universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander

Die Beziehungen der Pflanzen zueinander und zu den Tieren

Kraepelin, Karl

Leipzig, 1913

B. Die Beziehungen der Pflanzen zu den Tieren

urn:nbn:at:at-ubi:2-4981

iſt, das Verhältnis beider nicht ſowohl als Mutualismus, ſondern als Helotentum (Helotismus) auffaſſen müßte.

B. Die Beziehungen der Pflanzen zu den Tieren.

In dem gewaltigen Getriebe des organiſchen Lebens auf der Erde ſtehen Pflanzen und Tiere ſchon allein infolge der Verſchiedenheit ihrer chemiſchen Leiſtungen in einem weitgehenden Abhängigkeitsverhältnis zueinander. Daß die auf bereits organiſierte Nahrungsſtoffe angewieſene Tierwelt ohne die Pflanzenwelt überhaupt nicht zu exiſtieren vermag, bedarf keiner weiteren Ausführung. Aber auch den Pflanzen erwächſt unzweifelhaft aus den Prozeſſen des tieriſchen Stoffwechſels (Dungſtoffe durch Exkremente und durch Verweſung) und inſonderheit aus der beim Atmungsprozeß erzeugten Kohlenſäure ein weſentlicher Vorteil. Die Kohlenſäure, das Hauptnahrungsmittel der Pflanze, iſt bekanntlich nur in geringen Mengen (0,4 %) in der Luft enthalten, und wenn der Geſamtvorrat derſelben in der den Erdball umgebenden Atmoſphäre auch auf rund 3000 Billionen Kilogramm berechnet wird, ſo würden doch verhältnismäßig wenige Generationen der Erdvegetation genügen, um dieſen Vorrat aufzuzehren, wenn nicht fort und fort neue Mengen freier Kohlenſäure entſtänden und der Luft wieder zufloſſen. Abgeſehen von der Zerſetzung kohlenſaurer Mineralien der Gebirge, der Ausdünſtung der Vulkane, dem Verbrennen von Kohle ſeitens des Menſchen, geſchieht dies in erſter Linie durch den Atmungsprozeß der Pflanze ſelbſt, wie nicht minder nach ihrem Abſterben im langandauernden Verweſungsprozeß durch ihren Zerfall in einfachere chemiſche Verbindungen.[1]) Ungleich ſchneller aber erfolgt dieſer Abbau der hoch konſtituierten organiſchen Verbindungen bis herab zur Kohlenſäure, wenn die Pflanzenſubſtanz als Nahrungs- und Baumaterial in den Tierkörper übergeführt iſt, deſſen große Lebensenergie ja eine ungemein kräftige Oxydation der organiſchen Bauſtoffe des Körpers zur Vorausſetzung hat. So werden Tag für Tag durch den Atmungs-

1) Wie die gewaltigen Kohlenlager der Erde lehren, führt dieſer Zerſetzungsprozeß des Pflanzenkörpers durchaus nicht immer zur vollſtändigen Wieder-Oxydation des von der Pflanze durch Aſſimilation in ihrem Körper feſtgelegten Kohlenſtoffs. Man könnte daher geneigt ſein, infolgedeſſen eine allmähliche Abnahme des Kohlenſäuregehalts der Atmoſphäre im Laufe der Erdperioden anzunehmen, doch ſind zwingende Beweiſe hierfür nicht vorhanden. Iſt es doch auch möglich, daß die aus der unorganiſchen Natur der Luft dauernd zufließenden Kohlenſäuremengen der Hauptſache nach dem durch Bildung der Pflanzenkohle bedingten Ausfall die Wage halten.

prozeß der Tiere gewaltige Mengen freier Kohlenſäure der Atmoſphäre zugeführt, die dann der Pflanzenwelt unmittelbar wieder zugute kommen. Man hat daher wohl von einem zwiſchen Tier und Pflanze ſich abſpielenden „Kreislauf" der Kohlenſäure (wie auch des Sauerſtoffs) geſprochen.

