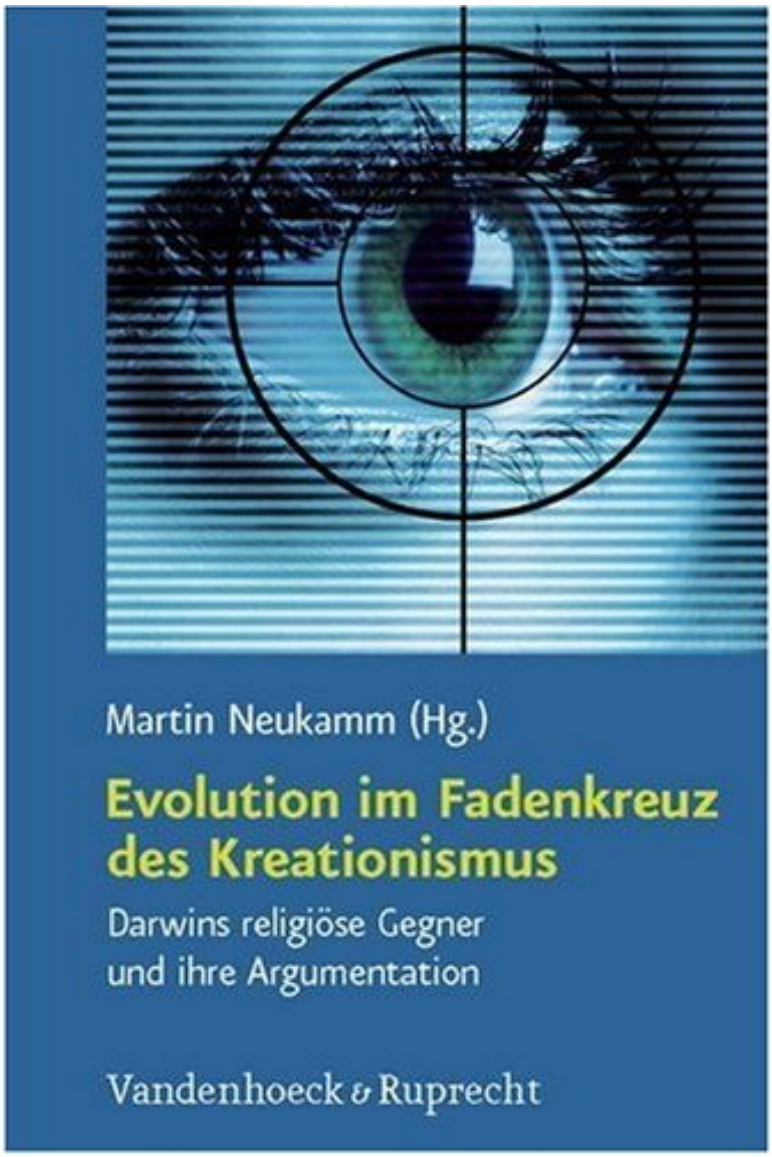
Evolution im Fadenkreuz des Kreationismus

Darwins religiöse Gegner und ihre Argumentation



Herausgeber: Martin Neukamm

Kapitel IX.1: Die Saugfalle des Wasserschlauchs *Utricularia*, pp. 240-250

IX. Was die Selektion angeblich nicht leisten kann

Diskussion von drei Paradebeispielen

MARTIN NEUKAMM/STEFAN SCHNECKENBURGER/JOHANNES SIKORSKI

Seit DARWIN wird die Entstehung der Arten durch das Wechselspiel von zufälliger Variation und natürlicher Selektion erklärt. Dieses Schema bildet den allgemeinen Rahmen, in den die verschiedenen Evolutionsmodelle eingepasst werden. Seit einigen Jahrzehnten mehren sich in der Wissenschaft jedoch die mahnenden Stimmen: Sie warnen davor, den Eindruck zu erwecken, als sei mit den Begriffen „Mutation“ und „Selektion“ schon alles Wissenswerte über die Evolution gesagt. Vielmehr sei zur Erklärung von Evolution verstärkt eine Rückbesinnung auf die *Organisationsstruktur des Organismus* sowie auf die bei seiner Entwicklung vorherrschenden Gesetzmäßigkeiten und Mechanismen notwendig – auf die Mechanismen jenes „Entwicklungsprogramms“ also, das aus einer befruchteten Eizelle einen „fertigen“ Organismus werden lässt. Nur in Kenntnis dieser Faktoren ließe sich wirklich etwas über die Möglichkeiten und Grenzen des evolutionären Gestaltwandels in Erfahrung bringen sowie über die Art und Weise, wie die im Gensystem schlummernden Entwicklungspotenzen realisiert werden können.

