

Die komplexesten bekannten Faltmuster und -mechanismen finden sich bei einer Gruppe von Käfern, die als Kurzflügler (Staphylinidae) bezeichnet werden. Die Elytren dieser Käfer sind auffällig kurz und lassen einen großen Teil des Hinterleibs (Abdomen) unbedeckt (Abb.1). Dadurch sind diese Käfer extrem beweglich, was ihnen die Besiedlung anspruchsvoller Lebensräume ermöglicht. Kurzflügler weisen in ihren Flügeln zwei verschiedene, asymmetrische Faltungen auf. Wie die Flügel unter Zuhilfenahme des Abdomens gefaltet werden, war bisher nur sehr oberflächlich bekannt. Nun haben SAITO et al. (2014) die Faltung und Entfaltung der Flügel beim Kurzflügler *Cafius vestitus* mit Hochgeschwindigkeitskameras dokumentiert und analysiert. Das symmetrische Flügelpaar wird teilweise übereinandergelegt, wobei jeder der beiden Flügel wahlweise über dem andern liegen kann, um beide gemeinsam dann asymmetrisch zu falten. Bei anderen Insekten werden typischerweise die gefalteten Flügel übereinandergelegt. In beiden Flügeln sind also zwei Faltmuster angelegt und die Flügel werden dann durch das Abdomen zunächst wahlweise entweder von links nach rechts oder umgekehrt gefaltet und anschließend durch Anheben des Hinterleibs weiter kompakt zusammengelegt. Die Faltungen erfolgen entlang definierter Faltlinien, wobei auch Flügeladern mit einbezogen sind. Diese werden aber den bisherigen Kenntnissen zufolge nicht gefaltet, sondern unter Spannung gebogen und speichern so Energie, die für eine schnelle Entfaltung genutzt werden kann.

Die Autoren deuten in ihrer Veröffentlichung an, dass die asymmetrische komplexe Faltung von symmetrischen Flügeln sowie die energiespeichernde Krümmung von Flügeladern nach weiteren Studien und einem besseren Verständnis für technische Entwicklungen von großem Nutzen sein könnten. Sie nennen die Optimierung von Solarzellenpanels und Antennensystemen für Satelliten oder auch Alltagsgegenstände wie Schirme und Fächer.

