

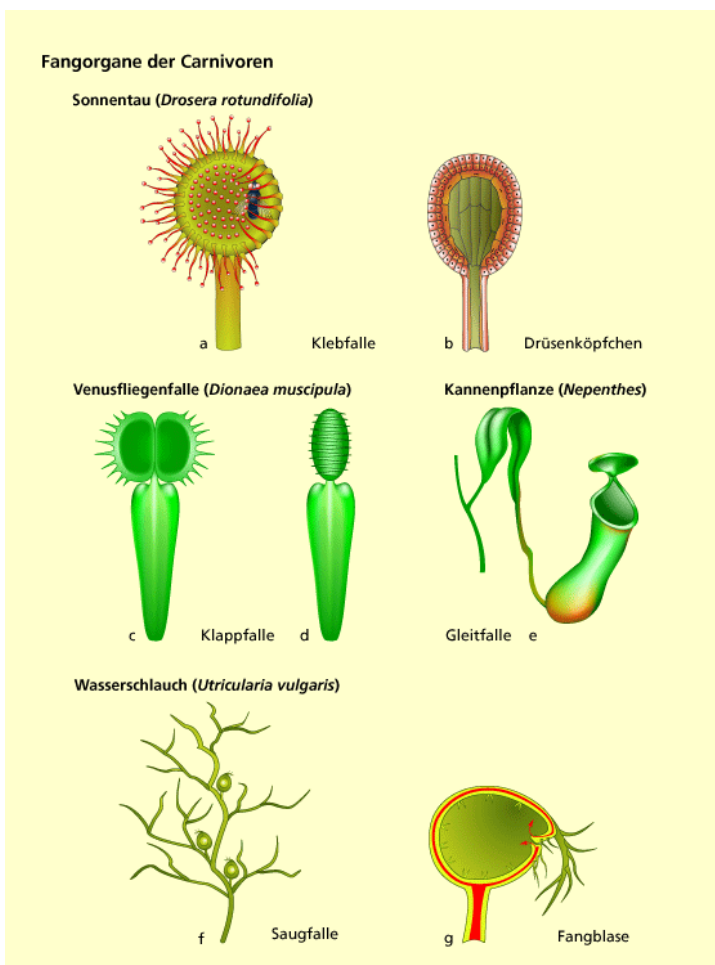
Erregbarkeit und Reaktion bei Algen und Pflanzen

Carnivoren – Fleischfressende Pflanzen

Einige Pflanzenarten, die an nährstoffarmen, v. a. stickstoff- und phosphatarmen Standorten wachsen, ergänzen ihre sonst übliche Nahrung (autotrophe Ernährungsweise) durch die Aufnahme von tierischen Stoffen. Sie haben die Fähigkeit, tierische Abbauprodukte direkt als Nahrungsquelle zu verwenden. Zu den nährstoffarmen Gebieten gehören vor allem Moorgebiete, moorige Feuchtwiesen, Feuchtsavannen, Regenwälder sowie Binnengewässer. Die Böden dieser Gebiete weisen überwiegend einen stark sauren pH-Wert auf. Sie bieten damit ungünstige Lebensbedingungen für nitrifizierende Bakterien, die normalerweise Stickstoffverbindungen in das für Pflanzen verwertbare Nitrat umwandeln. Da die Bakterien und damit Nitrat fehlen, versorgen sich die trickreichen Carnivora mit tierischem Eiweiß, welches ausreichend Nitrat enthält. Diese zusätzliche Nahrung beziehen sie aus kleinen Tieren v. a. aus Insekten, die in ihrem Umfeld zu finden sind. Um ihre Beute zu fangen, haben sie unterschiedliche Anpassungen entwickelt.

Weltweit sind ca. 450 carnivore Pflanzen aus verschiedenen Verwandtschaftskreisen bekannt.

Carnivoren haben eine große Vielfalt von **Fangmethoden** entwickelt. Die Fangorgane sind mehr oder weniger stark umgewandelte Blätter. Die Reizung dieser Organe erfolgt entweder durch den Berührungszreiz des Beutetieres oder wird durch chemische Signale in Form von Stickstoff- und Phosphatverbindungen ausgelöst.



Die **Venusfliegenfalle** (*Dionaea muscipula*) ist die wohl bekannteste fleischfressende Pflanze. Sie stammt aus den Gebieten North und South Carolina in den USA.

Ihre Blätter besitzen am Blatende den Fangapparat aus zwei Blatthälften, die sich bei viel Sonneneinstrahlung dunkelrot färben. Landet ein Insekt auf dem Fangblatt und berührt zweimal hintereinander die Tasthärchen, bewirkt ein elektrischer Impuls das Schließen der Blatthälften. Das Insekt ist in der **Klappfalle** gefangen und kann zersetzt werden. Unter günstigen Bedingungen und bei einer „ausgehungen“ Pflanze, kann dieser Vorgang in etwa einer zwanzigstel Sekunde ablaufen, was eine der schnellsten Bewegungen im Pflanzenreich darstellt.

