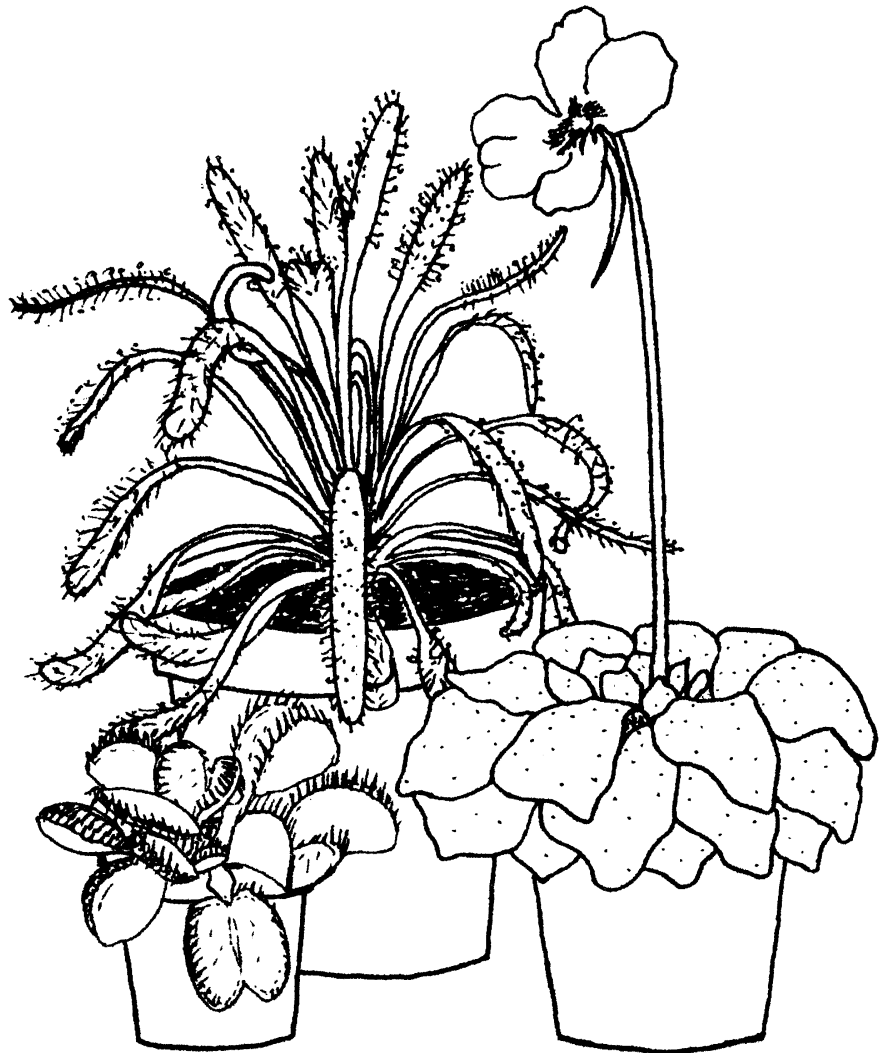


Insektivoren





für den Unterricht an Hamburger Schulen

Verfasser:

Bernd Mlody (*Dionaea, Pinguicula*; Aktualisierung *Drosera*)
& Dr. Hans-Helmut Poppendieck (*Drosera*)

Zeichnungen:

Dr. Hans-Helmut Poppendieck (*Drosera*),
Bernd Mlody (*Dionaea, Pinguicula*),
Katrin Hoyer (Titel; v. l. n. r.: Venusfliegenfalle, Kap-Sonnentau und Fettkraut)

Herausgeber:

Grüne Schule des Botanischen Gartens Hamburg
- ein Kooperationsprojekt der Universität
und der Behörde für Bildung und Schule
der Freien und Hansestadt Hamburg -

Kontaktadresse:

Grüne Schule des Botanischen Gartens
Hesten 10
22609 Hamburg

Tel. 040 / 42816-208 (fax-489)
Email: gruene-schule@botanik.uni-hamburg.de

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Verwendung dieses Druckwerks bedarf - soweit das Urheberrecht nicht ausdrücklich Ausnahmen zulässt - der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Herausgebers.

Hamburg, Februar 2003



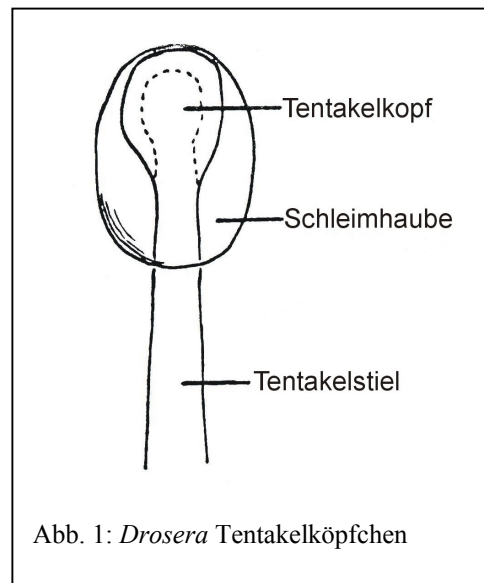
Insektivoren

Sonnentau (*Drosera capensis*)

