung beteiligen. Foto: THEBOMBZEN (Wikipedia)

**b** Das bei uns in Gärten kultivierte Duft-Steinkraut (*Campanotus micans*) oder „Alyssum“ gehört zu den wenigen Pflanzen, deren Blüten durch eine Ameisen-Art bestäubt werden, nämlich durch die Rossameisen-Art *Camponotus micans*. In Mitteleuropa kommt diese Ameisen-Art allerdings nicht vor. Foto: E. BALOCCHI (Wikipedia).

**c** Auch bei der Zypressen-Wolfsmilch erfolgt eine Bestäubung durch Ameisen, sie ist aber dort von untergeordneter Bedeutung. Foto: R. BARTZ (Wikipedia).

Zwischen Ameisen und Pflanzen gibt es vielfältige Wechselbeziehungen (vgl. BRONSTEIN et al. 2006). Wer die Natur genau beobachtet, wird dort, wo Pflanzen wachsen, auch schnell Ameisen finden. Das ist nicht nur am Boden so, sondern oft auch auf den Stängeln und Blättern, und selbst in den Wipfeln hoher Bäume kann man Ameisen antreffen, nicht selten in großer Zahl.

### Ameisen als Bestäuber

Oft wird vermutet, Ameisen würden einen wichtigen Beitrag zur Bestäubung von Blüten leisten. Das stimmt aber nicht, denn Ameisen sind als Bestäuber denkbar ungeeignet. Das liegt an ihren eher glatten Körpern, an denen Pollen kaum haften bleibt, und daran, dass einige Ameisen aus Körperdrüsen antibiotische Substanzen abgeben, die für Pollen schädlich sind, ja diesen evtl. sogar schnell abtöten. Dessen ungeachtet nutzen man-

che Ameisen dennoch bei einigen Blüten Nektar oder Pollen, tragen aber nicht zur Bestäubung bei (Abb. 1a), so dass man auch von Nektar- oder Pollenraub sprechen könnte. Aber es gibt seltene Ausnahmen. So wird etwa im Mittelmeerraum das auch bei uns als Bodendecker kultivierte Duft-Steinkraut (*Lobularia maritima* = *Alyssum maritimum*, Abb. 1b) durch die Rossameisen-Art *Camponotus micans* bestäubt (GÓMEZ 2000). Auch bei der heimischen Zypressen-Wolfsmilch (Abb. 1c) wurde eine Bestäubung durch Ameisen nachgewiesen, ist aber dort von untergeordneter Bedeutung (PFUNDER 1999).

### Ameisen und Honigtau

Ameisen besuchen u. a. auch deshalb gerne Pflanzen, besonders Bäume und Sträucher, um dort Honigtau aufzunehmen; das sind süße Säfte, die oft in großen Mengen als Ausscheidungspro-



a



b



c

dukte von Blattläusen, Rindenläusen und Schildläusen entstehen. Die Blattläuse entnehmen dem Siebteil (Phloem) der Leitungsbahnen in den Blättern oder Zweigen die dort zur Verfügung stehenden Assimilate (von den Pflanzen produzierte Stoffe), die u.a. Aminosäuren und Zucker enthalten. Dabei ist für die Ernährung der Läuse der Zuckeranteil im Überschuss, so dass diese einen Großteil davon wieder ausscheiden. Diese nährstoffreichen Ausscheidungsprodukte nehmen Ameisen gerne an, z.B. indem sie die Läuse „betrillern“, damit diese den Honigtau gezielt abgeben (Abb. 2). Man spricht auch vom „Melken“ der Läuse. Tatsächlich liegt hier eine Symbiose vor, denn die Ameisen schützen die Läuse vor Fressfeinden. Gleichzeitig schützen sie aber auch die Pflanzen vor Feinden. Berühmt sind auch die Fälle, in denen Ameisen Blattläuse wie Haustiere halten, gut versorgen, beschützen und zu den Pflanzen transportieren, wo sie dann Assimilate entnehmen. Gelbe Wiesenameisen (*Lasius flavus*) halten sogar fast ausschließlich „Wurzelläuse“ in ihren Nestern, in denen die Läuse Zugang zu Pflanzenwurzeln haben und dort die Leitungsbahnen anzapfen, um letztendlich ihren Wirten Honigtau liefern zu können.

Nebenbei bemerkt, stellt Honigtau auch für Bienen eine wichtige Nahrungsgrundlage dar; der entsprechende Honig hat also keinen Blütennektar als Basis. Er wird als Waldhonig bzw. Blatthonig oder im Falle von Nadelbäumen als „Tannenhonig“ bezeichnet; jedenfalls ist er kein Blütenhonig! Auch bei mindestens einer weiteren Honigsorte gibt es eine feine Unterscheidung: Lindenhonig hat mehr Anteil an Laushonig und Lindenblütenhonig hat mehr Anteil an Blütenhonig. Im Übrigen leben auch zahlreiche weitere Kleintiere vom Honigtau.