Der **Gemeine Wasserschlauch** (*Utricularia vulgaris*) ist eine frei flutende, grasförmige Pflanze mit Fallen aus kleinen abgeflachten Blasen oder Schläuchen und gehört mit mehr als 220 Arten zur artenreichsten carnivoren

Gattung. Jede der ca. 1 cm großen Blasen mit Unterdruck besitzt eine Öffnung mit einem falltürähnlichen Verschluss. Daran befinden sich Auslöschungshärchen, die über Reiznerven mit der Klappe verbunden sind. Wenn sie durch Insektenlarven, Kleinkrebse oder Rädertiere berührt werden, öffnet sich die Klappe nach innen, das Opfer wird durch den Unterdruck eingesaugt und die Klappe schlägt hinter dem Tier zu. Diese Bewegung ist mit einer Dauer von Sekundenbruchteilen die schnellste im Pflanzenreich überhaupt und übertrifft sogar das Zuschlagen der Blatthälften bei der Venusfliegenfalle. Bei Erkennung des Beutetieres in der Blase werden sofort Enzyme produziert und abgegeben, die das Tier verdauen. Die Blase wird so für einige Zeit (je nach Art Stunden oder Tage) zum Magen umfunktioniert. Der Verdauungssaft wird anschließend von der Blase aufgenommen, der Unterdruck wird neu aufgebaut. Die Blase funktioniert als **Saugfalle** (Saugblasenfalle).

Bei den **Gleitfallen** von *Darlingtonia* (**Kobralilie**) werden Insekten von der roten Farbpracht des umgebildeten Blattes angelockt. Es sieht aus wie eine Blüte. Geformt ist das Blatt ebenfalls wie ein Schlauch, an dessen Ende sich eine Verdickung mit einem einzigen Loch befindet. Nach oben besitzt das Blatt an dieser Verdickung kleine Fenster, die dem Insekt vortäuschen, nach oben wegfliegen zu können. Nach mehreren Flugversuchen in die falsche Richtung fällt das Opfer schließlich erschöpft in den Schlund, ist gefangen und wird verdaut. Die Bezeichnung Kobralilie stammt vom Aussehen des ca. 70 cm großen Strauches. Wiegt er sich mit seinen ganzen verdickten Blattenden im Wind, erscheint er wie eine tanzende Kobra. Bei der Gleitfalle der **Kannenpflanze** (*Nepenthes*) landet das Insekt auf dem Rand des zu einer bedeckelten Kanne umgebildeten Blattes, welcher eine sehr glatte wachsbeschichtete Oberfläche aufweist. Unter dem Rand wird Nektar abgesondert, um das Insekt anzulocken. Das Beutetier rutscht schließlich ab und wird an der flüssigkeitsgefüllten Blattbasis verdaut. Der Tod tritt durch Ertrinken ein. Die Blattspreite wurde hier vollständig zu einem Schlauch umgestaltet, welcher an einer Art Ranke befestigt ist. Der Deckel der Kanne dient ausschließlich dem Regenschutz, um die produzierten Verdauungssäfte nicht zu verdünnen. Neben Insekten haben sich auch kleinere Echsen, Vögel und Nagetiere in die Kannen verirrt. Der dann sehr langwierige Verdauungsprozess hat auch schon zum Absterben der Kanne geführt. Alle *Nepenthes* stehen mittlerweile auf der Washingtoner Artenschutzliste.

Mit einer **Klebfalle** ist unser heimischer **Sonnentau** (*Drosera rotundifolia*) ausgestattet. An den Laubblättern der Pflanze befinden sich rötliche Drüsenhaare (Tentakeln), deren Drüsen klebrigen Tropfen absondern, die in der Sonne glitzern und Insekten anlocken. Die Sekrettröpfchen bestehen aus einer klebrigen Zuckerlösung und duften nach Nektar. Wird ein Insekt angelockt, bleibt es am Blatt haften. Bei seinen Befreiungsversuchen berührt es immer mehr der klebrigen Tropfen. Die Pflanze reagiert auf die Eiweiße, indem sie ihre Tentakel zum Opfer hin bewegt und dieses fest auf das Blatt drückt. Zuletzt umwickelt das Blatt die Beute vollständig. Durch Verdauungsenzyme werden die Nährstoffe des Insektes herausgelöst und absorbiert. Nur der Chitinpanzer bleibt übrig. Wenn die Beute aufgelöst ist, entrollt sich das Blatt wieder.