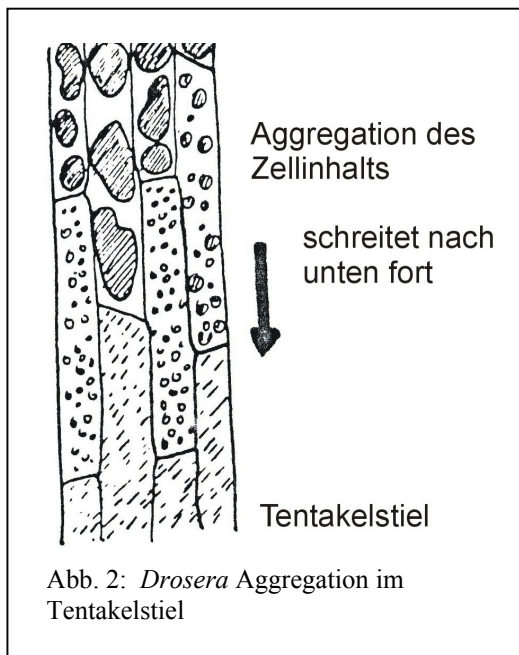
Versuchsanleitungen

1. Fütterungsversuche

- a. Fang und Verdauung tierischer Nahrung: Stecknadelkopfgroße Bröckchen tierischer Nahrung wie gekochtes Hühnereiweiß, Käse, Fleisch oder Wurst oder kleinere Insekten wie Blattläuse oder *Drosophila* werden auf die langen, seitlich abstehenden Drüsenhaare aufgebracht. Innerhalb weniger Minuten krümmen sich die Tentakel nach innen ein und bringen die Nahrung auf die Blattoberfläche; auch die benachbarten Tentakel krümmen sich ein, umschließen so das „Opfer“ und überziehen es mit ihrem schleimigen Drüsensekret. Die Reaktion ist temperaturabhängig und wird durch höhere Temperaturen beschleunigt. Lebende Insekten versuchen sich zu befreien und reizen dadurch immer mehr Tentakeln, daher verläuft bei ihnen die Reaktion heftiger als bei unbelebten Opfern.
Bei unserer Art, dem Kap-Sonnentau (*Drosera capensis*), rollt sich das Blatt von der Spitze her über dem Insekt ein. Diese Reaktion verläuft relativ langsam über mehrere Stunden (vgl. Abb. 5 rechts).
Es ist zu empfehlen, bei der Beobachtung der Tentakelreaktion alle 1 - 2 Minuten Faustskizzen von der Stellung der Tentakel anfertigen zu lassen.
- b. Reaktion auf andere Partikel: Werden Sandkörner, Papierschnitzel oder ähnliche Objekte aufgebracht, findet eine ähnliche, aber schwächere Reaktion statt. Wassertropfen (Regen) bringen keine Reaktion hervor.



- c. Langzeitbeobachtungen: Wie lange dauert es, bis der Sonnentau die Reste seines Opfers wieder frei gibt? (Die Tentakel spreizen nach 2 - 3 Tagen wieder ab).
Wie oft kann das selbe Blatt reagieren? (im allgemeinen 2 - 3 mal). Miss nach jeder Reaktion die Länge der Tentakeln! (Sie verlängern sich irreversibel: Wachstumsbewegungen!).
2. Untersuchung des Tentakelsekrets
Die eiweißlösende Eigenschaft des Sekrets kann aus der Resorption der aufgetragenen tierischen Nahrung geschlossen werden. Mit Hilfe von Indikatorpapier kann man zeigen, dass das Sekret sauer reagiert. An den Stellen, an denen man das Tentakelköpfchen berührt hat, findet ein Umschlag statt (der pH-Wert beträgt etwa 3).
3. Mikroskopische Untersuchungen
 - a. Tentakel: Ein Teilstück des Blattes wird vorsichtig auf einen Objektträger aufgebracht, wobei darauf geachtet werden muss, dass wenigstens einige Köpfchen intakt sind und dass kein Schleim an das Objektiv des Mikroskops kommen kann. Man stellt fest, dass die Tentakelenden von einem stark

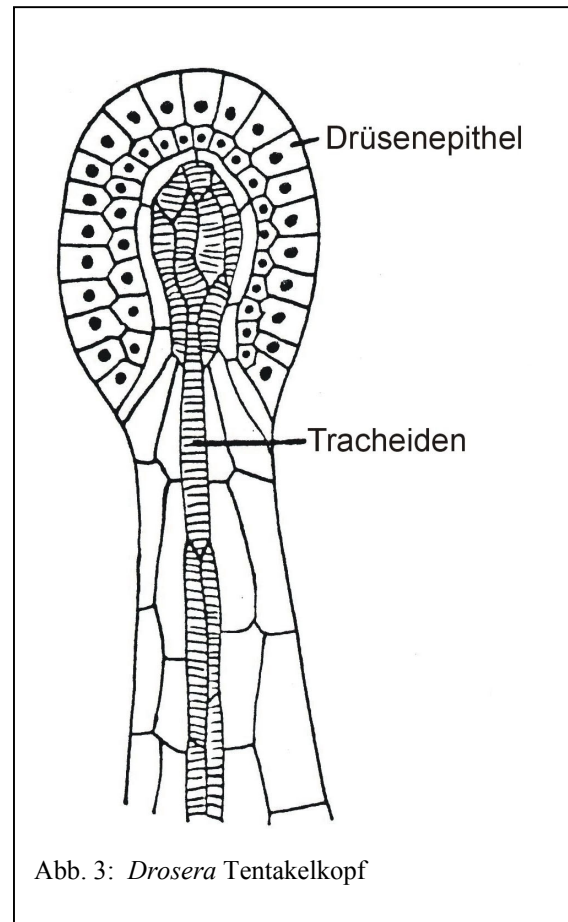


lichtbrechenden Schleim umgeben sind (Abb. 1) und die Zellen des Stiels und des Köpfchens einen roten, homogenen Zellinhalt aufweisen.

Bei Reizungen der Tentakelköpfchen (z. B. durch Andrücken mit dem Deckglas) kann man in den Zellen kurz unterhalb des Köpfchens eine merkwürdige Veränderung feststellen. Es bilden sich kleine Granulate, die sich zu größeren, kugeligen Gebilden zusammenschließen. Dieser Vorgang setzt sich in den nach unten anschließenden Zellen fort; vor jeder neuen Querwand wird allerdings eine kleine Pause eingelegt. Man bezeichnet dieses Verhalten als Aggregation (Abb. 2).

Die Aggregation kann man auch beobachten, wenn man einige Tentakel an der Basis mit der Rasierklinge abschneidet und schnell in einem Wassertropfen unter einem Deckglas beobachtet; sie lässt sich hier leichter beobachten. Außerdem kann in diesem Fall der Aufbau des Tentakels besser erkannt werden. Wichtig ist es, auf die Anwesenheit von Tracheiden im Stiel hinzuweisen (Abb. 3).

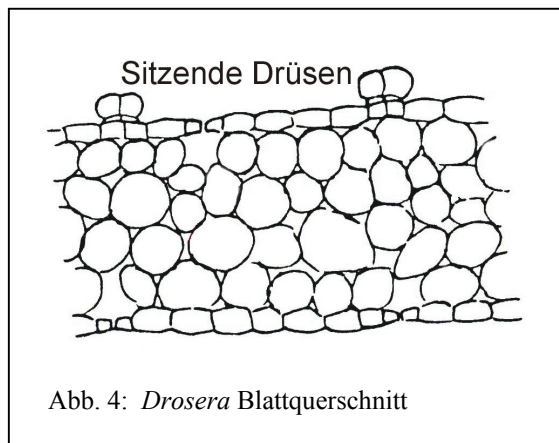
- b. Blattquerschnitt: (Abb. 4) Auf der Blattoberseite, also auf der resorbierenden Fläche, findet man kleine Drüsenhaare. Die Spaltöffnungen sind nicht eingesenkt (mesomorph). Das Mesophyll ist chloroplastenreich; mit Jod-Jod-Kalium kann Stärke nachgewiesen werden (photosynthetische Aktivität!).



