

Volle Kanne!

Tellereisen, Leimruten, Fallgruben – insektenfressende Pflanzen haben sich ungewöhnliche Techniken einfallen lassen, um an zusätzliche Nährstoffe zu gelangen. **Axel Mithöfer** untersucht am **Max-Planck-Institut für chemische Ökologie** in Jena, wie Kannenpflanzen aus Südostasien ihre Opfer anlocken und verdauen.

TEXT CATARINA PIETSCHMANN

Pflanzen, die Tiere fressen – auf so eine Idee muss man erst mal kommen. Doch für die Evolution ist das kein Problem. Die außergewöhnlichen Pflanzen beflügeln Fantasie und Neugier der Menschen schon lange.

Charles Darwin widmete den landläufig als „fleischfressend“ titulierten Pflanzen sogar ein ganzes Buch und schrieb über den Fangmechanismus des Sonnentaus: *„Es ist überraschend, was für kleine Teilchen irgendeiner Substanz (...), wenn sie in tatsächliche Berührung mit der Oberfläche der Drüse gebracht werden, genügen, den Tentakel zum Biegen zu veranlassen. (...) Es ist eine viel merkwürdigere Tatsache, dass, wenn ein Gegenstand wie ein Stückchen Fleisch oder ein Insekt auf die Scheibe des Blattes gelegt wird, sobald die umgebenden Tentakeln beträchtlich eingebogen werden, ihre Drüsen eine verstärkte Menge von Absonderungen ergießen...“*

Der Mensch lässt sich von den Fleischfressern unter den Pflanzen aber

nicht nur faszinieren, er nutzt sie auch ganz profan: In Malaysia zum Beispiel werden die Fallen der Kannenpflanze *Nepenthes* mit Klebreis, Gemüse oder Fleisch gefüllt und gegessen. Auf Borneo werden die alten, verholzten Kannen als Vorratsgefäße für Speisen und Getränke oder zum Dämpfen von Reis verwendet.

FLÜSSIGKEIT MIT HEILWIRKUNG

Die Pflanzen sollen sogar gesundheitsfördernd sein. So behandeln indigene Völker etwa Hautentzündungen und Verdauungsstörungen mit dem Verdauungssaft aus den Kannen.

Auch Axel Mithöfer findet die insektenfressenden Pflanzen ganz praktisch. „Im Sommer stelle ich zwei, drei Sonnentau-Pflänzchen neben den Obstkorb. Probleme mit Fruchtfliegen gibt's dann keine mehr.“

Die tierische Zusatzkost hilft den Pflanzen, auch in nährstoffarmen Lebensräumen auf ihre Kosten zu kommen. Wer eine fleischfressende Pflanze

zu Hause pflegen möchte, sollte sie deshalb nicht düngen. „Wenn sie ihren Nährstoffbedarf über die Wurzeln decken kann, bildet sie weniger Fallen und steckt stattdessen mehr Energie in Blätter für die Fotosynthese“, sagt Mithöfer.

Von allen insektenfressenden Pflanzen ist die Venusfliegenfalle *Dionaea muscipula* mit ihren an Tellereisen erinnernden Fallen die spektakulärste. Die aus Nordamerika stammende Moorpflanze ist die bekannteste aktive Fallenstellerin. Zwar besitzt die Wasserfalle *Aldrovanda*, die früher auch in Deutschland vorkam, einen ganz ähnlichen Fangmechanismus wie die Venusfliegenfalle, da ihre Fangblätter aber nur wenige Millimeter groß sind und die Pflanze unter Wasser wächst, ist sie kaum bekannt. Auch der Sonnentau gehört mit seinen sich um die Beute krümmenden Tentakeln zu den aktiven Fallenstellern.

Die Venusfliegenfalle schnappt ihre Opfer mit einer Geschwindigkeit, die man einer Pflanze eigentlich nicht zutrauen würde. Mithöfer demonstriert

Unter UV-Licht erscheint die Falle einer Kannenpflanze wie ein filigranes Kunstwerk. Insekten werden von Nektar am Kannenrand angelockt und rutschen in den Bauch der Falle. Der Deckel verhindert, dass Regen die Verdauungsflüssigkeit in der Falle zu stark verdünnt.





Rezeptoren für Chitin melden den Kannenpflanzen die Anwesenheit von Beute – die Pflanzen schmecken ihre Nahrung also regelrecht.

den Fangmechanismus im Gewächshaus des Jenaer Max-Planck-Instituts: Mit einem feinen Ästchen streicht er vorsichtig über eine aufgespannte Falle und berührt dabei ein paarmal die Tastaare in deren Innerem. Auf beiden Fangblatthälften sitzen jeweils drei dieser mit bloßem Auge gerade noch sichtbaren Härchen.