Die **Verdauung** bei Carnivora erfolgt mit Hilfe von Exoenzymen, z. B. Proteasen, Esterasen und Phosphatasen, die über Drüsen ausgeschieden werden. Die Bildung von Enzymen wird durch das Auftreten neuer Beutetiere induziert. Ein bis zwei Wochen nach Beginn der Verdauung wird die Herstellung der Enzyme von der Pflanze eingestellt und erst bei Eintreffen eines neuen Beutetieres wird die Produktion wieder aufgenommen. Als Auslöser für die erneute Enzymproduktion dienen beim Todeskampf der Insekten abgegebene Proteine, Nucleinsäuren und Ammoniumionen. Die Verdauungsprodukte (Aminosäuren, Kohlenhydrate u. a.) werden durch spezielle Absorptionsgewebe aufgenommen. Meist handelt es sich dabei um Absorptionshaare. Lediglich der Chitinpanzer vieler Insekten kann nicht abgebaut werden und bleibt als leeres Außenskelett zurück.

Sehr wahrscheinlich haben sich die Carnivora aus normalen Pflanzen entwickelt (daher ihre ursprünglich autotrophe Lebensweise), welche bereits bestehende Fähigkeiten wie Bewegung, Sekretabgabe, Nährstoffaufnahme über die Blätter und Festhalten von Insekten (zur Bestäubung) verstärkten und weiterentwickelten.

Die tierfangenden Pflanzen besitzen stets Chlorophyll, sind zur C3-Fotosynthese befähigt und lassen sich bei ausreichender Mineralsalzzufuhr leicht ohne tierische Nahrung aufziehen. Eine Anpassung an bestimmte Tierarten besteht nur insoweit, als dass diese von den Lockapparaten angezogen werden, von den Fangorganen festgehalten werden und sich im Lebensraum dieser Pflanzen aufhalten müssen.

Erregbarkeit und Reaktion bei Algen und Pflanzen

Das Membranpotenzial wird überwiegend durch aktiven Transport von Ionen mithilfe **elektrogener Pumpen** erzeugt. Bei Algen und Pflanzen transportiert die **Protonenpumpe** Protonen (H^+ -Ionen) aktiv aus der Zelle. Damit werden positive Ladungen von innen nach außen verschoben.

Mechanische Reize, Lichtreize, Turgordruck u. a. können bei Pflanzen Veränderungen des Membranpotenzials auslösen. Es entsteht das Aktionspotenzial, das durch **De-** und **Repolarisation** der Membran gekennzeichnet ist. Dieses Aktionspotenzial wurde z. B. bei der Mimose gemessen. Es pflanzt sich in den Siebröhren fort und führt in den Motorzellen der Blattgelenke zu typischen Klappbewegungen der doppelt gefiederten Blätter.

Die Fortleitung des Aktionspotenzials (Erregungsleitung, Signaltransfer) erfolgt als:

- **Elektrische Erregungsleitung**, bevorzugt durch lang gestreckte Zellen mit einer Geschwindigkeit von 0,7 bis $5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.
- **Chemische Erregungsleitung** über Erregungssubstanzen (Turgorine) von Zelle zu Zelle und durch lang gestreckte Zellen mit einer Geschwindigkeit von 0,15 bis $2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Die höchste Geschwindigkeit wurde mit 6 bis $20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ bei der Venusfliegenfalle (Dionaea) gemessen. **Turgorine** sind Glykoside von der Gallussäure und anderen Hydrobenzoesäuren.

Auch **Spaltöffnungsbewegungen** sind auf Erregungsprozesse als Auslöser von Turgordruckänderungen in den Schließzellen zurückzuführen. Solche ungerichteten Bewegungen nennt man **Nastien**.

Andere Reaktionen der Pflanzen sind **Krümmungsbewegungen** aufgrund von Wachstumsänderungen. Dazu gehören tropistische (gerichtete) Krümmungsbewegungen. Bewegungen zum Reiz hin bezeichnet man als positiven **Tropismus**, Bewegungen vom Reiz weg als negativen Tropismus. **Taxien** sind auf den Reiz ausgerichtete freie Ortsbewegungen (z. B. positive Fototaxie der Augengeißler Euglena).

Autonome (auch endogene bzw. durch innere Ursachen bedingte) Bewegungen werden hauptsächlich durch physiologische Prozesse (physiologische oder innere Uhr) gesteuert (endogene Rhythmik). Hierzu gehören z. B. „Suchbewegungen“ von **Ranken**.

Reaktions-	Reizart	Reiz/ Reaktionsort	Beispiele/ Pflanzen

form			
Seismonastie	Erschütterungs-reiz, mechanischer Reiz	Blattgelenke, Staubblät- ter, Ventile der Fang- blase	Mimose, Venusfliegenfalle, Flockenblume, Wasser- schlauch
Thigmonastie	Berührungsreiz, mechanischer Reiz	Ranken, Tentakel	Erbse, Passionsblume, Son- nentau, Berberitze
Chemonastie	chemischer Reiz	Blattgelenke	Insektivoren, z. B. Venusflie- genfalle, Sonnentau
Fotonastie	Veränderung der Lichtintensität, optischer Reiz	Blütenorgane, Blattgelenke	Mimose, Sauerklee