Hintergrundinformationen

„Die meisten Insektivoren sehen absonderlich aus, für viele Betrachter geradezu unheimlich. Wenn jemand das Gefühl hat, das hänge tiefinnerst irgendwie zusammen mit der Tatsache, dass Pflanzen fressen, so lässt sich dagegen nichts einwenden.“

(Schmucker & Linnemann, 1959, im Handbuch der Pflanzenphysiologie)



1. Die Funktion der Klebfalle

Anlockung der Insekten durch Farbe und Geruch

Es ist auffällig, dass die Lockmittel der Insektivoren auch in der Blütenbiologie Anwendung finden. Die glitzernden Schleimtröpfchen täuschen Nektartropfen vor; sie sondern auch einen feinen Blütenduft ab. Die rötliche Färbung der Blätter könnte zumindest für Fliegen, die rotbraune Fleischfarben anziehend finden, einen weiteren Attraktor darstellen.

Festhalten durch Schleimtropfen

Neben diesem Prinzip des Fliegenpapiers kommt speziell bei der Gattung *Drosera* noch die Zusammenkrümmung der Tentakeln über dem Opfer hinzu. Bei der gelieferten Art *Drosera capensis* krümmt sich sogar die gesamte Blattfläche über dem Insekt zusammen, wie eine „würgende Hand“. Diese Blattstellung wird erst nach der vollständigen Verdauung des Tieres gelöst.

Das Töten der Opfer

Die Opfer ersticken am Schleim der Drüsenhaare. Die Atemöffnungen der Insekten verkleben.

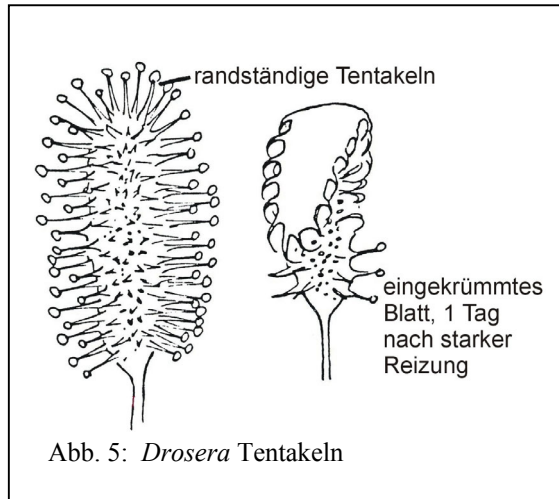
Verdauen mit Hilfe des Schleimsekrets

Das Sekret enthält pepsinähnliche Proteinase und reagiert außerdem stark sauer. Wie Darwin zeigte, werden die Köpfchen durch Ammoniaksalzkristalle zu noch stärkerer Säureausschüttung angeregt.

Die Absorption der Nährstoffe findet sowohl durch die Drüsen der Tentakelköpfe wie durch sessile Drüsen auf der Blattoberfläche statt.

Reizphysiologie: Ort der Reizaufnahme sind die Tentakelköpfchen. Auf zugeleiteten Reiz reagieren auch geköpfte Tentakeln. Die Bewegung ist thigmonastisch, d. h., die Tentakeln reagieren auf einen Berührungsreiz stets in der gleichen Weise, unabhängig von der Reizrichtung. Der Reiz wird mit relativ hoher Geschwindigkeit (etwa 8 mm/min) zum Grunde des Tentakelstiels geleitet; dort setzt ein starkes einseitiges Wachstum ein, so dass sich die Tentakeln nach der Blattmitte hin einkrümmen. Der Reiz pflanzt sich auf andere Tentakeln fort, wobei als Folgereaktion z. T. gerichtete (tropistische) Krümmungen eintreten. Bei den später erfolgenden Rückkrümmungen nimmt die Länge der Tentakeln beträchtlich zu. Nach Darwin genügt für die Reizung schon ein Haarstückchen von 0,0008 mg Gewicht. Der Sonnentau reagiert nur auf feste Körper, Flüssigkeiten lösen keine Reaktion aus. Merkwürdigerweise findet auch in heißem Wasser eine Einkrümmung der Tentakeln statt, möglicherweise durch die hohen Temperaturen ausgelöst. Durch chemische Reize wird die Schleimerzeugung rasch erhöht.

Aggregation: Diese Veränderung des Zellinhalts der Tentakelzellen nach der Reizung ist oft untersucht worden, ohne dass ihre Funktion für den Insektenfang geklärt ist. Sie steht offensichtlich nicht mit der Reizleitung, sondern mit der Sekretabsonderung in Zusammenhang, denn sie beginnt bei zugeleitetem Reiz nicht im unteren, sondern im oberen Teil des Tentakelstiels.



2. Verbreitung, systematische Stellung und Insektivorie

→ Kasten „Systematik und Vorkommen:
Gattung *Drosera* Sonnentau“

In Deutschland heimisch sind drei Sonnentau-Arten, die alle in Mooren vorkommen und auf der Roten Liste der gefährdeten Pflanzen stehen. Sie stehen unter Naturschutz (Bundesartenschutzverordnung) und dürfen weder ausgegraben noch beschädigt werden. Ihre Kultur wäre sehr viel schwieriger als die vieler ausländischer Arten. Wir liefern Ihnen daher den Kap-Sonnentau für die Arbeit in der Schule.

Insektivoren gibt es in mehreren anderen Familien des Pflanzenreichs, z. B. bei den Kannenpflanzen (Nepenthaceae), Schlauchblattgewächsen (Sarraceniaceae) und Wasserschlauchgewächsen (Lentibulariaceae, z. B. Fettkraut, s. u.). Offenbar hat sich die Insektivorie im Laufe der Evolution mehrmals herausgebildet, denn viele der insektivoren Familien sind nach heutiger Auffassung nicht näher miteinander verwandt.