Doch nicht dieſes große allgemeine Abhängigkeitsverhältnis zwiſchen Tier- und Pflanzenreich iſt es, das uns in der Folge beſchäftigen ſoll. Vielmehr wird es unſere Aufgabe ſein, alle die zahlreichen Beziehungen näher zu beleuchten, in welchen die Tiere und Pflanzen eines beſchränkten Wohngebiets als lebende Einzelweſen, als handelnde und leidende, von ihrer Umgebung tauſendfach beeinflußte Individualitäten zueinander ſtehen.

I. Feindliche Beziehungen zwiſchen Tier und Pflanze.

1. Pflanzenfreſſer[1] (Pflanzen-Raubtiere, Tieriſche Pflanzenparaſiten).

Unter den von animaliſcher Koſt ſich nährenden Tieren können wir ziemlich ſcharf zwiſchen Raubtieren und Paraſiten unterſcheiden, von denen die erſteren das Beutetier in jedem Falle töten, um es mehr oder weniger ganz zu verzehren, während die letzteren im allgemeinen das Streben haben, möglichſt lange auf Koſten ihres Opfers der Nahrungsſorge enthoben zu ſein und daher — wenn überhaupt — vielfach nur durch ihre Überzahl oder nach längerer Ausnutzung den Tod des „Wirtstieres" herbeiführen. Eine ſolche Unterſcheidung zwiſchen Tieren, welche die Pflanzen direkt töten und auffreſſen, alſo Pflanzen-Raubtieren, und ſolchen, welche nur paraſitiſch von deren Säften oder Organen ſich nähren, alſo tieriſchen Pflanzenſchmarotzern, iſt aus verſchiedenen Gründen nicht wohl durchzuführen. Es kommt hierbei in Betracht, daß, infolge der geringeren Differenzierung der Gewebe und der geringeren Lokaliſierung der wichtigſten Lebenstätigkeiten, die Vernichtung des Lebens der Pflanze in der Regel nicht ſo einfach iſt wie bei den Tieren; auch iſt zu beachten, daß zahlreiche Pflanzen, ähnlich den Stöcken der niederen Tiere, als aus vielen faſt ſelbſtändigen Individualitäten zuſammengeſetzt aufgefaßt werden müſſen, die ſich in ihren Schickſalen gegenſeitig nur wenig beeinfluſſen. Mögen daher auch zahlreiche Blätter, Früchte, ja ganze Zweige etwa eines Baumes ver-

1) Eckſtein, K.: Forſtliche Zoologie, Berlin 1897. Frank, A. B.: Die tierparaſitären Krankheiten der Pflanzen. 2. Aufl., Berlin 1896. Judeich und Nitſche: Lehrbuch der mitteleuropäiſchen Forſtinſektenkunde. 2 Bde., Berlin 1895. Rüßlin, O.: Leitfaden der Forſtinſektenkunde. 2. Aufl., Berlin 1913.

nichtet und verzehrt werden, ſo iſt damit der Tod des Geſamtbaumes noch keineswegs beſiegelt; und ſelbſt wenn ein großes Pflanzen-Raubtier, etwa eine Kuh, die geſamten oberirdiſchen Teile der Gräſer und Stauden einer Wieſe in ihren gewaltigen Magen verſchwinden läßt, ſo iſt damit noch lange nicht geſagt, daß nicht alsbald aus unterirdiſchem Wurzelſtock neue, lebenskräftige Schößlinge derſelben Pflanzenindividuen hervorſprießen. Es ſoll durch dieſe Hinweiſe natürlich nicht geleugnet werden, daß gewiſſe Pflanzen unter Umſtänden geradeſo durch übermächtige Eingriffe großer „Räuber" total vernichtet werden könnten, wie die Beutetiere der Raubtiere: das iſt ja zweifellos der Fall, wenn beiſpielsweiſe die weidende Kuh einjährige Pflanzen ganz aus dem Boden zieht oder abbeißt, oder wenn der Engerling die Pfahlwurzel des jungen Tannenbäumchens zerfrißt. Auch offenbare Paraſiten kann man gewiß unterſcheiden, die ſich ſogar, ganz wie bei den Tierſchmarotzern, in Ektoparaſiten (die Blattläuſe, Schildläuſe, Zikaden uſw.) und in Endoparaſiten (die Minierer, Borkenkäfer, Holzbohrer, Obſtmaden uſw.) trennen laſſen. Allein die angeführten Extreme ſind durch ein ſolches Heer von unklaſſifizierbaren Verzehrern pflanzlicher Stoffe verbunden, daß jeder Verſuch, hier ſcharfe Grenzen zu ziehen, als unnatürlich aufgegeben werden muß.