Bei starkem Blattlausbefall können auch parkende Autos unliebsame Erfahrungen mit Honigtau machen. Aber das „Zuckerwasser“ lässt sich leicht abwaschen.

Weniger appetitlich ist der Anblick, wenn die klebrige Flüssigkeit von Rußtaupilzen (z.B. *Capnodium*) infiziert wird, wodurch dunkelgraue Überzüge entstehen, die man als Rußtau bezeichnet.

## Extraflorale Nektarien

Viele Pflanzen bieten eine weitere wichtige Attraktion für Ameisen. Sie geben nämlich Nektar ab, der nicht von den Blüten gebildet wird, entsprechend als extrafloral bezeichnet wird und auch nichts mit einer Bestäubung zu tun hat (vgl. BRONSTEIN et al. 2006, WEBER &



KEELER 2013, MARAZZI et al. 2013). Vielmehr hat dieser Nektar die Aufgabe, gezielt Ameisen anzulocken, die im Gegenzug schädliche Raupen, Insekteneier usw. entfernen und dadurch die Pflanze vor Fressfeinden schützen. Man spricht daher auch von „Polizistenfutter“. Gewöhnlich schützen sich Pflanzen vor Fressfeinden durch chemische Substanzen, die für die an ihnen fressenden Tiere giftig sind. Durch die Anlockung von Ameisen haben sie parallel dazu eine zweite Schutzmöglichkeit; es handelt sich also quasi um eine „biologische Schädlingsbekämpfung“ in Ergänzung zur „chemischen Keule“.

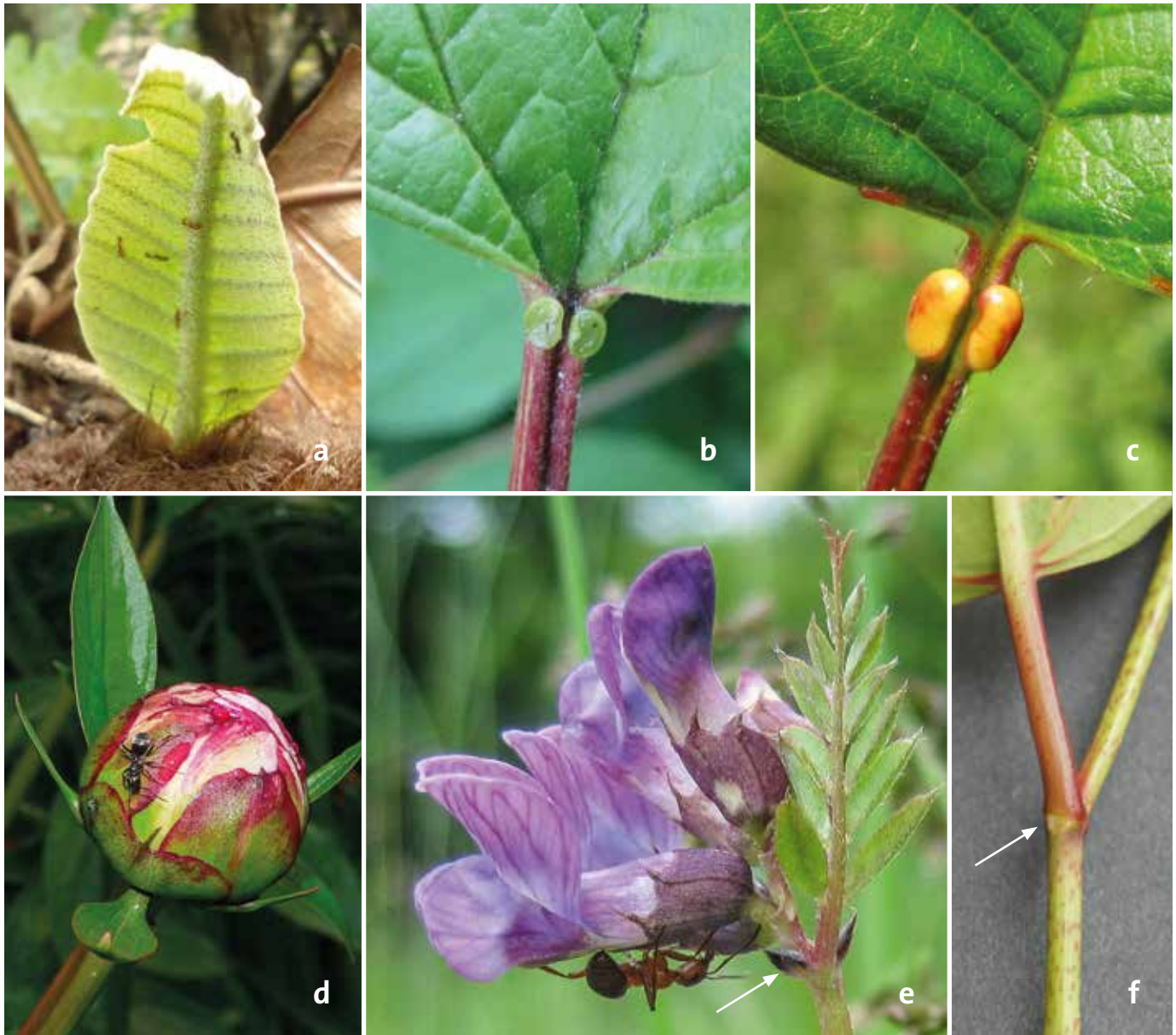
Extraflorale Nektarien kennt man schon lange, aber ihre Bedeutung war in vielen Fällen umstritten. Schon länger bekannt sind z.B. die auffälligen Symbiosen einiger tropischer *Acacia*-Arten mit den sie beschützenden Ameisen, die