3. Zur Ökologie des Insektenfangs

Mit wenigen Ausnahmen sind alle Insektivoren auf feuchte, extrem nährstoffarme Standorte beschränkt. Die

Systematik und Vorkommen:

Gattung *Drosera*, Sonnentau

(Familie Droseraceae, Sonnentaugewächse)

ca. 110 Arten, davon 3 in Deutschland;
alles insektivore Kräuter, meist
ausdauernd, einige annuell

Verbreitung: kosmopolitische Gattung,
Schwerpunkt S-Halbkugel: SW-
Australien, S-Amerika, S-Afrika

bei uns im Pflanzen-Abholprogramm:

- ◆ *Drosera capensis*, Kap-Sonnentau: S-Afrika
- ◆ *Drosera binata*: SE-Australien, Neuseeland; zeitweise im Programm; fragiler aussehend, Blätter gegabelt

Ökologie: an feuchten Stellen, jedoch nicht im Regenwald

weitere Gattungen der Familie: 3, jede mit nur einer einzigen Art (monotypisch), alle carnivor

- *Drosophyllum lusitanicum*, Taublatt: Portugal, S-Spanien, N-Marokko
- *Aldrovanda vesiculosa*, Wasserfalle: Eurasien, Australien; submers
- *Dionaea muscipula*, Venusfliegenfalle: s. eigenes Kapitel

Insekten stellen eine zusätzliche Nahrungsquelle dar, insbesondere in Bezug auf Stickstoffverbindungen. Allerdings können wahrscheinlich alle Pflanzen dieser Gruppe auch „normal“ leben, also ohne Insektenfütterung. Man hat jedoch festgestellt, dass „gemästete“ Pflanzen wesentlich wuchsfreudiger wurden. Sie brachten bei Fütterungen mit Blattläusen gegenüber insektenfrei gezogenen Vergleichspflanzen das 3-fache Trockengewicht, bildeten die 3-fache Zahl an Blütenständen und die 5-fache Kapselzahl. Über den Zusammenhang zwischen Standort und Lebensweise des Sonnentaus gibt es eine höchst interessante Hypothese:



Man hatte sich schon lange darüber gewundert, dass die meisten höheren Pflanzen der Hochmoore, vorwiegend Ericaceae, Baueigentümlichkeiten zeigen, die man üblicherweise als Anpassung an Trockenstandorte zu deuten gewöhnt war: dicke Kutikula, ledrige Blätter, eingesenkte Spaltöffnungen, hoher Anteil verholzten Gewebes usw. („Xeromorphie der Hochmoorpflanzen“). Dabei handelt es sich

Historisches

- 1780 Der Bremer Arzt A. Roth beschreibt als Erster die Bewegungen der Tentakel beim Sonnentau; die Venusfliegenfalle war schon seit 1760 in Europa bekannt und als Wunderpflanze bestaunt worden.
- 1874 weist der englische Botaniker J. D. Hooker die Bildung von proteolytischen Enzymen bei der insektivoren Kannenpflanze *Nepenthes* nach.
- 1875 lehnt noch der Direktor des Botanischen Gartens in St. Petersburg die Theorie der Insektenverdauung als „wissenschaftlichen Plunder“ ab.
- 1875 Im gleichen Jahr erscheint Darwins klassische Abhandlung „Insectivorous Plants“, die eine Fülle von Beobachtungen und Versuchen enthält und bis heute eines der grundlegenden Werke zu diesem Thema geblieben ist.

doch bei den Hochmooren um extrem feuchte Standorte. Um diesen Widerspruch zu erklären, postulierten die Ökologen der Jahrhundertwende die „physiologische Trockenheit“ der Hochmoore, d. h., sie nahmen an, dass die Wasseraufnahme der Pflanzen irgendwie eingeschränkt sei, entweder durch den Frost im Winter oder durch das stark saure Milieu. Genauere Untersuchungen, die in den zwanziger Jahren vorgenommen wurden, zeigten jedoch, dass

die Transpiration der Hochmoorpflanzen normal verläuft, und dass von einer Einschränkung der Wasseraufnahme keine Rede sein konnte. Gleichzeitig, jedoch unabhängig davon, stellte man bei Mangelkulturversuchen mit Tabakpflanzen fest, dass Stickstoffmangel die gleichen Reaktionen hervorruft wie Wassermangel, also auch Zunahme des verholzten Gewebes usw. Damit war der Schlüssel für die angebliche Xeromorphie der Hochmoorpflanzen gefunden worden und der Stickstoffmangel als der entscheidende Faktor erkannt worden.

Nun ist der Sonnentau die einzige Hochmoorpflanze, die „mesomorphe“ Eigenschaften zeigt (weiche, saftige Blätter; Spaltöffnungen nicht eingesenkt). Es passt natürlich wunderbar in die oben skizzierte Theorie, dass ausgerechnet diese Pflanze über eine zusätzliche Stickstoffquelle verfügt. (Im Übrigen: Auch die Ericaceae des Hochmoors können sich zusätzlich Stickstoff erschließen, nämlich mit Hilfe der Mykorrhiza. Der Sonnentau besitzt keine Mykorrhiza.)

4. Kulturhinweise

Der Sonnentau wird auf Torf kultiviert. Wer lebendes Torfmoos *Sphagnum* zur Verfügung hat, kann es mitwachsen lassen. Das verhindert eventuelle Konkurrenz von anderen Moosen und Algen, die sich sonst auf der Oberfläche des Substrats ansiedeln können. Außerdem haben Sie dann ein Mini-Hochmoor in ihrer Klasse.

Entsprechend müssen die Wasserverhältnisse geregelt werden. Einerseits sollen die Pflanzen so sonnig wie möglich stehen. Andererseits muss das Substrat ständig feucht gehalten werden. Zu diesem Zweck werden die Töpfe in eine Schale gestellt, die mit Regenwasser gefüllt zu halten ist. Motto: „Die Köpfe im Feuer, die Füße im Wasser.“

Da auf diese Weise das Substrat ständig durchströmt wird, akkumulieren sich in ihm die im Wasser gelösten Salze. Daher muss unbedingt das weiche Regenwasser verwendet werden. Notlösung: Ein Gemisch aus zwei Teilen destilliertem oder entmineralisiertem Wasser und einem Teil Leitungswasser, das zur pH-Senkung mit Torf versetzt wurde. Unverdünntes Leitungswasser ist viel zu hart.

Es muss ein ständiger Wasseraustausch gewährleistet sein. Bei sehr trübem, lichtarmen Wetter sollte daher der Untersatz nicht vollgefüllt werden, das Wasser könnte faulig werden. Hauptsache ist, dass das Substrat feucht bleibt. Daumenregel: Nachgießen, wenn Untersatz trocken; im Winter kann der Untersatz auch mal einige Tage trocken bleiben.

Den Sonnentau nicht von oben gießen!
Niemand Dünger verabreichen!

Im Sommer können Sie den Sonnentau im Freien kultivieren, Sie müssen ihm aber Regenschutz geben, etwa durch eine schräggestellte Glasplatte o. ä. Von der Kultur unter einer Glasglocke ist abzuraten, da die Pflanzen bei zu hoher Luftfeuchtigkeit und bei Wärmestau vergeilen.

Im Winter wird *Drosera capensis* bei möglichst leicht erniedrigter Temperatur von 12 bis 15 °C ohne Ruhepause durchkultiviert. *Drosera binata* hingegen braucht eine kurze Ruhephase zum Einziehen bei Temperaturen von 12 bis 15 °C (Umstellung auf Ruhephase mit Braunwerden der ersten Blätter: Gießen reduzieren; Oktober bis Februar/März). Beide Arten sollen auch im Winter hell stehen.