Dieser Einsicht sind inzwischen viele fruchtbare Erklärungskonzepte und Forschungsprogramme entwachsen (s. Kap. VI). Doch wird die (berechtigte) Kritik an der *Unvollständigkeit* der Selektionstheorie auch von ihren weltanschaulichen Gegnern aufgegriffen und geschickt dazu benutzt, den falschen Eindruck zu erwecken, als sei die Selektion (im Wechselspiel mit entwicklungsgenetischen Mechanismen) *generell* nicht in der Lage, in mehreren Etappen die Neubildung komplexer Merkmale zu begünstigen; vielmehr werde eine *teleologische* Komponente in der Erklärung benötigt. Im vorigen Kapitel wurde anhand allgemeiner Überlegungen erörtert, warum diese Form der Argumentation mehr als nur fragwürdig ist. Da jedoch selbst Biologielehrer den Paradebeispielen der Evolutionsgegner oft hilflos gegenüberstehen, sollen im Folgenden drei populäre Beispiele etwas ausführlicher diskutiert werden. Dabei soll keineswegs der Eindruck vermittelt werden, als seien die Fragen hinsichtlich des „Wie“ und „Warum“ der Entstehung der betreffenden Merkmale bereits *hinreichend* beantwortet. Aufgrund der praktischen Unmöglichkeit, ein Erklärungsprogramm *völlig* abzuschließen, gelingt es dem Evolutionsgegner stets mühelos, eine Menge bislang ungelöster *Detail*probleme vorzulegen. Doch gerät er zusehends in Schwierigkeiten, will er entgegen des wachsenden Detailwissens seine These rechtfertigen, die Evolution

bestimmter Merkmale sei aus funktionellen oder morphologischen Gründen unplausibel oder gar unmöglich.

1. Die Saugfalle des Wasserschlauchs *Utricularia*

MARTIN NEUKAMM

Einige Beachtung haben in Deutschland die Wasserschläuche der Gattung *Utricularia* gefunden (Lentibulariaceae, Wasserschlauchgewächse). Der Mythos von der grundsätzlichen Nicht-Erklärbarkeit ihrer Evolution hält sich bis heute hartnäckig und wird von Evolutionsgegnern auch eifrig propagiert. Selbst in der Biologie hat die Frage nach der Evolution der Pflanze mancherorts beträchtlich Verwirrung gestiftet. Bereits der Bremer Zoologe Richard NACHTWEY glaubte an ihr ein analyseresistentes Merkmal entdeckt zu haben, welches „die Ohnmacht der Darwinschen Theorie“ beispielhaft demonstriere (NACHTWEY 1959). JUNIPER et al. (1989) diskutieren die Evolution der fleischfressenden (karnivoren) Pflanzen zwar schon recht detailliert, doch die Entstehung von *Utricularia* bezeichnen sie mangels vergleichbarer Formen noch immer als „widerspenstiges Problem“. Was hat es mit dieser unscheinbaren Pflanze auf sich, die nach Meinung einiger Kritiker die Potenz dazu habe, die Biologie zu revolutionieren?

Die karnivore Pflanze mit lateinischem Namen *Utricularia vulgaris* wächst in Moorgräben und hat, wie WILLMANN plastisch darlegt, ein trickreiches Fallensystem zum Beutefang aufgebaut (Abb. 44):

> Unter der Wasseroberfläche erbeutet das Grünzeug kleinste Wassertiere, und zwar mithilfe Tausender kleiner Bläschen. Paddelt ein Zweighornkrebschen daher [...] und streift dabei eines der feinen Sinneshaare des Wasserschlauchs, ist es bereits verloren. Mitsamt dem Umgebungswasser wird das Beutetier in die Falle geschlürft. Zwei Millisekunden nachdem der Winzling das Sinneshärchen berührt hat, ist die Klappe wieder zu. Das Grünzeug pumpt das Wasser ab, spritzt über Drüsenschläuche Verdauungssäfte auf die Beute und verdaut sie wie ein tierischer Magen (WILLMANN 2003).

Doch wo nahm die Evolution dieser erstaunlichen Falle ihren Ursprung? Soll, so NACHTWEYS rhetorische Frage, „die Bildung mit dem Entstehen der Kastenfalle beginnen oder mit der Produktion der Verdauungssäfte? [...] Selbst eine vollkommene Kastenfalle mit der erstaunlichsten Fähigkeit, blitzschnell Tiere zu erbeuten, hätte ohne Verdauungssäfte nicht den geringsten Wert [...], weil die Beute nicht verdaut würde. Was aber soll es andererseits einem gewöhnlichen Blattzipfel nützen, wenn er noch so wirksame Verdauungssäfte ausscheidet, er kann ja die Beute nicht festhalten, was unbedingt nötig ist. Aber selbst wenn Kastenfalle und

Verdauungssäfte zusammenwirken, so ist für den Daseinskampf noch nichts gewonnen [...] Die gelösten Eiweißstoffe müssen ja auch aufgesogen und in arteigenes Pflanzeneiweiß verwandelt werden [...] Die Bildung des Wasserschlauchbläschens erfordert also das vollendet harmonische Zusammenspiel vieler verschiedenartiger Gene und Entwicklungsfaktoren. Erst mit dem Endeffekt wird der Nutzen [...] erreicht, nicht aber mit irgendeiner Entwicklungsstufe“ (NACHTWEY 1959, zit. nach LÖNNIG 2007).