Das Quantum lebender Pflanzenſubſtanz, das Tag für Tag von den Tieren vertilgt wird, iſt ein ganz ungeheures, da auf ihr ja die Exiſtenz der geſamten Tierwelt mit Einſchluß der Raubtiere beruht. Was eine einzige Herde Affen oder gar Elefanten in einer Nacht in den Pflanzungen der Tropen vernichten kann, wie der nach Milliarden von Individuen zählende Heuſchreckenſchwarm binnen wenigen Minuten weite, blühende Gefilde in graue Wüſte verwandelt, iſt oft geſchildert worden. Aber auch in Europa iſt der Wild- und Forſtſchaden ein ſtehendes Kapitel, und Tauſende von Quadratkilometern Landes müſſen einzig und allein für die Ernährung unſeres Viehſtandes bereitgeſtellt werden.

Während die größeren Tiere, wie namentlich die Huftiere und manche Nagetiere unter den Säugetieren, aber auch die Heuſchrecken vorwiegend die ganze Pflanze oder doch deren ſaftige Teile verzehren, pflegen ſich die kleineren, von den Vögeln bis herab zu den Inſekten und Schnecken, mehr zu ſpezialiſieren, indem ſie bald dieſe bald jene Organe der Pflanze als Nahrung bevorzugen.[1]) Schnecken, Raupen,

1) Vgl. Literatur auf S. 31, ferner: Kaltenbach, J. H.: Die Pflanzenfeinde aus der Klaſſe d. Inſekten, Stuttgart 1874. Ritzema Bos, J.: Tieriſche Schädlinge und Nützlinge, Berlin 1891.

Blattweſpenraupen, zahlreiche Käfer und deren Larven haben es vornehmlich auf die Blätter der Pflanzen abgeſehen, wobei nicht ſelten von den einzelnen Arten nur ganz beſtimmte Pflanzenſpezies zum Fraß ausgewählt werden. Als Verwüſter der Nadelwaldungen kennen wir die Raupen der Nonne, der Forleule, des Kiefernſpinners, des Kiefernſpanners, der Kiefernblattweſpe und vieler anderer, als Zerſtörer des Laubes den Maikäfer, die Blattkäfer und deren Larven, die Raupen des Buchenſpinners, des Goldafters, Schwammſpinners, Eichenprozeſſionsſpinners uſw. An unſeren Obſtbäumen freſſen die Raupen des Ringelſpinners und des Goldafters, an unſeren Kohlpflanzen die der Weißlinge und der Kohleule. Samen und Früchte werden namentlich von vielen Vögeln verſpeiſt, wie Nuß- und Eichelhäher, Kernbeißer, Kreuzſchnabel, Diſtelfink, Droſſeln (Beerenfrüchte), während das Heer der Inſekten mehr ſchmarotzend in deren Innerem lebt, wie die bekannten Wicklerraupen unſerer Äpfel, Birnen und Pflaumen, die Larven der Kirſchenfliege (Spilographa), des Haſelnußbohrers (Balaninus), des Himbeerkäfers (Byturus), der Erbſen- und Linſenkäfer, des Getreiderüßlers (Calandra), des „Kleeſpitzmäuschens" (Apion), der Weizengallmücke (Diplosis) uſw. beweiſen mögen. Selbſt eine Gattung der Fadenwürmer (Tylenchus tritici) hat ſich das Innere des Getreidekornes (Abb. 22) zum Aufenthalt auserſehen, wie denn neben den reifenden Früchten auch vielfach der Blütenboden, die Blüten- und Blattknoſpen (Froſtſpanner, Blütenſtecher oder Anthonomus) von tieriſchen Schmarotzern befallen werden. An grünen Stengelorganen wie auch an den Blättern und Zweigen ſaugen die Blattläuſe, Schildläuſe, Zikaden, Wanzen, an oder in den Halmen hauſen die Heſſenfliege (Cecidomyia destructor), die Halmfliege (Chlorops taeniopus), die Stengelälchen, im Inneren der Zweige die Larven vieler Bockkäfer, Seſien, Wickler uſw. Der feſte Stamm wird von verſchiedenen Borken- und Splintkäfern, den Bockkäfern, Rüſſelkäfern (die auch oft Rinde nagen), Holzbohrern (Anobium), Weidenbohrern, Holzweſpen heimgeſucht, und nicht geringer iſt die Zahl derer, die, wie die Engerlinge, die Maulwurfsgrille, die Reblaus und andere Wurzelläuſe, die Saatſchnellkäferlarven, die Zwiebelfliegen (Merodon, Eumerus, Anthomyia), Möhrenfliegen (Psila rosae), Radieschenfliegen (Anthomyia radicum), die Rübenälchen (Heterodera schachti) uſw. uſw. den unterirdiſchen