Es ist wieder einmal erstaunlich,

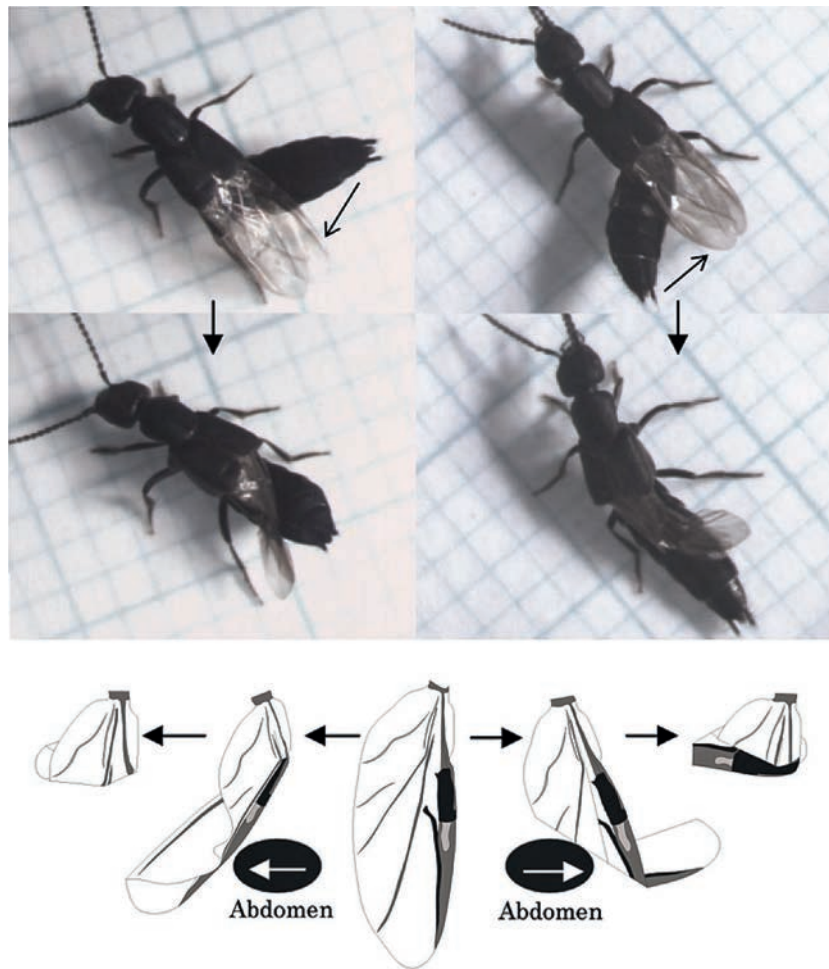


Abb. 1 Von zwei Seiten kann der Kurzflügler *Cafius vestitus* durch seinen sehr beweglichen Hinterleib seine übereinandergelegten Flügel in unterschiedlicher Weise entlang entsprechender Faltlinien zusammenfalten. (Aus SAITO et al. 2014; Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

wie durch genaue Beobachtung von Lebewesen, hier kleine unscheinbare Käfer, Impulse für die Konstruktion und Entwicklung von hochtechnisierten Systemen gewonnen werden können.

[SAITO K, YAMAMOTO S, MARUYAMA M & OKABE Y (2014) Asymmetric hindwing foldings in rove beetles. PNAS, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1409468111] H. Binder

■ Afrikanische Pflanze geht in Sachen Bestäubung auf Nummer sicher

Auch in der Pflanzenwelt werden manchmal „Versicherungen“ abgeschlossen, d.h. es werden Vorkehrungen gegen bestimmte Risiken getroffen. Zu solchen Risiken gehört beispielsweise das Ausbleiben der Bestäubung, wodurch die Pflanze keine Samen bilden kann. Um dies zu verhindern, ist bei einer Pflanze in Afrika ein ausgeklügeltes System verwirklicht, das im Notfall trotz

ausbleibender Fremdbestäubung den Bestand der Art sichert.

Zum Erhalt der Vitalität einer Pflanzenart ist Fremdbestäubung, also die Übertragung von Pollen von einem Individuum zum anderen wichtig. Für die Fremdbestäubung sind Pflanzen auf Transporteure angewiesen, die den Pollen einer Pflanze auf die Narbe einer anderen Pflanze derselben Art übertragen: Meist sind das Tiere (in der Regel Insekten), oft der Wind oder manchmal auch Wasser. Bei Tierbestäubung ergeben sich oft Engpässe, z.B. wenn die Bestäuber selten sind oder etwa bei anhaltend schlechtem Wetter nicht zur Verfügung stehen. Manche Arten sind in der Lage, gegen Ende der Blühzeit auf Selbstbestäubung umzuschalten, was eine Art Versicherung im Notfall ist. Selbstbestäubung ist zwar nur zweite Wahl, aber immer noch besser als gar keine Bestäubung.

Jonathan KISSLING von den Universitäten Neuenburg und Lausanne und Spencer BARRETT von der



Abb. 1 Blüte von *Sebaea aurea*; links Detailaufnahme von Griffeln und Staubgefäßen. Die Pfeile zeigen auf die obere und untere Narbengruppe. Fotos: Jonathan KISSLING, Universität Neuenburg, http://www2.unine.ch/unine/14_aout