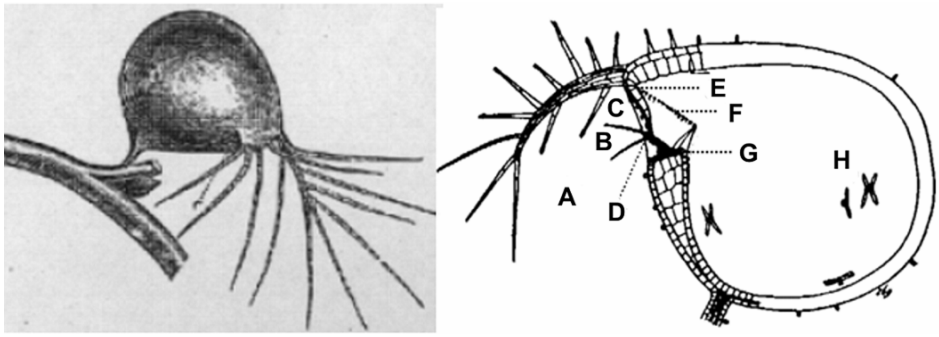


Abb. 44 Links: Eine von mehreren tausend Fangblasen von *Utricularia* (Zeichnung von DARWIN). Abdruck mit freundlicher Genehmigung von John VAN WYHE ed., The Complete Work of Charles Darwin Online (darwin-online.org.uk). Rechts: Querschnitt durch die Fangblase. A: Bereich des Falleneingangs. B: Sinneshaare (nicht bei allen Spezies vorhanden). Bei Berührung der Härchen springt die Tür auf und saugt das umgebende Wasser samt Inhalt in die Falle. C: Geschlossene Fallentür. D: Unteres Scharnier. E: Oberes Scharnier. F: Position der geöffneten Fallentür. Nachdem das Wasser eingesaugt wurde, schließt sich die elastische Klappe wieder. G: Widerstand. Er hindert die Tür daran, ohne Berührung der Tasthaare aufzuspringen. H: Zwei- und vierarmige Saugdrüsen. Sie pumpen das Wasser ab und schütten Verdauungsenzyme in das Falleninnere. Nach der Verdauung der Beute werden die Nährstoffe aufgesogen. Von Nick MATZKE, verändert nach LLOYD (1942).

In Anlehnung an NACHTWEY lesen wir bei LÖNNIG:

> Diese Fangapparate bestehen aus vielen Teilen und Strukturen, die bereits vorhanden als auch genau aufeinander abgestimmt sein müssen. Erst dann ist eine biologische Funktion gegeben. Ihre Entstehung kann nicht mit zufälliger Mutation und Selektion über tausende kleine Entwicklungsstufen erklärt werden, da erst mit dem Endeffekt ein Nutzen gegeben ist (LÖNNIG 2006).

Diese Einschätzung überrascht, liegen doch seit vielen Jahren Erkenntnisse vor, die entgegen LÖNNIGs Einschätzung das *Utricularia*-Problem evolutionär handhabbar erscheinen lassen. So muss der Fachmann gar nicht lange suchen, um

ein Wasserschlauchgewächs ausfindig zu machen, dessen Falle *weniger komplex* strukturiert ist als diejenige von *Utricularia vulgaris*, gleichwohl aber einen Nutzen hat: Die Gattung *Genlisea* bildet keine Fangblasen, sondern eine Art Mund mit gegabelten, spiralig gedrehten, mit inneren Reusen versehenen Ausläufern (Abb. 45). Auch sie ist in der Lage, ihre Beute leidlich festzuhalten und in die Verdauungskammer zu dirigieren.