**Abb. 2** Ameise, die von einer Rindenlaus einen Honigtautropfen erhält, also ein zuckerreiches Ausscheidungsprodukt. Foto: F. BÖHRINGER (Wikipedia).

## Kompakt

Pflanzen und Ameisen stehen untereinander in zahlreichen, oft symbiotischen Wechselbeziehungen. Darüber soll hier ein kurzer Überblick gegeben werden. Auffällig ist, dass die zugehörigen morphologischen und biochemischen Anpassungen in den unterschiedlichsten Pflanzengruppen auftreten, also nach gängiger evolutionstheoretischer Vorstellung sehr oft unabhängig voneinander entstanden sind.

In zwei Fällen ist die Anzahl der Konvergenzen sogar rekordverdächtig hoch. Das gilt zum einen für die Samenausbreitung durch Ameisen (Myrmekochorie), die über 100-mal konvergent entstanden sein soll. Zum anderen gilt es für die Ausbildung von extrafloralen Nektarien, also Geweben, die außerhalb der Blüte Nektar produzieren: Diese dienen vor allem der Anlockung von Ameisen, die im Gegenzug die Pflanzen vor Fressfeinden schützen; dieses Phänomen soll über 450-mal konvergent entstanden sein. Konvergenzen, also die unabhängige Neubildung ähnlicher oder gleicher Strukturen und Funktionen in unterschiedlichen Abstammungslinien stellen evolutionstheoretisch seit jeher ein Problem dar. Die hier festgestellten Zahlen von mehr als 100 oder sogar mehr als 450 Konvergenzen stellen ohne Zweifel eine Herausforderung an Erklärungsversuche dar, die deren parallele Entstehung auf ungerichtete Zufallsprozesse zurückführen wollen.



**Abb. 3** Extraflorale, d. h. außerhalb der Blüte befindliche, Nektarien. Sie geben eine zuckerhaltige Flüssigkeit ab, die u. a. von Ameisen gerne aufgenommen wird. Die Gegenleistung der Ameisen ist der Schutz der Knospen vor Tierfraß.

**a** Der Farn *Drynaria quercifolia* mit mikroskopisch kleinen, Nektar produzierenden Drüsenhaaren. **b** Schneeball (*Viburnum opulus*) und **c** Süß-Kirsche (*Prunus avium*) mit den typischen roten Nektarien am oberen Ende des Blattstiels. **d** Pfingstrose (*Paeonia*) mit Ameise, die den von den Kelchblatträndern produzierten Nektar aufnimmt. **e** Zaun-Wicke (*Vicia sepium*) mit Ameise. Der Nektar wird hier an der Unterseite der Nebenblätter angeboten (Pfeil). Man vergleiche auch den Videoclip unter [ohioplants.org/families-fabaceae](http://ohioplants.org/families-fabaceae); **f** Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia japonica*): napfförmiges, extraflorales Nektarium am unteren Ende des Blattstiels außen. Fotos: O. SOUL (Wikipedia) (a), R. JUNKER (b, c, e), G. HUME (Wikipedia) (d), H. KUTZELNIGG (f).

sogar in speziellen Höhlungen der Pflanze Unterschlupf finden und auch sonst gut versorgt werden und im Gegenzug von der sie beherbergenden Pflanze ganz individuell Feinde abhalten.

Inzwischen ist aber auch für viele weitere Arten der Nachweis erbracht worden, dass die Nektarproduktion wesentlich mit dem Schutz durch Ameisen zu tun hat. Allerdings wird die zuckerhaltige Flüssigkeit in einigen Fällen auch von weiteren Insekten aufgenommen, die dann oft ebenfalls eine Schutzfunktion übernehmen.