Als Schädlinge können sich vor allem Blattläuse erweisen, die besonders an den Blütenstängeln ihr Auskommen finden. Durch Abwischen (Lappen) lassen sie sich entfernen. In der Schule sollte der Einsatz von systemischen Insektiziden vermieden werden.

Im Frühjahr müssen Sie den Sonnentau umtopfen. Wenn Sie kräftige Exemplare herangezogen haben, können Sie sie auch aus Wurzelschnittlingen vermehren, die Sie leicht mit der Torf-*Sphagnum*-Mischung bedecken (ständig feucht halten).



Venusfliegenfalle (*Dionaea muscipula*)

Versuchsanleitungen

1. Auslösung des Klappfallen-Mechanismus
 - a. Mit einer Präpariernadel (oder aufgebogener Büroklammer) wird eine der sechs Fühlborsten eines *Dionaea*-Blattes (drei je Blathälfte, Abb. 6) einmal kurz berührt. Eine zweite kurze Berührung derselben Fühlborste erfolgt nach 3 Minuten: Nichts passiert. Mit jeweils anderen Blättern wird der Versuch mit verkürzten Zeitabständen zwischen den zwei Berührungen wiederholt: 1 Minute, 45 Sekunden, 30 Sekunden, 15 Sekunden, 5 Sekunden. Ergebnis: Wenn zwei Auslösereize innerhalb von ca. 35 Sekunden (20 - 40 s; u. a. temperaturabhängig) aufeinanderfolgen, schnappt die Falle zu. Die Information über den ersten Reiz wird also gespeichert („Gedächtnis“). Beim zweiten Reiz innerhalb ausreichend kurzer Zeit schließt sich die Falle („Die Pflanze hat bis zwei

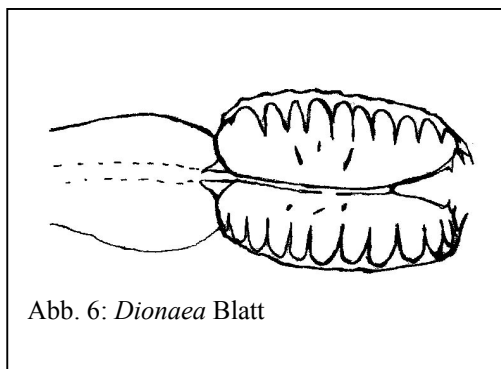
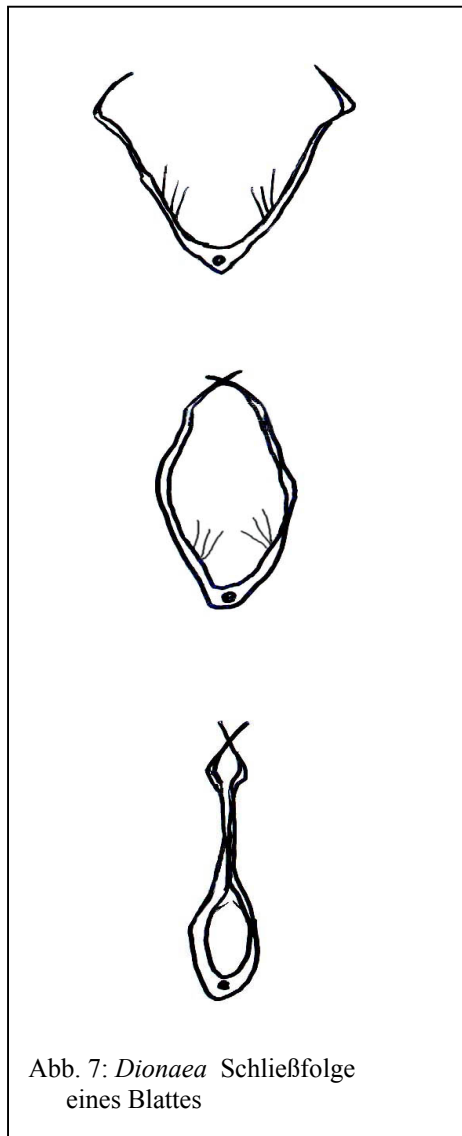


Abb. 6: *Dionaea* Blatt

- gezählt.“).
- b. Abgekürzte Wiederholung des ersten Versuchs (Abstand zwischen den beiden Reizen 1 Minute bzw. 15 Sekunden), diesmal werden die beiden Reize an *verschiedenen* Fühlborsten ausgeübt. Ergebnis wie bei a). Das bedeutet, dass das „Gedächtnis“ außerhalb der

Fühlborste liegen muss, in einer Art Verrechnungsinstanz, die Informationen von den Fühlborsten zugeleitet bekommt („Rechenzentrum“).

- c. Eine Fühlborste wird alle 2 Minuten einmal kurz berührt. Erst nach ca. 5 Reizen schnappt sie zu. Das „Gedächtnis“ und „Zählvermögen“ ist also offenbar zu wesentlich komplexeren Verrechnungen imstande.
2. Fütterungsversuche
 - a. Eine Stubenfliege wird auf ein Blatt aufgebracht, sodass die Falle zuschnappt. Sowohl lebende als auch tote Fliegen bewirken nun, dass die beiden Blathälften sich aufeinander zu bewegen, sich also aneinander drücken. Die Konturen der gefangenen Beute sind dabei von außen sichtbar. Die Verengungsbewegung benötigt mehrere Stunden. Dann bleibt dieser Zustand für 7 bis 10 Tage erhalten. Danach öffnet sich das Blatt langsam wieder. Die verschiedenen Blattstellungen können gezeichnet werden (vgl. Abb. 7).
 - b. Ein Stück Fleisch, Käse, Eiweißwürfelchen, Glas oder ein Steinchen in beutegerechter Größe wird jeweils in verschiedene Fallen gelegt. Bei eiweißhaltiger Nahrung schnappt die Falle von selber zu. Bei ungeeignetem Futter muss die Falle durch Berührung der Fühlborsten zur Auslösung gebracht werden; in diesem Fall öffnet sich die Falle innerhalb von einem Tag wieder (manchmal schon nach einigen Stunden). Bei geeigneter Nahrung pressen sich die Blathälften wie bei a) aneinander. Neben dem mechanischem Auslösesystem über die Fühlborsten haben wir nun einen Hinweis auf ein chemisches Rezeptorsystem.



Hintergrundinformationen

„Die wundervollste Pflanze der Welt“
Charles Darwin, der berühmteste Fan der Pflanze, 19. Jh.