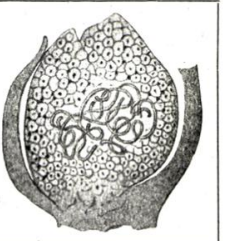


Abb. 22. Weizenälchen in einem Getreidefruchtknoten.

Organen der Pflanze zu Leibe gehen. Mit einem Wort, es existiert keine Pflanze, kein Pflanzenorgan, das nicht von irgendwelchen Tieren als Nahrungsquelle begehrt würde.

Eine besondere Erwähnung verdienen an dieser Stelle die Gallen[1]) der Pflanzen und ihre Erzeuger. Bereits im I. Teile dieses Werkchens wurde auf die große Zahl der Tierformen hingewiesen, welche solche Gallen hervorrufen, und zwar, wie es nach neueren Untersuchungen wenigstens bei den Gallwespen scheint, durch den Reiz, den das Sekret der Malpighischen Gefäße der Larven auf das Pflanzengewebe ausübt. Da es sich um eine Wucherung des letzteren handelt, von der die Larve sich nährt, so werden wir nicht umhin können, die Gallentiere als echte Parasiten der Pflanzen in Anspruch zu nehmen. Was aber die ganze Erscheinung vom Parasitismus trennt und fast an symbiotische Verhältnisse gemahnt, das ist die merkwürdige Tatsache, daß nicht wenige Pflanzen an ihren Gallen, offenbar zum Nutzen des im Inneren verborgenen Parasiten, Schutzvorrichtungen gegen den Angriff von Feinden ausgebildet haben. Hierher gehört die oft sehr harte äußere Rinde vieler Gallen, bzw. eine innere Steinschicht um die Wohnkammer (Cynips kollari, tinctoria usw.), die Häufung des bitteren Gerbstoffes, die Produktion langer, oft Klebstoffe absondernder Fransengebilde (Rhodites rosae usw.), die Ausscheidung von Honigsäften (Cynips quercus mellariae usw.) zur Anlockung von Ameisen als Schutzgarde usf. Wodurch die Pflanzen zur Hervorbringung derartiger Schutzvorrichtungen veranlaßt wurden, entzieht sich unserer Kenntnis. Nur in einzelnen Fällen scheint die Galle der Pflanze von direktem Nutzen zu sein, wie z. B. bei Poa nemoralis, wo sie Veranlassung zur Bildung von Wurzeln an den Stengelgliedern und damit von neuen Stecklingen gibt.