Der extraflorale Nektar wird meist aus spezialisierten Blattdrüsen abgegeben, die sich in

Bau und Herkunft stark unterscheiden (Abb. 3). Sie können sich z.B. am Blattstiel oder auf der Blattspreite befinden, an Nebenblättern, Keimblättern, Kelchblättern, Früchten, Stängeln usw. Sie können aber auch als isolierte Drüsen unterschiedlicher Größe auftreten oder in Form von drüsigen Blattzähnen oder von unauffälligen, mikroskopisch kleinen Strukturen (Abb. 3 a) bis hin zu einzelligen Drüsenhaaren. Oft sind die extrafloralen Nektarien nur in bestimmten Entwicklungsstadien der Pflanze tätig, vor allem bei jungen Trieben. Das dürfte damit zusammenhängen, dass junge Pflanzenteile besonders schutzbedürftig sind, weil sie einerseits noch zart sind und andererseits noch nicht ausreichend Abwehrstoffe gebildet haben.

Bekannte Beispiele aus der heimischen Flora sind: Süß-Kirsche und Schneeball (oberes Ende des Blattstiels; Abb. 3b, c), Sauer-Kirsche (unterer Teil der Blattspreite), Pfingstrose (Kelchblattränder; Abb. 3d), Schmalblättrige Wicke und Zaun-Wicke (Unterseite der Nebenblätter; Abb. 3e), Staudenknöterich (unteres, äußeres Ende

**Unter der Voraussetzung von unabhängigen Entstehungsereignissen ist die Ausbildung extrafloraler Nektarien mindestens 457-mal konvergent entstanden.**

des Blattstiels; Abb. 3f) und Adlerfarn (untere Blattfiedern).

Weltweit wurden extraflorale Nektarien bisher bei etwa 4000 Pflanzenarten in 745 Gattungen aus 108 verschiedenen Pflanzenfamilien nachgewiesen, also weit verstreut über das Pflanzenreich (KEELER 2008, WEBER & KEELER 2013). Trägt man ihr Vorkommen in das von der Angiosperm Phylogeny Group (2009) herausgegebene Kladogramm der Blütenpflanzen ein, so zeigt sich, dass unter der Voraussetzung von unabhängigen Entstehungsereignissen die Ausbildung extrafloraler Nektarien mindestens 457-mal konvergent entstanden ist. Diese Zahl dürfte alle bisher beschriebenen Fälle von Konvergenzen weit in den Schatten stellen. Auch bei einigen Farnen (s.o.) gibt es entsprechende Strukturen (Abb. 3a).

## Samenausbreitung durch Ameisen = Myrmekochorie

Ein weiteres wichtiges Beispiel für eine Symbiose zwischen Ameisen und Pflanzen ist die Ausbreitung von Samen und Früchten durch Ameisen, auch Myrmekochorie genannt (SER-NANDER 1906, BRESINSKY 1963, BEATTIE 1983, 1985, BONN & POSCHLOD 1998, BRONSTEIN et al. 2006, LENGUEL et al. 2010). Auch dieses Phänomen findet man weltweit. Der Schwerpunkt liegt in den wärmeren Gebieten, aber auch in der heimischen Flora spielt Ameisenausbreitung eine gewisse Rolle, hier besonders bei Frühblühern.

Im typischen Fall wird den Ameisen als „Belohnung“ für die Ausbreitung ein nährstoffreiches Anhängsel am Samen angeboten (Abb. 4), das gewöhnlich erst im Ameisennest entfernt wird. Da häufig fette Öle dargeboten werden, spricht man allgemein von Ölkörpern oder Elaiosomen, auch wenn in Einzelfällen z.B. Zucker überwiegen. Die chemische Zusammensetzung ist im Einzelnen verschieden, es können auch einzelne Komponenten fehlen. Neben Ölen sind vor allem Zucker, Aminosäuren und Proteine von

**Abb. 4** Verschiedene Elaiosomen (Ölkörper), die Ameisen zur „Belohnung“ für die Ausbreitung der Samen angeboten werden.

**a** Haselwurz (*Asarum*), **b** Schöllkraut (*Chelidonium*), **c** Schneeglöckchen (*Galanthus*), **d** Waldlilie (*Trillium*), **e** Hohler Lerchensporn (*Corydalis cava*), **f** Herzblume, Tränendes Herz (*Dicentra spectabilis*), **g** März-Veilchen (*Viola odorata*).