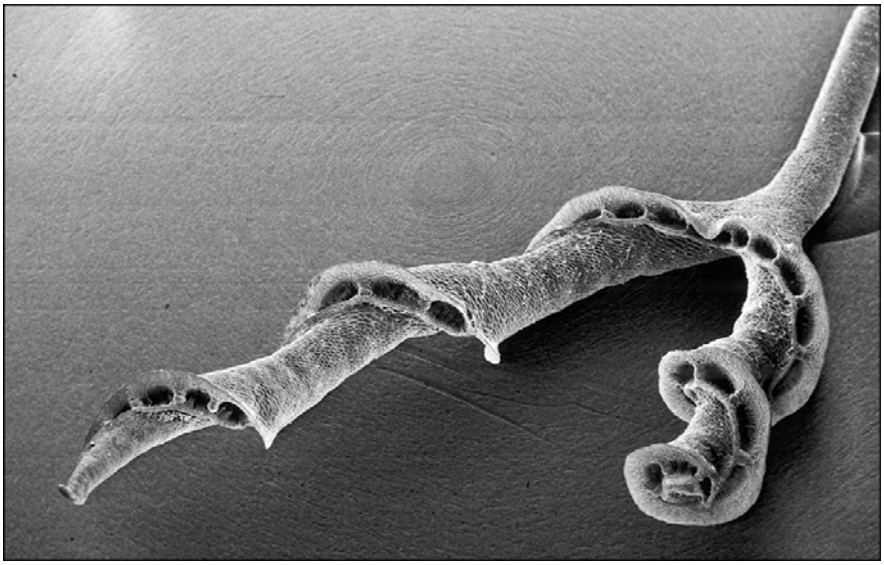


Abb. 45 Reusenfalle von *Genlisea*. Die unterirdischen Fallen (Reusenblätter oder Rhizophylle) haben die Form eines Ypsilons; die beiden Ausläufer sind korkenzieherartig verzwirbelt. Sie weisen zahlreiche Öffnungen auf, eine Art „Fallenmund mit Lippen", durch den auf den saisonal feuchten Böden Fadenwürmer und andere kleine Bodenbewohner ins Falleninnere gelangen. Im Innern hindern zahlreiche Sperrhaare die Beute am Entkommen und dirigieren sie in eine birnenförmig verdickte Verdauungskammer (nicht im Bild). Elektronenmikroskopische Aufnahme des Rhizophylls von *G. margaretae.* Bild von W. BARTHLOTT (Universität Bonn); Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Autors.

Es ist einsichtig, dass ein Selektionsdruck die Ausbildung eines Saugmechanismus begünstigt, um den Verlust an Nahrung zu verringern. So gibt es Indizien, die darauf hindeuten, dass der gemeinsame Vorfahr von *Utricularia* und *Genlisea* keine geschlossene Kammer, gleichwohl aber einen Saugmechanismus besaß, der später in der Linie zu *Genlisea* (zumindest teilweise) wieder zurückgebildet wurde (JOBSON et al. 2004).

Wie die oben stehenden Abbildungen zeigen, ist die Struktur und Funktion der Fallen von *Genlisea* und *Utricularia* zwar deutlich verschieden, aber nicht so verschieden, dass sich keine realgenetische Verwandtschaft rekonstruieren ließe. Immerhin bemerken JUNIPER et. al. (1989, 72), dass die Entwicklung beider Gat-

tungen ungemein ähnlich verläuft („closely resemble each other") und dass die „Lippen" des Fallenmunds von *Genlisea* der Fallentür von *Utricularia* homolog sind. Phylogenetische Untersuchungen zeigen, dass *Genlisea* und *Utricularia* nächstverwandte Arten (Schwestergruppen) sind (MÜLLER et al. 2004). Demzufolge besaß der gemeinsame Vorfahre von *Genlisea* und *Utricularia* wohl eine einfache Reusenfalle.[1]

Wie aber könnte ein funktioneller Übergang von einer Reusenfalle zu einer Saugfalle stattgefunden haben? Interessanterweise variieren die Fallen auch innerhalb der Gattung *Utricularia* deutlich. Etliche Arten, wie z. B. *Utricularia globulariaefolia*, verfügen noch über eine Reihe zur Fallentür einwärts gerichteter Haare. Diese Haare erzeugen einen den Reusenfallen ähnlichen Effekt, indem sie die Beute an der Flucht hindern und dabei helfen, sie zur Fallentür zu dirigieren. Dies deutet darauf hin, dass durch Einfaltung der Lippe des Fallenmunds eines Vorfahren von *Genlisea* zunächst die Reusenfallen-Technik optimiert wurde. War auf diese Weise erst einmal eine Art Klappe entstanden, waren weitere Optimierungen stufenlos möglich. Sinneshaare wurden anfangs offenbar nicht benötigt (einigen rezenten Arten fehlen sie völlig), und auch die Fallentür musste u. a. aufgrund des Saugmechanismus nicht von Beginn an geschlossen gewesen sein, um ihrem Besitzer einen selektiven Vorteil zu bescheren. Elektronenmikroskopische Untersuchungen deuten darauf hin, dass *Utricularia multifida* lediglich eine Art Tunnel mit permanent geöffneter Tür besitzen könnte, der in den Verdauungstrakt führt (REIFENRATH et al. 2006). Wie es derzeit scheint, sind sich die Fallentechniken von *U. multifida* und *Genlisea* am ähnlichsten.

Aus welchem Fallentyp sich die Reusenfalle der Gattung *Genlisea* ableiten lässt, darüber kann die stammesgeschichtlich weiter entfernte Schlauchpflanze *Sarracenia psittacina* Aufschluss geben. Sie lebt vorwiegend in Überschwemmungsgebieten und besitzt schlauchartige, bedeckelte Blätter. Die Pflanze ist dort auch zeitweise komplett unter Wasser und kann sowohl Wassertiere als auch fliegende und kriechende Insekten erbeuten. Dazu kombiniert sie die Reusenfallen- mit der Gleitfallentechnik. Die Insekten gleiten auf dem glatten Trichtereingang ab und bleiben im engen Schlauch gefangen. Auf der Schlauchinnenseite sitzen in Richtung Schlauchende gebogene Härchen, was dem Opfer auch im Wasser eine Flucht nahezu unmöglich macht. Dieser Schlauch wird bei vorhandenen Insekten mit Verdauungssekreten gefüllt. Eine Ausnahme ist *S. purpurea*, die keine Verdauungssäfte herstellt. Dort übernehmen *Bakterien* (!) die Verdauung.