„Die Pflanze, die zählen kann und sich erinnert“ Biologiedidaktik, Ende 20. Jh.

Die Venusfliegenfalle ist *der* Prototyp einer fleischfressenden Pflanze. Auch Produzenten von Science-Fiction- oder Horror-Filmen nutzen sie als bevorzugte Inspirationsquelle. Schüler sind oft enttäuscht ob der geringen Größe des „Monsters“. An ihr wurde die damals ungeheuerlich klingende These aufgestellt, dass eine Pflanze Tiere fressen

kann. Charles Darwin machte sich mit dieser Annahme viele spöttische bis erboste Gegner.

1. Der Klappfallen-Mechanismus

Der spektakuläre Fangmechanismus, den Menschen in ähnlicher Form als Tellereisen bei der Jagd einsetzen, ist auch heute noch nicht in allen Einzelheiten verstanden.

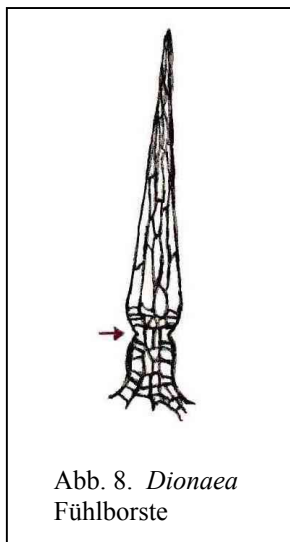
Bei der ersten ausreichend starken mechanischen Reizung einer Fühlborste geben die Sensorzellen nahe der Basis der Fühlborste (Pfeil in Abb. 8) ein Aktionspotenzial ab, das auf nicht genau geklärte Weise an einem Ort im Blatt gespeichert wird („Gedächtnis“). Trifft ein zweites Aktionspotenzial innerhalb von ca. 35 Sekunden im Gedächtnis ein, klappt die Falle zu. Die Schließbewegung beginnt etwa 0,3 Sekunden nach der zweiten Reizung. Die Klappbewegung ist i. a. innerhalb einer Sekunde abgeschlossen. Das elektrische Signal breitet sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 20 cm pro Sekunde in der Pflanze aus.

Darwin nahm eine schnelle Turgorveränderung als Ursache für das Zuklappen der Falle an. Folgende These über die Mechanik des Schließvorgangs wird heute diskutiert: Nach dem zweiten Auslösereiz wird in den Epidermis-Zellen auf der Unterseite des Blattes die Zellwand-Plastizität blitzartig erhöht, indem Zellulosefasern durch Säure angegriffen werden und dann Enzyme die Fasern zerschneiden. Dies wird als ein irreversibler Wachstumsprozess aufgefasst, und zwar als der schnellste in der belebten Welt bekannte. Mit Hilfe von Ionenpumpen und der vermehrten Einlagerung von Wasser in den Zellen erhöht sich der Turgor, und die Falle schließt sich. Man vermutet also, dass durch das Zusammenwirken *zweier* Prozesse die Schnappbewegung zustande kommt, nämlich durch Veränderungen der Zellwand-Festigkeit sowie des Zellinnerndrucks.



Der Klappmechanismus ist eine Alles-oder-Nichts-Reaktion: Sind die Kriterien für eine Auslösung erfüllt, schließt sie sich in stets gleicher Weise.

Das „Gedächtnis“ der *Dionaea* reicht wesentlich weiter, als es die durchschnittliche Geduld von Schülern und der Stundenplan zu zeigen erlaubt: Versuche mit Einzelreizen, die im Abstand von 18 Minuten erfolgten, ergaben nach etwa 15 Berührungen (also nach über vier Stunden) eine Auslösung der Falle.



2. Prüfung und Verdauung der Nahrung

Die gerade zugeklappte Falle wirkt wie vergitterter Käfig: Kleine Beute kann zwischen den Randzähnen des Blattes entweichen, größere Beute kann in der Falle umherlaufen. Die mechanischen Reize einer noch lebenden Beute lösen die Verengungsbewegung der beiden Blatthälften aus. Zunächst legen sich die Blattränder aneinander. Gleichzeitig stimulieren die Bewegungsreize die Sekretion von Verdauungsenzymen aus sitzenden, sternförmigen Drüsen auf der Blattoberfläche.

Unabhängig davon findet eine chemische Prüfung an der Blattoberfläche statt: Auch sie löst bei geeigneter Nahrung sowohl die Verengungsbewegung als auch die Sekretion von Enzymen aus.

Chemische Auslöser sind einerseits stickstoffhaltige Substanzen (wie Eiweiße), andererseits aber beispielsweise auch Kalium- und Natriumsalze, die in den Ionenhaushalt der Pflanze eingreifen. Die Verdauungsflüssigkeit ist eine Enzym-Mischung in einer sauren Lösung (viel Salzsäure; Magen-Analogie!). An Enzymen sind vor allem verschiedene Proteasen wichtig. Aber auch diverse Phosphatasen, Chitinasen (die Chitin angreifen, aber nicht auflösen können), Ribonucleasen sowie weitere Enzymgruppen wurden nachgewiesen.

Die Aufnahme der verflüssigten Nahrung erfolgt über die Drüsen der Blattoberfläche.

Ein Blatt kann nur 2 bis 3 mal Beute verdauen, offenbar ein für die Pflanze zwar lohnender, aber doch sehr aufwendiger, "verschleißanfälliger" Prozess. So schält sich die Epidermis auf der Innenseite der Blattspreiten oft etwas ab, als wäre sie zum Zerreißen gespannt worden. Manchmal überdehnt sich die Falle und verliert ihre Beweglichkeit, manchmal öffnet sie sich gar nicht mehr nach einem Beutefang. Die Pflanze hilft sich, indem sie ständig neue Blätter bildet. Bei einem Fehlalarm wird die Pflanze auch beansprucht, aber nicht so stark: etwa 100 mal soll sich eine Blatt ohne Beutefang schließen und öffnen können.

3. Verbreitung und systematische Stellung

→ Kasten „Systematik und Vorkommen:
Gattung *Dionaea* Venusfliegenfalle“

Aufgrund ihres kleinen Verbreitungsgebiets, ihrer speziellen Lebensansprüche (Ansiedlungsversuche in geeignet scheinenden Lebensräumen scheiterten kläglich) sowie durch unerlaubtes Sammeln ist die Venusfliegenfalle in der Natur stark gefährdet.

4. Kulturhinweise

Das Substrat soll im Sommer ständig nass gehalten werden. Dazu Topf in Untersetzer mit saurem (z. B. Regenwasser) oder destilliertem Wasser stellen. Ganzjährig helle bis sonnige Fensterbank. Im Winter weniger feucht halten, aber Substrat nicht austrocknen lassen; gerne etwas kühler (10 °C). So lässt sie sich durchkultivieren.