Fotos: W. BORLINGHAUS (a), R. JUNKER (e), H. KUTZELNIGG (c, f, g), Wikipedia (b, d)





**Abb. 5** Wald-veilchen (*Viola reichenbachiana*).

**a** blühend, **b** junge Frucht zu Beginn der Öffnung, **c** leicht geöffnete Frucht, **d** voll geöffnete Frucht, kurz bevor die Samen herausgeschleudert werden; die Elaiosomen befinden sich unten am Samen und sind daher im Bild nicht zu erkennen. **e** Samen mit kleinen Elaiosomen. Fotos: R. WISKIN (a), R. JUNKER (b-d), H. KUTZELNIGG (e).

Bedeutung; aber auch Vitamin B<sub>1</sub> und C sind oft enthalten. FISCHER et al. (2008) verglichen bei 15 mitteleuropäischen Arten die Nährstoffzusammensetzung von Samen und zugehörigen Elaiosomen und stellten fest, dass die in den Elaiosomen dargebotenen Substanzen optimal für die Ernährung der Ameisenlarven sind, so z.B. was den hohen Anteil an Aminosäuren betrifft.

Nach Entfernung der Anhängsel werden die Samen nicht mehr benötigt. Meist werden sie dann sorgfältig aus dem Nest heraus transportiert und keimen in der Nähe des Nestes, wo sie wegen des dortigen Nährstoffreichtums oft günstige Wachstumsbedingungen vorfinden. Manchmal keimen sie aber auch im Nest. Für die Ausbreitung ist es für die Pflanzen bereits ein Vorteil, wenn die Samen irgendwo beim Transport verloren gehen. Die abgetrennten Elaiosomen werden meist an die Larven verfüttert oder seltener auch von den Imagines als Futter aufgenommen. Sie werden immer sehr vorsichtig entfernt, so dass die Samen unversehrt die Aktion überstehen.

Eine erste ausführliche Monographie der Myrmekochorie, die in ihren Grundzügen noch heute Beachtung findet, wurde von dem Schweden SERNANDER (1906) vorgelegt. Er unterteilte vor allem nach Herkunft und Lage der

Elaiosomen. So können bei Samen folgende Teile umgewandelt sein: der Samenstiel, verschiedene Teile der Samenanlage wie etwa der Mikropylbereich (also dort, wo ehemals die Öffnung zur Aufnahme der Pollenschläuche lag) oder Teile der Samenschale oder der Samenmantel. Da als Ausbreitungseinheiten auch kleine 1-samige Früchte in Frage kommen, können auch der Fruchtsiel (Abb. 7), Teile der Fruchtwand oder die Blütenachse (so bei den Klausenfrüchten der Raublattgewächse und Lippenblütler) zu Ölkörpern umgebildet sein. Aber auch ganz andere Möglichkeiten sind gelegentlich verwirklicht. So sind etwa beim Perlgras Teile des Blütenstandes als Elaiosom ausgebildet. Insgesamt gesehen ist es erstaunlich, welche unterschiedlichen Strukturen in den Dienst der Bildung von Elaiosomen gestellt werden, die letztendlich alle die gleiche Funktion ausüben.

Entscheidend für eine funktionierende Symbiose ist, dass die Elaiosomen durch die Ameisen leicht entfernt werden können und somit zur

**Unterschiedlichste Strukturen werden in den Dienst der Bildung von Elaiosomen gestellt, die letztlich alle die gleiche Funktion ausüben.**

Verfütterung an die Larven auch tatsächlich zur Verfügung stehen. Die Anlockung der Ameisen erfolgt auf chemischem Weg durch freie Fettsäuren (vor allem Ölsäure bzw. das Diglycerid Diolein, aber auch Ricinolsäure, Linolsäure, Linolensäure, Palmitinsäure usw.) (vgl. FISCHER et al. 2008, PFEIFFER et al. 2010). Von der Ricinolsäure weiß man übrigens, dass diese oft auch für den Abtransport von Tierleichen durch Ameisen verantwortlich ist. Die eigentliche Bedeutung der Ölsäuren liegt darin, dass sie ganz allgemein die Sammeltätigkeit der Ameisen vor Ort stimulieren. Vor dem Abtransport ist aber offenbar noch ein direkter Kontakt mit den Elaiosomen, also ein Betasten mit den Fühlern, erforderlich.