---

[1] Diese Reusenfalle besaß sicher noch keine spiralförmigen Ausläufer („Arme"), wie wir sie bei *Genlisea* beobachten (Abb. 45). Letztere lassen sich wahrscheinlich von Anhängen ableiten, die der „Kobrazunge" der Schlauchpflanze *Darlingtonia* ähneln (MATZKE, pers. comm.).

Innerhalb der Gruppe der Sarraceniaceae lassen sich die Schlauchfallen konstruktiv wiederum aus passiven Fallgruben (Gleitfallen) herleiten. Rezente Vertreter dieses Typs sind beispielsweise die Sumpfkrüge (*Heliamphora*). Bei diesen Vertretern kann man noch genau erkennen, wie sich ein normales Laubblatt zu einem Schlauchblatt umformte (Abb. 46). Doch auch innerhalb der Gruppe der Wasserschlauchgewächse (Lentibulariaceae) ist die Ableitung der Reusenfalle aus einem Schlauchblatt wahrscheinlich. Schlauchartige Blätter sind im Pflanzenreich sehr weit verbreitet und können durch einfachste Mutationsschritte entstehen (BARTHLOTT et al. 2004). Es gibt z. B. Mutanten des Wegerichs (*Plantago*), die Schlauchblätter mit verblüffender Ähnlichkeit mit den Blättern des Sumpfkrugs *Heliamphora* ausbilden. *Plantago* ist mit den Lentibulariaceae relativ nahe verwandt.

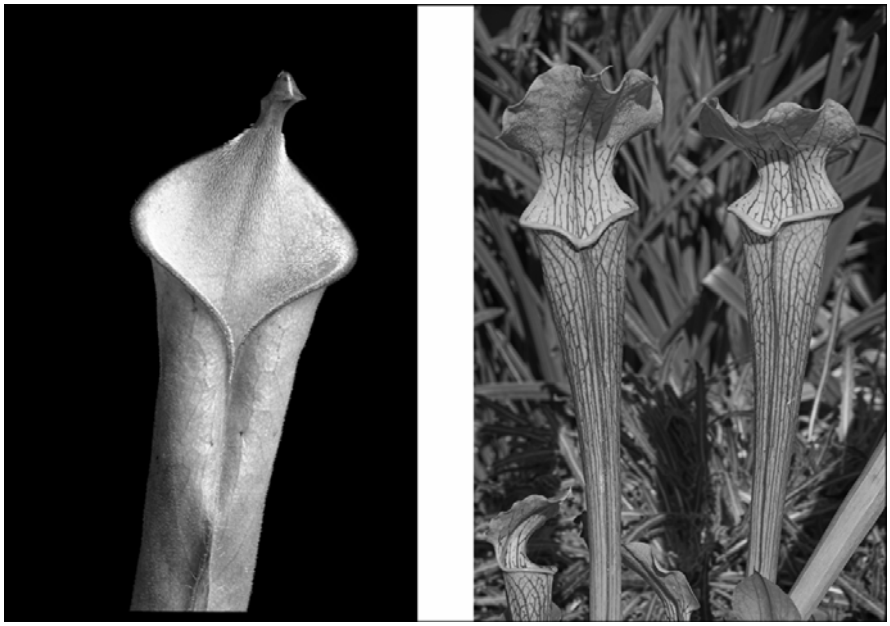


Abb. 46 Links: *Heliamphora tatei*. Rechts: *Sarracenia alabamensis.*
© www.sarracenia.com. Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Barry RICE.

Neben *Utricularia* und *Genlisea* zählen auch die Fettkräuter (*Pinguicula*) zur Gruppe der Wasserschlauchgewächse. Pflanzen dieser Gattung gelten heute als die ursprünglichsten unter den Wasserschlauchgewächsen; sie besitzen lediglich Drüsen mit Klebesekreten und Verdauungsenzymen auf ihren Blättern (Abb. 47). Auch *Pinguicula* kann gelegentlich tütenförmige Blätter ausbilden, die als Vorstufen zu den Reusenfallen angesehen werden können (BARTHLOTT et al. 2004, 61). NACHTWEYS Frage, ob die Evolution zuerst mit den Verdauungsdrüsen oder mit einer Kastenfalle begann, ist demnach längst beantwortet.

Abb. 47 *Pinguicula* besitzt Drüsen mit Klebe- und Verdauungssekreten auf ihren Fangblättern. © www.sarracenia.com. Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Barry RICE.