ZAPPELN IST TÖDLICH

In einer Zehntelsekunde schnappt die Falle zu. „Wenn die Fliege schlau wäre, würde sie zwei Stunden bewegungslos sitzen bleiben. Denn dann öffnet sich die Falle wieder, und sie könnte flüchten“, erklärt Mithöfer. Aber ruhig sitzen zu bleiben, entspricht nicht dem Fliegennaturell. Und man kann sie ja auch verstehen: Zwischen den Klappen eingezwängt, gerät sie in Panik und zapelt wie wild, um freizukommen.

Jedes Mal, wenn sie dabei ein Tastaar berührt, produzieren die Härchen einen winzigen elektrischen Stromimpuls, ähnlich wie der einer Nervenzelle. „Die Pflanze addiert die Impulse auf und merkt so, ob sie tatsächlich lebende Beute gemacht hat oder nur ein Regentropfen auf ihr gelandet ist“, erklärt Mithöfer. „Zwei, drei Kontakte sind okay. Aber acht, neun oder zehn bedeuten: Ende Gelände!“ Eine Pflanze also, die zählen kann!

Während sich die Fangblätter eng zusammendrücken und das Insekt erdrücken, läuft der Fliegenfalle buchstäblich das Wasser im Mund zusammen: Säure und Verdauungssäfte steigen aus Drüsen in der Falle auf, umspülen die Beute und lösen sie auf. Dieselben Drüsen nehmen dann auf, woran es der hungri- gen Pflanze in ihrem nährstoffarmen Lebensraum mangelt: Stickstoff- und Phosphatverbindungen.

Das Festmahl dauert mehrere Tage. Dann klappt die Falle wieder auf und spuckt die „Knochen“ aus – das unverdauliche Chitinskelett der Fliege. In der Natur wäscht der nächste Regenschauer die Reste vom Bankett heraus.

Ganz anders der Sonnentau: Landet ein Insekt auf seinen mit feinen Tentakeln bedeckten Blättern, halten es unzählige Tröpfchen einer klebrigen Flüssigkeit fest. Die Tentakeln am Blattrand bugsieren das Tier zunächst in die Blattmitte, denn hier sitzen besonders viele der Drüsen, die Verdauungssaft produzieren. Dann rollt sich das Blatt ganz gemächlich über der „Mahlzeit“ zusammen, und die Beute wird verdaut.

Die tierische Ernährungsweise hat sich bei Pflanzen gleich mehrfach unabhängig voneinander entwickelt. Die Meinungen reichen von vier bis neun getrennten Entwicklungslinien. Das Erbgut einiger Arten wie des Wasserschlauchs *Utricularia* und des australi-

schen Zwergkrugs *Cephalotus* ist bereits entschlüsselt. In Würzburg analysieren Forscher gerade das Erbgut der Venusfliegenfalle, und Mithöfers Team sitzt an dem der Kannenpflanze *Nepenthes*.

NEUE AUFGABEN FÜR PROTEINE

An den Genen lässt sich ablesen, dass die fleischfressenden Pflanzen trotz unterschiedlicher Entwicklung wichtige Gemeinsamkeiten haben: So nutzen sie alle Enzyme, die die Evolution schon ihren Urahren mit auf den Weg gegeben hat. „Pflanzen sind seit 400 Millionen Jahren Pflanzenfressern und Krankheitserregern wie Pilzen ausgesetzt. Aus diesem Grund haben sie zum Beispiel schon vor langer Zeit Enzyme wie die sogenannten Chitinasen hervorgebracht, welche die Zellwand von Pilzen knacken können“, sagt Axel Mithöfer.

Glücklicherweise besteht der Panzer von Insekten ebenfalls aus Chitin. Fleischfressende Pflanzen machen sich diesen Umstand zunutze und widmen die bereits vorhandenen Werkzeuge einfach um – auf diese Weise sind aus Verteidigungsenzymen Verdauungsssekrete geworden.

Heute brechen sie mit den Chitinasen die Chitinpanzer von Insekten auf, um in deren Innerem an Nährstoffe zu gelangen. An im Insektenkörper enthaltenen Stickstoff und an das Phosphat

Oben links Die Venusfliegenfalle besitzt einen ausgeklügelten Fangmechanismus: Signalhärchen in den zu Klappfallen umfunktionierten Blättern melden der Pflanze, wenn sich ein Insekt in der Falle befindet. Innerhalb von Sekundenbruchteilen klappen die beiden Blatthälften zusammen und halten die Beute fest.