In Mitteleuropa ist Myrmekochorie ziemlich verbreitet. Man findet sie bei über 130 Arten in etwa 70 verschiedenen Gattungen aus zahlreichen Pflanzenfamilien (BONN & POSCHLOD 1998, DÜLL & KUTZELNIGG 2011). Einen Schwerpunkt bilden die Frühblüher. Das passt insofern gut, als die Nahrung für die Larven vor allem in den Monaten Juni und Juli benötigt wird und die Frühblüher zu diesem Zeitpunkt bereits reife Samen entwickelt haben. Und auch Herbstblüher wie die Herbstzeitlose warten mit der Fruchtreife bis zur entsprechenden Zeit im Folgejahr. Bei vielen Arten (Schneeglöckchen, März-Veilchen, Krokus, Goldstern, Haselwurz, Alpenveilchen u.a.) neigt sich der Fruchtsängel bei der Reife zu Boden (wo der normale Betrachter keine Früchte erwarten würde), so dass nach Öffnung der Früchte die Samen direkt am Boden den Ameisen zur Verfügung stehen (Abb. 4e, 6). In anderen Fällen fallen die Samen aus den Früchten heraus zu Boden, z.B. beim Lungenkraut oder Lerchensporn. Manche Arten halten aber ihre Früchte bei der Reife aufrecht, so z.B. Thymian, Günsel, Besenginster und die Kornblume, so dass die Ameisen sich schon bis dorthin bemühen müssen. Bei Taubnesseln müssen die Tierchen sogar die Teilfrüchte (Klausen) mühsam aus den Kelchen herausziehen.

Nicht selten ist der Ameisenausbreitung eine andere Ausbreitung vorgeschaltet, so vor allem ein Streu- oder Schleudermechanismus. Als Beispiel sei das Wald-Veilchen genannt, bei dem – ganz anders als beim März-Veilchen – die Samen aus den aufrechten Früchten heraukatalpultiert werden (Abb. 5) und nach Streuweiten von mehreren Metern auf dem Boden landen, von wo aus sie dann von Ameisen weiter ausgebreitet werden. Im Übrigen ist Ameisenausbreitung für die davon betroffenen Pflanzen oft nicht die einzige Alternative zur Samenausbreitung. So werden etwa die Ausbreitungseinheiten des Nickenden Perlgrases oder der Witwenblume auch durch den Wind verbreitet. Selten ist die Situation, dass die Samenausbreitung einer Pflanze ausschließlich durch Ameisen erfolgt.



**Abb. 6** Schneeglöckchen: Zur Reifezeit am Boden liegende (und sich dann dort öffnende) Frucht.  
Foto: H. KUTZELNIGG.

Innerhalb einer Gattung können Vorkommen und Größe der Elaiosomen stark variieren. Bei den Veilchen (*Viola*) z.B. hat das aus Gärten bekannte März- oder Duftveilchen besonders große Elaiosomen (Abb. 4g), während diese beim Wald-Veilchen deutlich kleiner sind (Abb. 5e) und beim Sumpf-Veilchen (dem Standort entsprechend) sogar nur schwach ausgebildet sind. Die Zypressen-Wolfsmilch hat einen ausgeprägten Ölkörper, der Sumpf-Wolfsmilch fehlt ein solcher.

Welche Ameisenart welche Samen ausbreitet, ist meist nicht genau festgelegt. In Deutschland sind etwa 18 verschiedene Ameisen an Myrmekochorie beteiligt (s. BONN & POSCHLOD 1998), allen voran Waldameisen (*Formica*), Wegameisen (*Lasius*), Rossameisen (*Camponotus*) und Gartenameisen (*Myrmica*).

Der Transport der Samen durch die Ameisen beträgt bei uns meist nur wenige Meter, ausnahmsweise sind es auch 15 m oder selten bis zu 80 m. Dennoch ist dieser Ausbreitungstyp offensichtlich sehr erfolgreich, besonders auch weil die Ameisen sehr eifrig sammeln und die Samen unversehrt lassen.

**Betrugsfälle:** Einen Sonderfall stellen einige myrmekochore Arten dar, bei denen die Elaiosomen nicht von den Ameisen entfernt werden können und entsprechend nur der Anlockung, nicht aber der Belohnung dienen. PFEIFFER et al. (2010) haben sich mit diesen schon länger bekannten Typen näher beschäftigt und herausgefunden, dass hier offensichtlich chemische Mimikry vorliegt, indem die Ameisen zwar durch die Fettsäuren angelockt werden, aber nicht in der Lage sind, die vermeintlichen Elaiosomen zu entfernen. Die Öle befinden sich z.B. in der äußeren Samenschale und stehen den Insekten nicht oder nur in geringem Maße zur Verfügung.

**Abb. 7** Leberblümchen: Pro Blüte entwickeln sich zahlreiche kleine Früchte (Nüsse), die bei der Reife zu Boden fallen. Die Ameisen transportieren zwar meist die Früchte, können aber die vermeintlichen Elaiosomen nicht abtrennen, d.h. sie werden „um ihre Belohnung betrogen“. Foto: <http://antsbeesbutterfliesnature.blogspot.de/2011/05/hepatica-seed-mymecochory-fail.html>



**Abb. 8** Ernte-Ameisen der Gattung *Messor*, die Getreidekörner gesammelt haben, um sie an ihre Larven zu verfüttern (Granivorie). Foto: Wikipedia.