Ohne hier weiter auf die Details eingehen zu können, zeichnet sich mehr und mehr ein gangbarer Evolutionsweg zur Saugfalle von *Utricularia* ab. Den Pflanzen bieten sich einfach zu viele Möglichkeiten und Techniken, Beute zu fangen und die Nährstoffe für sich nutzbar zu machen. Die verschiedenen Fallentypen treten in mannigfacher Variation in Erscheinung und kombinieren teilweise sogar verschiedene Techniken, was zeigt, dass funktionierende Zwischenformen problemlos möglich sind. Die Evolution der Saugfalle lässt sich von der Klebfalle (z. B. *Pinguicula*) über eine Art Klebreuse (durch seitliches Einrollen der Blattfläche), eine Schlauchfalle mit Reusenhaaren (ähnlich *Sarracenia psittacina*), eine Reusenfalle (*Genlisea*) und eine Reusenfalle mit kombinierter Saugfallen-Technik (*U. multifida, U. globulariaefolia*) konstruktiv nachvollziehen (MATZKE 2005; Abb. 49; G. HEILMANN, pers. comm.).

Waren für die evolutionären Umwandlungsschritte aber nicht gewaltige genetische Innovationen erforderlich? Dies scheint nicht der Fall zu sein. Praktisch alle Strukturen der karnivoren Pflanzen wie Kannen, Sinneshärchen, Reusenhaare, Tentakeln, Drüsenhaare, Schleimdrüsen, Transportsysteme usw. lassen sich durch Funktionswechsel bereits vorangepasster Strukturen wie Blättern, Blatthaaren, Hydathoden, Spaltöffnungen, ATP-abhängige Ionenpumpen usw. ableiten. Selbst Duftstoffe und klebrige Polysaccharide sind vielfach präadaptiert. Klebrige Drüsenhaare zur Abwehr von Schadinsekten finden sich schon bei *nicht-karnivoren* Pflanzen, etwa bei *Roridula.* Diese Pflanze hält die Insekten mittels eines klebrigen Sekrets fest. Doch sie kann die Insekten nicht verwerten, da Ver-

dauungssäfte fehlen (ELLIS/MIDGLEY 1996; Abb. 48).[2] An deren Stelle scheinen sich Blindwanzen der willkommenen Nahrung zu bedienen. Und siehe da – die Formen existieren trotzdem, was nach LÖNNIG und NACHTWEY gar nicht der Fall sein dürfte!

Abb. 48 Präkarnivore Pflanze *Roridula gorgonias* mit Drüsenhaaren.
© www.sarracenia.com. Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Barry RICE.

Der daran anknüpfende Evolutionsschritt bestand ganz offensichtlich in der Differenzierung der Drüsenhaare, wobei einige Drüsenhaare zusätzlich Verdauungssekrete absondern, um die festsitzenden Insekten zu zersetzen (HEUBL et al. 2006, 827, Fig. 6). So ist die Gattung *Byblis* (Regenbogenpflanze) *Roridula* strukturell ähnlich. Sie ist ein nächster Verwandter von *Pinguicula* und kann auch funktionell als Vorstufe der Blattfalle von *Pinguicula* aufgefasst werden. *Byblis* produziert wie *Roridula* ein klebriges Sekret, besitzt aber auch Verdauungsdrüsen, deren Sekret die Chitinpanzer der Insekten zerstören kann. Allerdings fand man in dem Sekret weder Enzyme noch Bakterien, die einen Verdauungsprozess ermöglichen. Vielmehr scheint hier ein symbiotischer Pilz (!) für die Verdauung der Nährstoffe zuständig zu sein.

---

[2] Neuere molekularphylogenetische Untersuchungen legen ein Schwestergruppenverhältnis zwischen *Roridula* und der Gruppe der *Sarraceniaceae* nahe (ELLISON/GOTELLI 2001). Nach Ansicht der Autoren scheint die Evolution aller komplexeren Fallentypen mit einer Blattfalle ihren Anfang genommen zu haben, wenngleich verschiedene Karnivoren-Gruppen unabhängig voneinander entstanden sind (s. BARTHLOTT et al. 2004, 57).

An diesen Fallentyp können sich sukzessive weitere Differenzierungsschritte anschließen, z. B. solche, die eine Ausschüttung von Enzymen sowie die Nutzbarmachung der Nährstoffe mittels Aufnahme durch die Haarspitzen zur Folge haben. Ein späteres Einrollen der Blätter markierte dann vermutlich den Übergang zu einer Art Grubenfalle usw. usf.

Lebensraum	Kleb- und Klappfallen	funktionelle Übergangsformen	Gleitfallen und ihre Abkömmlinge
Terrestrisch, Falle in der Luft	**Dünne Fangblätter** *Triphyophyllum, Drosophyllum, Drosera regia, Byblis*	**Röhrenförmige Kannen mit klebrigen Innenwänden** *N. infundibuliformis*	**Aufgerichtete, schlauchblättrige Grubenfallen** *Heliamphora tatei, Nepenthes mirabilis, S. alabamensis*
Terrestrisch, Falle in Bodennähe	**Breite Fangblätter** *Pinguicula vulgaris, Drosera schizandra*	**Stark eingerollte Fangblätter** *Pinguicula lutea u. a.*	**Kurz-gedrungene Kannenfallen** *Nepenthes ampullaria, Sarracenia purpurea*
Amphibisch	**Fallen mit schneller Verschlussmechanik** *Drosera burmannii*		**Kombinierte Gleit- und Reusenfalle** *Sarracenia psittacina*
Überschwemmungs-gebiete	**Aquat. Klappfallen** *Aldrovandra*		**Aquat. Reusen- und Saugfallen** *Genlisea, Utricularia*

Abb. 49 Schema der verschiedenen Fallentypen. Umgezeichnet nach MATZKE (2005). Weitere Informationen zur Phylogenie der karnivoren Pflanzen finden sich in BARTHLOTT et al. 2004; MÜLLER et al. (2006); HEUBL et al. (2006).