Am natürlichen Standort zieht sie im Winter ein (Temperaturen um ca. 5 °C; Oktober bis März) und verträgt sogar kurzfristig Frost. Für Gesundheit und Wachstum der Pflanzen ist es gut, wenn man ihnen diese Gelegenheit zur Winterruhe bieten kann.

Boden: Eine Mischung aus einem Teil feinem Sand und einem Teil Torf (evt. mit lebendem *Sphagnum* um die Pflanze) ist empfehlenswert. Der Torfanteil lässt sich eventuell verringern und kann versuchsweise (teilweise) durch Kokosfaser ersetzt werden.

Düngung: Im Sommer gibt man alle sechs Wochen mit dem Gießwasser einen handelsüblichen stickstoffbetonten Dünger zu, wenn man die Pflanzen kräftigen will. Im Winter sollen die Pflanzen nicht gedüngt werden.

Systematik und Vorkommen:

Gattung *Dionaea*, Venusfliegenfalle
(Familie Droseraceae, Sonnentaugewächse)

monotypische Gattung: eine Art; Staude

Verbreitung: USA: Nord- und Süd-Carolina

Ökologie: auf Mooren der sandigen, kargen Kiefernwälder in Küstennähe

weitere Gattungen der Familie: 3,
→ Kasten bei *Drosera*



Fettkraut (*Pinguicula* 'Sethos')

Beobachtungen & Versuche

1. Morphologie

Im Gegensatz zu den zuvor vorgestellten beiden Gattungen ist das Fettkraut eine Insektivore der unauffälligeren Art. Wenn nicht kleine Fliegen auf der Blattoberfläche kleben geblieben sind, bietet sich ohne Lupe kaum ein Hinweis auf die Zusatznahrung dieser Gattung. Daher soll zunächst einmal die Blattoberfläche genauer angesehen werden.

Mit einer Binokularlupe (Auflichtlupe, ca. 20- bis 40-fache Vergrößerung) sind auf der Blattoberfläche stecknadel- bis pilzhutförmige gestielte Drüsen zu sehen, mit einem flüssigen (klebrigen) Tröpfchen an ihrer Spitze (besonders gut am Blattrand, bei seitlichem Blick auf das Blatt sichtbar; Abb. 9). Dazwischen lassen sich mit etwas Mühe oder höherer Vergrößerung sitzende Drüsen, kleine halbkugelige Hervorwölbungen, erkennen.

Hier liegt - im Unterschied zum sonst sehr ähnlich arbeitenden Sonnentau - eine weitgehende Arbeitsteilung zwischen (gestielten) Fang- und (sitzenden) Verdauungsdrüsen vor.

2. Fütterversuche

Möglichst lebende kleine Fliegen (z. B. *Drosophila*) oder Mücken werden auf die Blattoberfläche aufgebracht. Der Schleim der gestielten Drüsen hält die zappelnden Insekten fest. Befindet sich die Beute nahe am Blattrand, rollt sich das Blatt ein, sich über das Tier wölbend. Dadurch wird einerseits die Beute getötet (Kontakt mit vielen Fangdrüsen und Umhüllen der Beute mit Schleim, Verkleben der Atemöffnungen am Hinterleib des Insekts). Andererseits

entsteht ein gewisser Druck, der den Kontakt mit den sitzenden Verdauungsdrüsen herstellt.

Hintergrundinformationen

Das Fettkraut hat seinen deutschen Namen den fleischigen, matt gelbgrünen Blattrosetten zu verdanken, welche mit kleinen glänzenden Punkten bedeckt sind, die von den Sekreten der Schleimdrüsen stammen. Es ist eine „bescheidene“ insektivore Pflanze, die weder schnelle Bewegungen ausführt (wie *Dionaea*), noch auffällige klebrige Drüsenköpfchen aufweist (wie *Drosera*). Damit ist es als eine Aufforderung zur genaueren Beobachtung der versteckten Geheimnisse einer Pflanze geeignet, die mit einfachen apparativem Aufwand (Lupe) gelüftet werden können.

1. Verbreitung und systematische Stellung

→ Kasten „Systematik und Vorkommen: Gattung *Pinguicula* Fettkraut“

Die von uns gelieferte *Pinguicula* mit dem Sortennamen 'Sethos' ist eine Züchtung, die sich gut im Zimmer halten lässt, darüber hinaus eine regelmäßig hübsch rosa blühende Pflanze.

Sie vertritt neben dem Sonnentau *Drosera* die einzige andere mitteleuropäische Gattung einer terrestrischen Insektivoren. Im Wasser kommen noch zwei weitere insektivore Gattungen vor: der Wasserschlauch *Utricularia* und die Wasserfalle *Aldrovanda*. Alle heimischen Vertreter der vier erwähnten Gattungen sind mehr oder weniger selten und stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands. Sie gehören zwei verschiedenen, nicht näher verwandten Familien an (→ Systematik-Kästen bei *Drosera* und *Pinguicula*).

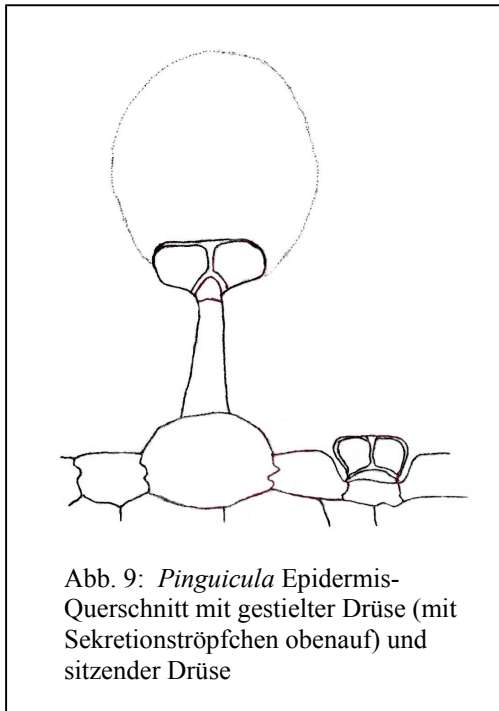


Abb. 9: *Pinguicula* Epidermis-Querschnitt mit gestielter Drüse (mit Sekretionströpfchen obenauf) und sitzender Drüse

2. Der Fangmechanismus

Die Falle des Fettkrauts (wie die des Sonnentaus) funktioniert wie ein klebriges Fliegenpapier, das auf passive Weise Beute fängt. Der Fallentyp wird daher als „passive Klebefalle“ bezeichnet. Andere Botaniker sind allerdings der Meinung, dass die auf den Fang folgenden Einroll-Bewegungen des Blattes den Status einer „aktiven Klebefalle“ rechtfertigen.