Allerdings ist die Bereitschaft, solche Samen abzutransportieren, oft geringer als bei echten Elaiosomen. Beispiele aus der heimischen Flora sind Buschwindröschen und Leberblümchen (Abb. 7) sowie Bärlauch und Hasenglöckchen. Die Situation erinnert an die mannigfaltigen Betrugsfälle in der Blütenökologie, wo die Pflanzen ihre Bestäuber austricksen, ohne sie zu belohnen (s. KUTZELNIGG 2012).

**Abb. 9** „Die Ameise und die Heuschrecke“: Illustration von Milo WINTER zur gleichnamigen Fabel von Äsop. Die Ameisen sammeln Getreidevorräte. (Wikipedia bzw. Gutenberg-Projekt)



**Aus evolutionstheoretischer Sicht wäre Myrmekochorie mehr als 100-mal konvergent entstanden.**

Über das weltweite Vorkommen von Myrmekochorie im Pflanzenreich haben jetzt LENGYEL et al. (2010) eine zusammenfassende Analyse vorgelegt. Danach wurde das Phänomen bisher in 334 Gattungen aus 77 Familien beobachtet, das sind zusammen ca. 11.000 Arten. Wie bei den extrafloralen Nektarien wurden auch bei den Elaiosomen die Vorkommen in ein aktuelles Kladogramm der Blütenpflanzen eingetragen. Es ergab sich die hohe Zahl von mindestens 106 unterschiedlichen Herkünften. Das heißt, aus evolutionstheoretischer Sicht wäre Myrmekochorie mehr als 100-mal konvergent entstanden.

## Ernte-Ameisen

Von der Ameisenausbreitung zu unterscheiden ist das Sammeln von Samen als Vorrat durch Ernte-Ameisen (Granivorie; vgl. de.wikipedia.org). In diesen Fällen sind keine Elaiosomen vorhanden, dafür aber müssen die Tiere in der Lage sein, die Samen bzw. Früchte mit entsprechenden Beißwerkzeugen aufzubrechen. Die Samenvorräte werden gewöhnlich durch spezielle Sekrete am Keimen gehindert. Ernte-Ameisen sind in warmen Ländern von Bedeutung. Für sie sind die gesammelten Samen wesentliche Nahrungsgrundlage. Bekannt ist etwa das Sammeln von Getreidekörnern durch Vertreter der artenreichen Gattung *Messor* (Abb. 8). Schon in den Sprüchen Salomos (6, 6–8) werden der Fleiß und die Vorsorge dieser Tiere gerühmt, oder ähnlich auch in der bekannten Fabel von Äsop „Ameise und Heuschrecke“ (vgl. Abb. 9). Eine Ausbreitung der Samen geschieht indirekt durch verlorene oder vergessene Samen.

In Mitteleuropa ist diese Erscheinung eher selten. So sammeln z. B. Rasenameisen (*Tetramorium*) verschiedene Samen oder kleine Früchte, besonders von Gräsern oder Korbblütlern. Diese Tiere haben daneben aber auch andere Nahrungsquellen. Die einzige Art der Gattung *Messor* in Deutschland ist *M. structor*, die am Rhein von Koblenz bis ins Mainzer Becken und am Kaiserstuhl vorkommt.

## Schlussbetrachtung zu den Konvergenzen

Wie wir gesehen haben, gibt es zahlreiche ein-drucksvolle Beziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen. Dabei fällt auf, dass viele solcher Beziehungen in ganz unterschiedlichen Pflanzengruppen in ähnlicher Weise auftreten. Aus evolutionstheoretischer Sicht sind diese Beziehungen unabhängig voneinander entstanden, haben sich also konvergent entwickelt.