Fazit

Die aktuell vorliegenden Erkenntnisse sprechen dafür, dass eine kumulative Evolution der karnivoren Pflanzen, einschließlich *Utricularia*, möglich ist. Kein heute bekannter Befund scheint einer sich in mehreren Schritten vollziehenden Evolution – bei voller Gewährleistung von Funktionalität und Adaptivität – im Wege zu stehen. Arten wie *Roridula gorgonias, Byblis gigantea, Heliamphora tatei, Sarracenia purpurea* und *Utricularia multifida* belegen auf eindrucksvolle Weise, dass auch komplex gebaute Organe keineswegs durch eine spontane (Syn-) Organisation *aller* für die Funktion wesentlichen Komponenten entstehen müssen. „Halb fertige“ oder suboptimale Strukturen haben vielfach schon ihren Nutzen oder werden von der Selektion zumindest nicht *per se* wegrationalisiert. Dass die heutigen Erkenntnisse erst einen kleinen Teil der für eine *zureichende* Erklärung erforderlichen Randbedingungen liefern, ist freilich unbestritten. Worauf die Abweichungen in Form und Funktion der verschiedenen Fallen im Einzelnen zurückzu-

führen sind, ist heute noch weitgehend unklar. Doch spricht vieles dafür, dass die Evolution von *Utricularia* im Wesentlichen auf Änderungen der *Genregulation* und *nicht* auf radikale genetische Neuerungen zurückzuführen ist.

Eine Reihe von Konzepten liefert neue Impulse für das Verständnis der Evolution von *Utricularia*, wie etwa der Kontinuumsansatz der „Fuzzy Arberian Morphology". Diesem Konzept zufolge sind die Grundorgane der Sprosspflanzen wie „Blatt", „Sprossachse", „Wurzel" usw. nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, sondern bilden oft ein Mosaik verschiedener Strukturkategorien (RUTISHAUSER/ISLER 2001; RUTISHAUSER 2005). Die Ursache ist eine Verlagerung von Organen an untypische Stellen im Organismus (*Heterotopie*), was aufgrund der geringen Komplexität und des modularen Baus der Pflanzen *allgemein* recht häufig auftritt. So beobachtet man Wurzeln an Sprossen und Sprosse an Wurzeln, Blütenbildung auf Blättern, vegetative Knospen auf Blättern, Blütenorgane, die sich vollständig in Blätter umwandeln etc. Homöotische Mutationen, z. B. solche, die den Transport von Wachstumsregulatoren verändern, könnten dies bewirken. Auch *Utricularia* scheint ein Beispiel für Heterotopie bzw. Homöose zu sein (RUTISHAUSER/ISLER 2001; RUTISHAUSER/MOLINE 2005; THEIßEN/MELZER 2007). Da die Ausläufer von *Genlisea* und *Utricularia* sowie die „Wurzeln" von *Pinguicula* durch recht ähnliche Entwicklungsprozesse gebildet werden, scheint die Hypothese nahe liegend, dass infolge (funktionaler!) homöotischer Fehlbildungen „[...] die so genannten ‚Wurzeln' eines *Pinguicula*-ähnlichen Vorfahrens ‚lernten', exogene ‚Blätter' auszubilden" (RUTISHAUSER/ISLER 2001, 1197; Übersetzung M.N.).

Inwieweit dies zutrifft, muss die weitere Forschung erst noch zeigen. LÖNNIGS These jedoch, dass *alle Einzelkomponenten der Saugfalle* haben *simultan in einem gigantischen Schritt* evolvieren müssen, hat mit der Realität nicht das Geringste zu tun. Und während die ID-Vertreter in der allenfalls palliativ wirksamen Vorstellung Zuflucht suchen, ein göttlicher Designer habe alles auf wundersame Weise ins Leben gerufen, forscht ein Heer von Wissenschaftlern an den kausalen Fragestellungen, die zu immer neuen Forschungsprogrammen inspirieren. Um zu prüfbaren, kausalen Entstehungsmodellen zu gelangen, muss man die Daten lediglich suchen und kann mit etwas Scharfsinn die relevante Information daraus extrahieren.[3] Aber wer nichts sucht, der findet bekanntlich auch nichts.