Oben rechts Auf Klebefallen setzen dagegen die verschiedenen Arten des Sonnentaus – hier der Kap-Sonnentau: Was wie süßer Nektar auf roten Blüten im Sonnenlicht glitzert, ist in Wahrheit eine klebrige Flüssigkeit, die Insekten anlocken und festhalten soll.

Unten Alberto Dávila-Lara ist Doktorand in Axel Mithöfers Forschungsgruppe. Hier sammelt er den Nektar vom Rand einer Kanne.



kommen die Pflanzen dank Proteine und Nukleinsäuren abbauender Enzyme.

Mithöfers besonderes Interesse gilt den Kannenpflanzen. Etwas mehr als 120 Arten der Gattung *Nepenthes* gibt es in den feucht-tropischen Regenwäldern Südostasiens, die meisten davon Kletterpflanzen. Vier *Nepenthes*-Arten wachsen im Gewächshaus von Mithöfers Institut in Jena.

Kannenpflanzen erbeuten vorrangig Bodeninsekten wie Ameisen und Termiten. Nachdem eine Kanne reif ist

und sich zu einem guten Viertel mit Saft gefüllt hat, öffnet sich der Deckel, und die „Jagdsaison“ kann beginnen. An ihrem Rand sondern die Kannen einen Nektar ab, der bei hoher Luftfeuchtigkeit extrem glitschig wird. Selbst die feinen Haftpolster der Insektenfüße finden hier keinen Halt. Unvorsichtige Insekten stürzen ab und ertrinken im Kannensaft.

Axel Mithöfer untersucht die Bildung der Verdauungssekrete, indem er die Kannen mit Taufliegen füttert und

danach in Nylonsöckchen steckt. „Damit wollen wir verhindern, dass Fliegen entkommen oder etwas anderes in die Kanne fällt.“

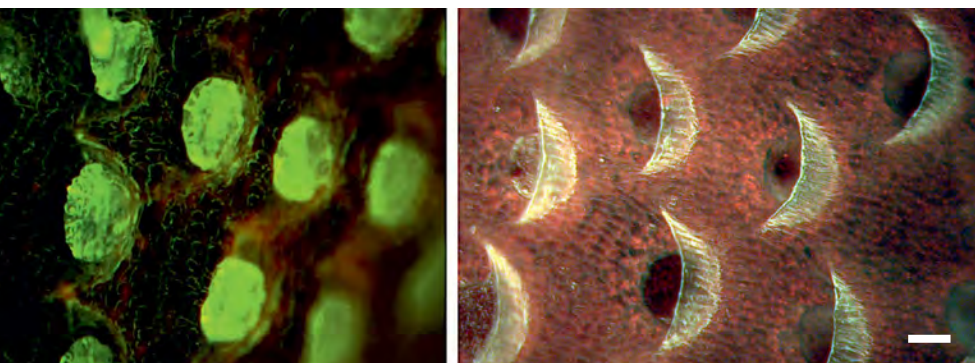
Und wie nehmen die Kannen die Beute wahr? „Anders als die Venusfliegenfalle produziert *Nepenthes* keine elektrischen, sondern chemische Signale. Vermutlich besitzen die Fallen der Pflanze Rezeptoren für Chitin – also die Substanz, aus der der Panzer von Insekten besteht. Während andere Pflanzen mit den Rezeptoren Fress-

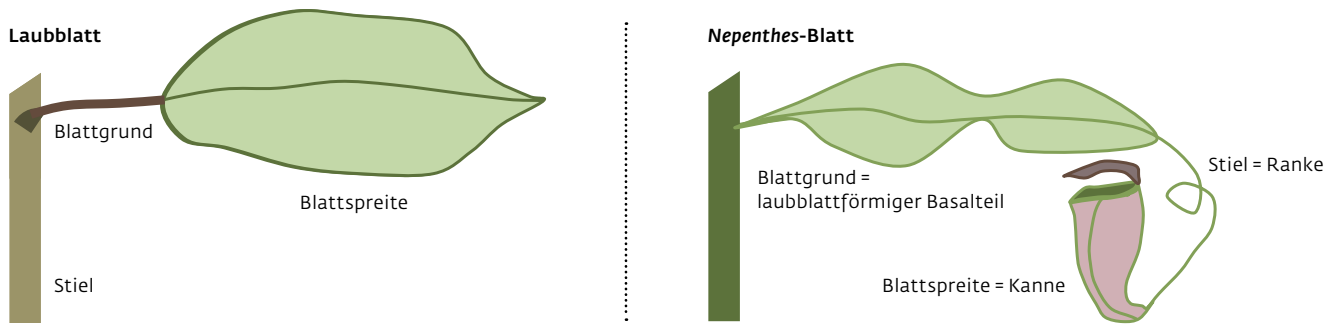


Oben Mit einer sterilen Spritze entnimmt Alberto Dávila-Lara Verdauungsflüssigkeit aus einer noch ungeöffneten Kanne zur weiteren Analyse.