Wie die Pflanzenwelt des festen Landes, so ist auch die des *süßen* und des *Meerwassers* der Ausnutzung durch die Tierwelt ausgesetzt. Namentlich kommen hierbei die einzelligen niederen Algen in Betracht, die im Meere, bei dem völligen Fehlen sonstigen Pflanzenlebens auf hoher See, als die eigentliche *Grundlage* und Quelle der gesamten Formenmannigfaltigkeit des *marinen Tierlebens* zu betrachten sind. Mögen die ersten Vertilger dieser Myriaden von Diatomeen, Desmidiaceen, Peridineen, Oscillarien usw. auch mikroskopische Protozoen, Rädertierchen, Larven und vor allem Crustaceen (Copepoden, Clado-

1) Vgl. Küster, E.: Die Gallen der Pflanzen, Leipzig 1911, sowie Roß, H.: Die Pflanzengallen (Cecidien) Mittel- und Nordeuropas, Jena 1911. — Größere Werke über Gallen sind sodann noch von *Houard*, *Hieronymus*, *Kieffer*, *Rübsamen* usw. veröffentlicht.

ceren) ſein: ſie dienen wieder größeren zur Nahrung, den Floſſenfüßern, Kielfüßern, Jungfiſchen, Heringsarten uſw., bis ſchließlich, unter Einſchaltung oft noch weiterer Zwiſchenſtufen, auch der Appetit der größten und gefräßigſten unter ihnen, der Wale und Haie, befriedigt werden kann.

Kurz hervorgehoben mag noch werden, daß die Pflanzen infolge ihres Feſtgewurzeltſeins vielfach auch rein *mechaniſche* Schädigungen ſeitens der Tiere erleiden, wie ſolche in ähnlichem Maße bei den Tieren nicht annähernd zu beobachten ſind. Wühlmäuſe und Maulwürfe entblößen die zarten Wurzeln vom Erdreich, hindern deren Funktion und bringen ſie zum Eintrocknen. Wo ein Rhinozeros, eine Büffel- oder Elefantenherde hintritt, da wächſt, ſozuſagen, kein Gras, und auch die Reiher, Kormorane, Krähen uſw. können durch die Maſſenhaftigkeit des Kotes ihrer Horſtkolonien die von ihnen beſiedelten Bäume ernſtlich ſchädigen. Einer beſonderen Erwähnung bedarf hier auch der Biber, der durch Fällen der Bäume für ſeine Deichbauten ganze Lichtungen in den Urwäldern zu ſchaffen vermag.

a) Schutz- und Trutzmittel der Pflanzen gegen die Tiere.[1])

Die Erkenntnis, daß die Pflanze der ins Unermeßliche gehenden Ausbeutung durch die Tiere im Laufe von Jahrmillionen nicht reaktionslos gegenübergeſtanden hat, ſondern in der verſchiedenſten Weiſe mannigfache Schutzmittel ausbildete, die ſich in vieler Beziehung den früher beſprochenen Schutzmitteln der Beutetiere an die Seite ſtellen laſſen, iſt verhältnismäßig jungen Datums; ſie hat uns das Verſtändnis einer Fülle von Einrichtungen und Erſcheinungen des pflanzlichen Organismus erſchloſſen, deren Bedeutung bis dahin vollkommen rätſelhaft erſchien.

Natürlich werden wir bei der im Boden wurzelnden Pflanze eine ganze Reihe von Mitteln kaum entwickelt finden, durch welche das Beutetier ſeinen Verfolgern zu entgehen ſtrebt. So vor allem die *Flucht* und das *Verſteck*, da eben die höhere Pflanze an den Standort gebannt iſt und auch, infolge ihrer Abhängigkeit vom Licht, nicht einmal

1) Vgl. Errera, L.: Un ordre de recherches trop négligé. L'efficacité des structures défensives des plantes. Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique XXV, Bruxelles 1886. Kerner v. Marilaun, A.: Die Schutzmittel der Blüten gegen unberufene Gäſte. 2 Aufl. Innsbruck 1879. Räuber, A.: Die natürlichen Schutzmittel der Rinden unſerer einheimiſchen Holzgewächſe gegen Beſchädigungen durch die im Walde lebenden Säugetiere. Jenaiſche Zeitſchrift 46, 1910. Stahl, E.: Pflanzen und Schnecken. Eine biologiſche Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfraß. Jena 1888.