Solche Konvergenzen sind immer eine Herausforderung an evolutionäre Vorstellungen, zeigen sie doch, dass ein fein abgestimmtes Zusammenwirken nicht nur einmal, sondern auch ein weiteres oder vielleicht sogar ein drittes Mal unabhängig und ohne jede Zielgerichtetheit durch Zufallsprozesse entstanden ist. Die hier beobachteten Situationen sind aber von einer ganz anderen Größenordnung, wenn es heißt, dass die Samenausbreitung durch Ameisen oder Myrmekochorie mindestens 100-mal und die Ausbildung von extrafloralen Nektarien sogar mehr als 450-mal unabhängig entstanden sein soll. So ist etwa im Falle der Myrmekochorie zu bedenken, dass die morphologische Struktur eines Elaiosoms nichts nützt, wenn nicht die geeignete Kombination von Inhaltsstoffen vorhanden ist, und dass ein vollständiges Elaiosomen nichts nützt, wenn die spezifischen Duftstoffe zur Anlockung des Symbiosepartners fehlen. Auch ist – wie oben geschildert – sehr erstaunlich, dass ganz unterschiedliche Pflanzenorgane wie Samenstiel, Samenschale, Blütenachse oder Fruchtsiel zu Elaiosomen umgewandelt sein können und dennoch eine ähnliche Funktion ausüben. Auch bei den extrafloralen Nektarien fällt auf, welche unterschiedliche Herkunft sie haben können, seien es gut erkennbare Gebilde an Blättern, Blattstielen usw. oder z.B. mikroskopisch kleine Drüsenhaare. Man kann angesichts der weiten Verbreitung von Ameisen sicherlich auf hohe Selektionsdrücke hinweisen. So wird etwa betont, dass die energetischen Kosten für die Ausbildung von Ölkörpern gering seien und der Nutzen groß (LENGYEL et al. 2010). Aber auch hier darf nicht vergessen werden, dass durch Selektion nur bereits Vorhandenes gefördert wird, wodurch aber nicht die Entstehung neuer Strukturen und Funktionen erklärt wird. Selektionsdrücke sind (meist) notwendige, aber keine hinreichenden Voraussetzungen dafür, dass Neues evolutiv entstehen kann.

## Literatur

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linnean Soc. 161, 105–121.
- BEATTIE AJ (1983) Distribution of ant-dispersed plants. S. 249–270 in KUBITZKI K (ed) Dispersal and distribution. Berlin etc.: Parey. Sonderbände des Naturwiss. Ver. Hamburg.
- BONN S & POSCHLOD P (1998) Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. Wiesbaden: Quelle & Meyer.
- BEATTIE AJ (1985) The evolutionary ecology of ant plant mutualisms. Cambridge: Cambridge University Press.
- BRESINSKY A (1963) Bau, Entwicklungsgeschichte und Inhaltsstoffe der Elaiosomen-Studien zur myrmekochoren Verbreitung von Samen und Früchten. Bibliotheca Botanica. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.
- BRONSTEIN JL, ALARCON R & GEBER M (2006) The evolution of plant-insect mutualisms. New Phytol. 172, 412–428.
- DÜLL R & KUTZELNIGG H (2011) Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands und angrenzender Länder. 7. Aufl. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- FISCHER RC, RICHTER A, HADACEK F & MAYER V (2008) Chemical differences between seeds and elaiosomes indicate an adaption to nutritional needs of ants. Oecologia 155, 539–547.
- GÓMEZ JM (2000) Effectiveness of ants as pollinators of *Lobularia maritima*: Effects on main sequential fitness components of the host plant. Oecologia 122, 90–97.
- KEELER KH (2008) World list of angiosperms with extrafloral nectaries. <http://biosci-labs.unl.edu/Emeriti/keeler/extrafloral/Cover.htm>
- KUTZELNIGG H (2012) An der Nase herumgeführt. Stud. Int. J. 18, 89–93; Orchidee trickst Bestäuber aus – Fall 1 und Fall 2. Stud. Int. J. 18, 111–112.
- LENGYEL S, GOVE AD, LATIMER AM, MAJER JD & DUNN RR (2010) Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: A global survey. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 12, 43–55.
- MANZANEDA AJ, FEDRIANI JM & REY PJ (2005) Adaptive advantages of myrmecochory: the predator-avoidance hypothesis tested over a wide geographic range. Ecology 86, 583–592.
- MARAZZI B, BRONSTEIN JL & KOPTUR S (2013) The diversity, ecology and evolution of extrafloral nectaries: current perspectives and future challenges. Ann. Bot. 111, 1243–1250.
- PFEIFFER M, HUTTENLOCHER H & AYASSE M (2010) Myrmecochorous plants use chemical mimicry to cheat seed-dispersing ants. Functional Ecology 24, 545–555.
- PFUNDER M (1999) Genetic variation, spatial distribution, and reproductive biology of pseudoflower-forming rust fungi (*Uromyces pisi* and relatives) on *Euphorbia cyparissias*. Dissertation ETH Zürich. <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:23187/eth-23187-02.pdf>
- SERNANDER R (1906) Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmekochoren. K. Svenska Vet.-Akad. Handl. 41, 1–410. <http://archive.org/stream/svenskavetenskap41kung#page/n431/mode/2up>
- WEBER MG & KEELER KH (2013) The phylogenetic distribution of extrafloral nectaries in plants. Ann. Bot. 111, 1251–1261.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Herfried Kutzelnigg, Nelly-Sachs-Str. 26,  
40882 Ratingen, Herfried.Kutzelnigg@uni-due.de