---

[3] Das hier vorgestellte Evolutionsmodell ist auch testbar (bzw. prinzipiell widerlegbar), denn es ergeben sich daraus eine Reihe nachprüfbarer Konsequenzen. So lautet eine Prognose, dass *terrestrische* Arten den aquatischen Spezies vorausgehen bzw. an basaler Position im Stammbaum stehen. Wie es scheint, wurde diese Vorhersage anhand molekularer Daten für *Utricularia* bereits wiederholt unabhängig bestätigt (JOBSON et al. 2003; MÜLLER/BORSCH 2005). Des Weiteren sind Homologien in Bezug auf die Mechanismen der Verdauung, der Individualentwicklung und weiterer Charakterzüge zu erwarten. Grundsätzlich lässt sich das Szenario auch hinsichtlich fossiler Funde überprüfen. Weitere (z. B. biogeographische und evolutionsökologische) Daten müssen sich zu einem kohärenten Bild vereinigen.

Literatur

BARTHLOTT, W./POREMBSKI, S./SEINE, R./THEISEN, I. (2004) Karnivoren. Biologie und Kultur Fleischfressender Pflanzen. Stuttgart.

ELLIS, A.G./MIDGLEY, J.J. (1996) A new plant-animal mutualism involving a plant with sticky leaves and a resident hemipteran insect. Oecologia 106, 478–481.

ELLISON, A.M./GOTELLI, N.J. (2001) Evolutionary ecology of carnivorous plants. Trends in Ecology & Evolution 16, 623–629.

HEUBL, G./BRINGMANN, G./MEIMBERG, H. (2006) Molecular phylogeny and character evolution of carnivorous plant families in Caryophyllales – Revisited. Plant Biology 8, 821–830.

JOBSON, R.W./PLAYFORD, J./CAMERON, K.M./ALBERT, V.A. (2003) Molecular phylogenetics of Lentibulariaceae inferred from plastid rps16 intron and trnL-F sequences: implications for character evolution and biogeography. Systematic Botany 28, 157–171.

JOBSON, R.W./NIELSEN, R./LAAKKONEN, L./WIKSTRÖM, M./ALBERT, V.A. (2004) Adaptive evolution of cytochrome c oxidase: infrastructure for a carnivorous plant radiation. PNAS 101, 18064–18068.

JUNIPER, B.E./ROBINS, R.J./JOEL, D.M. (1989) The carnivorous plants. San Diego.

LLOYD, F.E. (1942) The carnivorous plants. Chronica Botanica. Waltham, Mass.

LÖNNIG, W.-E. (2006) „Keine Bedrohung der Wissenschaft“. Hessische Allgemeine Zeitung vom 24.06.2006. www.weloennig.de/Hessische_Allgemeine.pdf. Zugr. a. 29.08.2008.

LÖNNIG, W.-E. (2007) Gregor Mendel, der Wasserschlauch (*Utricularia*) und die Evolution. www.weloennig.de/Utricularia.html. Zugr. a. 29.08.2008.

MATZKE, N. (2005) Evolution of the *Utricularia* bladder trap: a short summary. BACPS Newsletter. www.bacps.org/2005Spring.html. Zugr. a. 21.08.2008.

MÜLLER, K./BORSCH, T./LEGENDRE, L./POREMBSKI, S./THEISEN, I./BARTHLOTT, W. (2004) Evolution of carnivory in Lentibulariaceae and the Lamiales. Plant Biology 6, 477–490.

MÜLLER, K./BORSCH, T. (2005) Phylogenetics of *Utricularia* (Lentibulariaceae) and molecular evolution of the *trn*K intron in a lineage with high substitutional rates. Plant Systematics and Evolution 250, 39–67.

MÜLLER K./BORSCH, T./LEGENDRE, L./POREMBSKI, S./BARTHLOTT, W. (2006) Recent progress in understanding the evolution of carnivorous Lentibulariaceae (Lamiales). Plant Biology 8, 748–757

NACHTWEY, R. (1959) Der Irrweg des Darwinismus. Berlin.

REIFENRATH, K./THEISEN, I./SCHNITZLER, J./POREMBSKI, S./BARTHLOTT, W. (2006) Trap architecture in carnivorous *Utricularia* (Lentibulariaceae). Flora 201, 597–605.

RUTISHAUSER, R./ISLER, B. (2001) Developmental genetics and morphological evolution of flowering plants, especially bladderworts *(Utricularia)*: fuzzy Arberian morphology complements classical morphology. Annals of Botany 88, 1173–1202.

RUTISHAUSER, R. (2005) Der Bauplan abweichend gebauter Blütenpflanzen (Misfits). Kontinuumsmodell ergänzt klassische Pflanzenmorphologie. In: HARLAN, V. (Hg.) Wert und Grenzen des Typus in der botantischen Morphologie. Nümbrecht, 127–148.

RUTISHAUSER, R./MOLINE, P. (2005) Evo-devo and the search for homology („sameness“) in biological systems. Theory in Biosciences 124, 213–241.

THEIßEN, G./MELZER, R. (2007) Molecular mechanisms underlying origin and diversification of the angiosperm flower. Annals of Botany 100, 603–619.

WILLMANN, U. (2003) Entwürfe in Gottes Namen. Zeit Online 19/03, 29. www.zeit.de/2003/19/Kreationisten. Zugr. a. 29.08.2008.