University of Toronto untersuchten den ungewöhnlichen Bestäubungsmechanismus der Art *Sebaea aurea* aus der Familie der Enziangewächse (Gentianaceae), die im Südwesten Afrikas vorkommt (KISSLING & BARRETT 2013). Dabei konnten sie feststellen, dass die kleine krautige Pflanze ein erstaunliches Notfallsystem eingebaut hat. Sie untersuchten fünf dichte Bestände von je 1000 Individuen. Dabei entdeckten sie eine anatomische Besonderheit: Die Pflanze verfügt über zwei Typen von Narben, die prinzipiell beide bestäubt werden können. Eine Gruppe von Narben befindet sich wie üblich am Ende des Griffels (siehe Abb. 1 links), die zweite – ganz ungewöhn-

lich – in dessen Mitte (Abb. 1 unterer Pfeil). Zu Beginn der Blütezeit sind nur die oberen Narben empfängnisbereit, d.h. in der Lage, Pollen aufzunehmen und auskeimen zu lassen. Die Reifung der unteren Narben erfolgt einige Tage später.

Die Forscher untersuchten den Samenansatz bei naturbelassenen Blüten und verglichen ihn mit dem Samenansatz bei Pflanzen, bei denen die oberen Narben und/oder die Staubgefäße entfernt wurden. Es zeigte sich, dass die Entfernung der Staubgefäße keinen bedeutsamen Einfluss auf die Samenbildung hatte. Der Samenbestand entsprach dem von intakten Blüten, deren obere Narben nicht entfernt wurden. Diese Pflanzen konnten nur fremdbestäubt sein. Wurden jedoch die oberen Narben entfernt, reduzierte sich die Anzahl der Samen um mehr als die Hälfte und 60 % der entstandenen Samen waren selbstbefruchtet. Wurden außerdem auch noch die Staubgefäße entfernt, ging die Samenbildung noch weiter auf nur 30 % zurück. Außerdem beobachteten die Forscher, dass die unteren Narben deutlich größer wurden, wenn die oberen entfernt wurden, wodurch die Aufnahmefähigkeit für den Pollen verbessert wird. Solange die oberen Narben intakt waren, blieben die unteren Narben deutlich kleiner.

Die Ergebnisse zeigen, dass *Sebaea aurea* über ein ausgeklügeltes Backup-System verfügt. Der Ausfall des normalen Bestäubungssystems (über

die oberen Narbenlappen) wird durch ein zweites (untere Narbenlappen) abgesichert: Wenn die oberen Narbenlappen fehlen bzw. wenn sie nicht bestäubt werden, kann die Bestäubung durch Selbstbestäubung der unteren Narben erfolgen, und es kann dadurch zur Samenbildung kommen. Dies wird durch die Position der zweiten Narben unterstützt. Sie liegen – anders als die normalen Narben – deutlich unterhalb der Staubbeutel und können daher gut vom eigenen Pollen erreicht werden.

Im natürlichen Lebensraum ist das Backup sinnvoll, wenn es aufgrund von regnerischem Wetter nicht zu einer Fremdbestäubung kommen kann, weil die Blüten dann geschlossen bleiben. Regenzeiten können in den Gebieten, in denen *Sebaea aurea* vorkommt, bis zu 14 Tage lang andauern. Das Backup-System greift auch dann, wenn es von der betreffenden Art nur noch wenige Exemplare z. B. aufgrund eines Flächenbrandes gibt, weil dann die Zufuhr von Fremdpollen stark verringert ist. Durch das Backup-System mit den unteren Narben ist die Vermehrung auch unter solchen Bedingungen gewährleistet.

Eine Befruchtung ist also fast immer garantiert, denn wenn es aufgrund von äußeren Umständen nicht zu einer Fremdbestäubung kommen kann, ist immer noch die interne gewährleistet. Dieses System ist im Lebensraum von *Sebaea aurea* besonders zweckmäßig. Sie ist ein



Abb. 2 Elektronenmikroskopische Aufnahme des Stempels von *Sebaea aurea*. Foto: Jonathan KISSLING.