Ein gerade gefangenes Insekt regt die gestielten Drüsen zur Absonderung einer leicht sauren Flüssigkeit an, die auch einige Verdauungsenzyme enthält. Der Hauptteil an Enzymen wird allerdings von den sitzenden Drüsen produziert, die nun verstärkt aktiv werden. Die bald aus dem Insekt gelöste nährstoffreiche Flüssigkeit wird über die sitzenden Drüsen resorbiert.

3. Kulturhinweise

Im Sommer ständig feucht halten (in Schale mit saurem oder destilliertem Wasser stellen). Im Winter am besten bei 12 bis 15 °C einziehen lassen; eine Rosette kleiner

Winterblätter überdauert dann die Ruhezeit von Oktober bis März; nur alle vier Wochen leicht gießen. Ansonsten auch bei Zimmertemperatur durchkultivierbar: weniger feucht halten, aber Substrat nicht austrocknen lassen. Anfang März umtopfen (wenigstens alle zwei Jahre), danach Gießen beginnen. Ganzjährig helle bis sonnige Fensterbank.

Boden: Eine Mischung aus einem Teil Sand, einem Teil Torf und drei Teilen Kompost oder schwerer Gartenerde ist empfehlenswert. Der Torf kann eventuell (teilweise) durch Kokosfaser ersetzt werden.

Düngung: Im Sommer gibt man alle sechs Wochen mit dem Gießwasser einen handelsüblichen stickstoffbetonten Dünger zu, wenn man die Pflanzen kräftigen will. Im Winter nicht düngen.

Systematik und Vorkommen:

Gattung *Pinguicula*, Fettkraut

(Familie Lentibulariaceae, Wasserschlauchgewächse)

Gattung: ca. 50 Arten; alles insektivore ausdauernde Kräuter

Verbreitung: Europa, circumboreal auch Asien; Amerikas bis zur Antarktis

Ökologie: feuchte Stellen vom Flachland bis in die alpine Region

bei uns im Pflanzen-Abholprogramm:

- ◆ *Pinguicula* 'Sethos': eine Sorte, entstanden aus einer Hybriden der Eltern-Arten *P. moranensis* und *P. ehlersiae*; beide aus Mexiko
- ◆ *Pinguicula agnata*: Mexiko; nur hin und wieder im Programm; ähnlich

weitere Gattungen der Familie: 2

- *Utricularia*, Wasserschlauch: 180 Arten; kosmopolitisch, besonders Tropen
- *Genlisea*: 19 Arten; trop. Amerika & Afrika; S-Afrika, Madagaskar



Weitere Informationsquellen

Internet-Adressen zu Insektivoren

Es gibt ein reichhaltiges und nicht zu überschauendes Angebot an Informationen im Internet zu Insektivoren bzw. Carnivoren, wie immer von sehr unterschiedlicher Qualität. In der Suchmaschine Google.com erbrachte das Wort "Insektivoren" 810 Treffer, der Begriff "carnivorous plants" ergab gar 34 100 Treffer (Februar 2003).

Zahlreiche **private Liebhaberseiten** von Pflanzenhaltern bieten Photos zu allen auch nur halbwegs gängigen Arten sowie über ihre Links-Listen Zugang zu vielen anderen Seiten. Biologische Inhalte spielen dort nur hin und wieder eine größere Rolle. Dafür gibt es oft Pflegehinweise.

Beispiel: Peter's Carnivorous Plant Page: www.flytrap.demon.co.uk/oldindex.htm

Auch **Gärtnereibetriebe** bieten Dienste und Informationen an:

Beispiel: plantarara, Spezialgärtnerei für fleischfressende Pflanzen: www.plantarara.com

Die führenden **Gesellschaften** zu diesem Thema haben Seiten, die oft vor allem Mitglieder werben sollen.

Gesellschaft für Fleischfressende Pflanzen im deutschsprachigen Raum e.V., (G.F.P.):
www.carnivoren.org/de/index.html

International Carnivorous Plant Society: www.carnivorousplants.org

Ausgearbeitete **Unterrichtsmaterialien** liegen auf dem Schweizer Schulnetz-Server:

www.schulnetz.ch/unterrichten/fachbereiche/botanik/insekten_fresser/insektivoren.html

Medien des Landesmedienzentrums Hamburg

VHS-Videokassette "Fleischfressende Pflanzen": 19 min (Farbe); D 1998;
Bestell-Nr. 42 02241

Der Film stellt die weltweit wichtigsten fleischfressenden Pflanzen vor und zeigt ihre unterschiedlichen Beutefangmethoden. Mit Teller-, Klebe- und Kannenfallen fangen sie in der Hauptsache Insekten und Spinnen. Aber sie töten nicht nur, sie sind auch Nahrungsquelle, Lebensraum und Brutstätte für Tiere.

Diareihe "Fleischfressende Pflanzen": 14 Dias (Farbe); D 1964; Bestell-Nr. 10 00755

In Realaufnahmen wird der Nahrungserwerb fleischfressender Pflanzen anschaulich vor Augen geführt. Zu sehen sind: Sonnentau (auch mit gefangener Fliege), Venusfliegenfalle, Kannenpflanze, Fettkraut, u. a. Einzelheiten des Fang- und Verdauungsapparats werden dargestellt.

Literatur

Auch ohne Spezialliteratur lässt sich einiges an Informationen über insektivore Pflanzen aus den gängigen Nachschlagewerken der Botanik entnehmen (wie „Strasburger“, ABC-Biologie, Urania Pflanzenreich, Hegis Illustrierte Flora Mitteleuropas). Darüber hinaus wurden für diese Arbeitshilfe verwendet:

Darwin, C. (1875): *Insectivorous Plants*. - London: Murray

Heilbronn, A. (1949): *Fleischfressende Pflanzen*. - [Die Neue Brehm-Bücherei] Wittenberg: Ziemsen

Juniper, B. E., R. J. Robbins & D. M. Joel (1989): *The Carnivorous Plants*. - London: Academic Press

Mabberley, D. J. (1997): *The Plant-Book*. - Cambridge: Cambridge University Press

Schmucker, T. & Linnemann, G. (1959): Carnivorie. In: W. Ruhland (Hrsg.): *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. Band XI. Heterotrophie. S. 198-283 - Berlin: Springer

Simons, P. (1994): *Pflanzen in Bewegung*. - Basel: Birkhäuser

Slack, A. (1979): *Carnivorous Plants*. - London: Ebury Press

Walter, H. (1968): *Die Vegetation der Erde*. Bd. II. - Jena