imſtande wäre, an beſonders verſteckten Örtlichkeiten, wie Höhlen uſw., ihr Daſein zu friſten. In gewiſſem Sinne läßt ſich indes wohl der unzugängliche Standort vieler Pflanzen an ſteilen Felswänden und Mauern der Flucht vor den Feinden vergleichen, und auch das namentlich bei Holzgewächſen übliche Hinauswachſen über das Größenmaß der Landtiere könnte man als wirkſamen Schutz der in den Kronen entwickelten Blätter, Blüten und Früchte anſehen, wenn nicht die Not des Daſeins zahlloſe Tiere infolgedeſſen mit Hilfsorganen ausgeſtattet hätte, die es ihnen als Kletter- und Flugtieren ermöglichen, ihr Nahrungsbedürfnis auch in jenen luftigen Regionen der Baumwipfel zu befriedigen. Zudem iſt nicht zu vergeſſen, daß für das Himmelanſtreben der Pflanze jedenfalls noch ein anderer Faktor von maßgebender Bedeutung war: das Bedürfnis, im Kampfe mit den konkurrierenden Mitpflanzen die aſſimilierenden Organe möglichſt unbehindert dem für den Chemismus der Pflanze ſo unentbehrlichem Lichte darzubieten. — Wenn infolge des Lichtbedürfniſſes ein Sichverſtecken der *ganzen* Pflanze auch unmöglich iſt, ſo hat ſie es doch vielfach erreicht, daß wenigſtens wichtigere Teile, wie die als Nahrungsſpeicher dienenden Zwiebeln, Knollen und Rhizome im Schoße der Erde geborgen ſind. Auch die Früchte reifen zuweilen unterirdiſch, ſei es, daß nur dieſe eine Art von Erdfrüchten erzeugt wird (Geokarpie), wie bei der Erdnuß und anderen Papilionaceen (vgl. S. 11), ſei es, daß daneben auch noch oberirdiſche Früchte zur Entwickelung kommen (Amphikarpie), wie bei manchen Wicken (Vicia angustifolia, lutea, narbonensis), Platterbſen, Schaumkrautarten (Cardamine chenopodifolia uſw.). Bei manchen Arten kann zweifellos auch die Anſiedelung in dichtem Geſtrüpp und in Hecken, oder die Vergeſellſchaftung Tauſender von Individuen als Äquivalent des Sichverſteckens der Tiere betrachtet werden.

Weit beſſer laſſen ſich den diesbezüglichen Verhältniſſen im Tierreich diejenigen Einrichtungen der Pflanze an die Seite ſtellen, die dazu dienen ſollen, durch *Einwirkung auf die Sinne* den Tieren die Luſt zum Freſſen zu nehmen.

Schon der *Geruch* ſpielt hierbei eine nicht unweſentliche Rolle. Die ätheriſchen Öle vieler Labiaten und Umbelliferen, wie der Salbei, des Thymians, der Lavendel, des Fenchel, Koriander, die Allylverbindungen des Knoblauchs, der Zwiebeln, die widrigen Ausdünſtungen des Hanf, des Stechapfels, des Bilſenkrautes, des Schierlings, der Oſterluzei und zahlreicher anderer Pflanzen ſind wohl geeignet, eine Menge nahrungsgieriger Feinde abzuſchrecken.