Unten links Ein Fluoreszenzmikroskop macht die Drüsen in der Kannenwand sichtbar, die die Verdauungsflüssigkeit produzieren.

Unten rechts Die Drüsen liegen in Vertiefungen der Epidermis und sind von hervorstehenden Hauben bedeckt. (Der Balken entspricht einem zwanzigstel Millimeter.)





Metamorphose vom Blatt zur Falle: Im Laufe der Evolution haben sich bei *Nepenthes* der Blattgrund eines gewöhnlichen Laubblattes zum Basalteil und der Blattstiel zur Ranke der Kanne verwandelt. Die Blattspreite wurde schließlich zur eigentlichen Falle.

feinde wahrnehmen, melden sie den Kannenpflanzen die Anwesenheit von Beute. Sie schmecken ihre Nahrung also regelrecht.

CHITIN WIRKT VERDAUUNGSFÖRDERND

„Sobald die Rezeptoren das Chitin der Insektenpanzer registrieren, springt eine Signalkaskade an, die die Produktion von Verdauungsenzymen anstößt“, erzählt Mithöfer. Dabei ist einer der wichtigsten Signalstoffe das Phytohormon Jasmonsäure, das auch bei der Abwehr von Fressfeinden zum Einsatz kommt. Die Verdauungsenzyme stammen aus Drüsen im unteren Drittel der Kanne. Diese haben eine doppelte Funktion: „Sie scheiden nicht nur Sekrete aus, sondern nehmen auch die Nährstoffe der Beute auf und schleusen sie in die Pflanze ein.“

Normalerweise bilden Pflanzen in ihren Blüten Nektar, *Nepenthes* dagegen produziert Nektar an den Rändern ihrer Kannen. Und sie tut das auch nicht, um mit dem Nektar Bestäuber anzulocken, sondern weil sie Beute machen möchte. Anders als der Blütennektar, der Duftstoffe enthalten kann, ist der Kannennektar völlig geruchlos. Ameisen und Käfer finden ihn aber trotzdem ungeheuer attraktiv.

Mithöfers Doktorand Alberto Dávila-Lara hat entdeckt, dass der Kannenrand und die punktförmigen Nektardrüsen am Kannenkörper nicht nur süß sind, sondern unter Schwarzlicht im Labor violett erstrahlen. Eine chemische Analyse des Nektars hat ergeben, dass dafür wahrscheinlich ein Flavonoid verantwortlich ist. „Vielleicht ist es auch dieses Leuchten, was die Insekten anzieht“, sagt Mithöfer.

Um ihre Vermutung zu beweisen, wollen Axel Mithöfer und sein Team das Verhalten von Ameisen testen und ihnen natürlichen *Nepenthes*-Nektar und zum Vergleich einen künstlichen Nektar ohne das Flavonoid vorsetzen. Für die Versuche lassen sie eine komplette Ameisenkolonie samt Königin aus Indonesien nach Jena einfliegen.

Der Kannensaft enthält zwar schon kleine Mengen an Enzymen, bevor die erste Beute in ihm landet. Aber es kann zwischen zwei und drei Tagen dauern, bis sich genügend Verdauungsenzyme gebildet haben. „*Nepenthes* kann sich Zeit lassen, denn die Beute ist ihr ja sicher. Sie ist ein echter Genießer!“

Mithöfers Team hat den Kannensaft aus noch jungen, ungeöffneten Kannen entnommen und darin Kaliumchlorid, Spurenelemente, Verdauungsenzyme sowie sogenannte Naphthochinone nachgewiesen. Sobald die

Falle etwas gefangen hat, produziert sie weitere Verdauungsenzyme sowie Säure, die die Enzyme aktiviert. Die Naphthochinone haben antimikrobielle Wirkung und halten den Saft wahrscheinlich so lange wie möglich keimfrei. Wenn zu viele Insekten gefangen werden, kann die Pflanze die Vermehrung von Bakterien im Kannensaft nicht mehr verhindern. Dann wird die Falle entsorgt und abgeworfen.