Pionier, der sich beispielsweise nach Waldbränden unwahrscheinlich schnell ausbreiten kann, was die Effizienz dieses Systems belegt. Erst nach einiger Zeit wird sie von anderen nachwachsenden Pflanzen verdrängt, so dass sie zahlenmäßig wieder etwas zurückgeht. Diese Form eines flexiblen Bestäubungssystems ist also für *Sebaea* ökologisch besonders sinnvoll und bisher einzigartig in der Pflanzenwelt.

[KISSLING J & BARRETT SCH (2013) Diplostigmaty in plants: a novel mechanism that provides reproductive assurance. Biol. Lett. 9: 20130495.] M. Noe

■ Fleischfressende Pflanzen mit vegetarischer Beikost

Fleischfressende Pflanzen (Karnivoren) haben seit jeher das Interesse aufmerksamer Beobachter auf sich gezogen (vgl. BARTHLOTT et al. 2004). Die Pflanzen sind im Einzelnen sehr verschieden, haben aber gemeinsam, dass sie mit Hilfe von raffiniert gestalteten Einrichtungen Tiere fangen, festhalten, enzymatisch abbauen (oder abbauen lassen, z.B. durch Bakterien) und die Verdauungsprodukte in den Pflanzenkörper aufnehmen.

Je nach Fangmethode unterscheidet man Klebfallen (z.B. Sonnentau, Fettkraut), Klappfallen (z.B. Venusfliegenfalle), Saugfallen (Wasserschlauch), Fallgruben (z.B. Kannenpflanze) und Reusenfallen (z.B. *Genlisea*).

Tierfangende Pflanzen verteilen sich auf 17 Gattungen in 9 Familien mit insgesamt etwa 600 Arten. Dabei ist bemerkenswert, dass einerseits ähnliche Prinzipien in ganz unterschiedlichen Familien zur Anwendung kommen können, andererseits innerhalb einer Familie auch zwei oder gar drei verschiedene Fallentypen nebeneinander vorkommen können.

Karnivoren sind zwar nicht unbedingt auf den Tierfang angewiesen, die gefangenen und schließlich verdauten Tiere dienen aber als willkommene Ergänzung der Nahrung, wobei Stickstoff- und Phosphorverbindungen, seltener auch Mineralien von besonderer Bedeutung sind.

Bei den bisherigen Untersuchungen stand die Art und Weise des Tierfangs im Vordergrund. Es ist aber schon länger bekannt, dass bei z.B. Sonnentau- und Fettkraut-Arten auch angewelter Pollen festgehalten und verdaut wird und bis zu 50 % der Proteinnahrung auf den aufgenommenen Pollen zurückgehen kann (HARDER & ZEMLIN 1967).

Auch beim Wasserschlauch (*Utricularia*) wurde immer wieder auch pflanzliche Kost, vor allem Algen, in den Fangblasen gefunden. *Utricularia* ist mit etwa 200 Arten die größte Gattung karnivorer Pflanzen, einige davon kommen auch in Mitteleuropa vor. Die meisten Arten sind untergetaucht lebende Wasserpflanzen, die in ihren Saugfallen kleine Tiere, überwiegend Kleinkrebse

wie Wasserflöhe und Hüpferlinge fangen. Die Bedeutung der in den Fallen nachgewiesenen Algen war lange Zeit unklar. Oft wurden sie als nutzloser Beifang gedeutet, aber es mehrten sich die Stimmen, dass ihnen doch eine größere Bedeutung zukommen dürfte.

Nun haben KOLLER-PEROUTKA et al. (2014) in überwiegend in österreichischen Kleingewässern durchgeführten Untersuchungen gezeigt, dass die Algen tatsächlich einen deutlichen Anteil an der Ernährung ausmachen können. Und auch beim Wasserschlauch gehört Blütenpollen, der oft in großen Mengen von benachbarten Nadelbäumen verweht wird, zum Nahrungsspektrum. Vermutlich sind hier besonders Phosphor-Verbindungen von Be-



Abb. 1 Blütenstand des Gewöhnlichen Wasserschlauchs (*Utricularia vulgaris*). Foto: Christian FISCHER, CC BY-SA 3.0