ZU FALLEN UMGEBAUTE BLÄTTER

Auch wenn die Kannen meist auffällig gefärbt und gemustert sind: Sie sind nicht die Blüten, sondern verlängerte, verbreiterte und spezialisierte Blätter – ein wunderbares Beispiel für die vielfältigen Aufgaben, die Pflanzenblätter übernehmen können. An den Pflanzen hängen sie in allen Stadien: unreif und verschlossen, aktiv mit aufgeklapptem Deckel bis hin zu verschrumpelt und abgestorben. Ist eine Kanne zur Nahrungsaufnahme nicht mehr zu gebrauchen, wird sie meist erst abgeworfen, wenn die Pflanze möglichst viele Nährstoffe aus ihr zurückgezogen hat. Eine Kannenpflanze hat schließlich nichts zu verschenken.

Nicht alle fleischfressenden Pflanzen fangen ihr Futter selbst. Manche „lassen liefern“ und belohnen den Bringdienst

Axel Mithöfer untersucht die Signalwege, mit denen Pflanzen sich vor Fressfeinden und Krankheitserregern schützen. Manche der dabei benutzten Moleküle haben insektenfressende Pflanzen so umfunktioniert, dass sie damit selbst zum Räuber werden können. Die buschige Strahlenaralie in der Teeküche von Mithöfers Forschungsgruppe tut dagegen keiner Fliege etwas zuleide.



mit Süßigkeiten. Andere *Nepenthes*-Arten gewähren Ameisen Unterschlupf. Die Tiere leben behütet in Hohlräumen der Kannenpflanze und verteidigen ihre Vermieterin im Gegenzug gegen Fressfeinde. Die Verdauungssäfte können den Untermietern nichts anhaben, sie durchschwimmen sie einfach.

Die Pflanze profitiert zudem von den Ausscheidungen der Ameisen, aus denen sie wertvolle Nährstoffe bezieht. Diese Art der Ernährung kann mancherorts skurrile Formen annehmen: „Auf Borneo setzen sich Spitzhörnchen oder Ratten auf den Rand bestimmter *Nepenthes*-Arten mit besonders großen Kannen, lecken süßen Nektar von der Innenseite des Deckels – und lassen gleichzeitig ihre Ausscheidungen in die Kanne fallen. Eine andere *Nepenthes*-Art bietet Fledermäusen tagsüber Unterschlupf, deren Kot sie dann verwertet“, erzählt Mithöfer.

Neben Fleisch- und Kotfressern gibt es unter den Kannenpflanzen sogar Pflanzenfresser: *Nepenthes ampullaria* mit ihren großen Kannenöffnungen zum Beispiel wartet darauf, dass Blätter in ihre Kannen fallen.

Eine Pflanze, die sich im Laufe der Evolution zunächst von Licht, dann von Tieren und nun von anderen Pflanzen

ernährt – besser lässt sich der schier unendliche Einfallsreichtum der Natur kaum demonstrieren. ◀

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Die Fähigkeiten zum Insektenfang haben sich bei den verschiedenen fleischfressenden Pflanzen unabhängig voneinander entwickelt.
- Die Methoden insektenfressender Pflanzen sind selten Neuerfindungen, vielmehr widmen sie Bewährtes um.
- Der Nektar, den Kannenpflanzen am Rand ihrer Kannen absondern, lockt Insekten nicht mit seinem Geruch an. Er leuchtet jedoch ultraviolett und zieht vermutlich auf diese Weise Insekten an.

GLOSSAR

Kannenpflanzen: Zurzeit sind etwa 120 *Nepenthes*-Arten bekannt, und noch immer finden Forscher neue Arten. Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Madagaskar bis Neukaledonien und von China bis Nordaustralien. Die Blätter bestehen aus einem blattförmigen Teil, einer Ranke und der eigentlichen Kannenfalle. Bei manchen Arten werden die Fallen bis zu 50 Zentimeter groß. Viele *Nepenthes*-Arten sind durch den Verlust ihres Lebensraums und durch illegalen Handel vom Aussterben bedroht.

Venusfliegenfalle: Mit ihren Klappfallen fängt die fleischfressende Pflanze Insekten, die sie zunächst mit Salzsäure aus Drüsenzellen traktiert. Mit einer Verzögerung von einigen Stunden setzen die Drüsen zusätzlich Verdauungsenzyme frei. Die gelösten Nährstoffe werden dann von denselben Drüsen aufgenommen. Diese haben damit eine ähnliche Funktion wie Wurzeln. So lässt sich erklären, dass in den Zellen der Fallen nur Gene aktiv sind, die sowohl typisch für Blätter als auch für Wurzeln sind.