Noch verbreiteter ſind die mannigfachen Vorrichtungen, welche dem

freſſenden Tiere den Appetit verderben ſollen. Im allgemeinen laſſen ſich dieſe Schutzmittel in mechaniſch wirkende und in chemiſche unterſcheiden. Zu erſterer Gruppe gehört zunächſt ſchon die dicke feſte Korkrinde, mit welcher die Pflanze ältere Achſenorgane umgibt und da namentlich die zarte Kambiumſchicht als den Sitz der wichtigſten Lebensfunktionen zu ſchützen vermag. Auch die feſte Cuticularſchicht der lederartigen, immergrünen Blätter wird in gleicher Weiſe die Angriffsgefahr herabmindern. Vor allem aber erweiſen ſich reichliche Einlagerungen von Kieſelſäure und Kalkſalzen in die Gewebe als wirkſamſter Schutz gegen das Gefreſſenwerden. So wiſſen wir in bezug auf die reich mit Kieſelſäure beladenen Schachtelhalme, Riedgräſer und mancher Gräſer, daß ſie vom Weidevieh verſchmäht merden, ja das Borſtengras (Nardus stricta) mit ſeinen ſtechenden Blättern wird von den Kühen der Alpentriften ſogar vorſichtig ausgeriſſen, ehe ſie ſich die dazwiſchen ſprießenden Kräuter und zarteren Gräſer zu Gemüte führen. Mit Kalkſalzen ſind manche Pflanzen, wie namentlich gewiſſe Steinbrecharten (Saxifraga aizoon, mutata, cotyledon uſw.) und Erysimum-Arten dergeſtalt beladen, daß dieſelben als ſtarre Plättchen auf der Oberfläche der Blätter zutage treten. Weit häufiger aber ſind die ſog. Raphiden, d. h. kleine, nadelförmige Kriſtällchen aus oxalſaurem Kalk, welche bündelweiſe im Inneren der Zellen lagern (Abb. 23) und, wie die Erfahrung lehrt, die Schleimhäute der ſie freſſenden Tiere verwunden. Unter den Dikotyledonen erfreuen ſich beſonders die Rubiaceen, d. h. die Waldmeiſter- und Labkrautarten, der Weinſtock, die Weidenröschen (Epilobium, Circaea, Fuchſien) dieſes Schutzes, unter den Monokotyledonen die Rohrkolben, der Aronsſtab, die Calla, die Orchideen, Schneeglöckchen und viele andere Zwiebelgewächſe. Namentlich Schnecken zeigen nach den Unterſuchungen Stahls gegen den Genuß raphidenreicher Pflanzenteile die ſtärkſte Abneigung, aber auch Kaninchen gingen nach deren Darreichung zugrunde, und ſelbſt der Menſch verſpürt nach dem Genuß des Aronsſtabes ein heftiges Brennen der Schleimhäute.

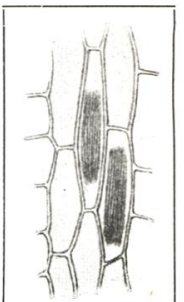


Abb. 23. Pflanzenzellen mit Raphiden.

Zu den chemiſchen Mitteln, durch welche die Pflanze ſich vor dem Gefreſſenwerden zu ſchützen ſucht, gehört ein ganzes Arſenal der verſchiedenſten Subſtanzen, die uns zum nicht geringen Teile als wirkſame Arzneiſtoffe und Gifte geläufig ſind. Außerordentlich verbreitet als Appetitsverderber des pflanzlichen Gewebes ſind die verſchiedenen

Gerbſäuren mit ihrem herben, zuſammenziehenden Geſchmack. Unſere Eichen, Birken, Pappeln, Erlen ſind reich daran, aber auch im Quebrachoholz, in den Sumacharten, in der Katechu-Mimoſe, in der Chinarinde, im Tee uſw. finden ſich große Mengen davon. Durch ihre Säure ſchrecken ab der Sauerampfer, der Sauerklee, die Begonien. Die ätheriſchen Öle, die zugleich auch ſtarken Geruch zu verbreiten pflegen, den Inſekten aber nicht unangenehm zu ſein ſcheinen, wurden ſchon oben erwähnt; ſie finden ſich namentlich bei vielen Lippenblütlern, Doldenpflanzen und Kreuzblütlern, ſodann auch im Waldmeiſter, im Ruchgras, in den Kamillen, dem Rainfarn, dem Kampferbaum uſw. Bitterſtoffe ſchützen die Enziane, das Tauſendgüldenkraut, die Arnica, Preißelbeere, manche Hahnenfußgewächſe, die Farne, Lebermooſe uſw., Glykoſide die Nachtſchattengewächſe, den Fingerhut, die Nieswurz, den Kalmus, die Einbeere, die bittere Mandel, den Kirſchlorbeer und viele andere. Nicht minder verbreitet ſind die Alkaloide, zu denen ja viele der ſtärkſten Pflanzengifte gehören. Erwähnt ſeien hier nur die Alkaloide der Ranunculaceen (Caltha, Aconitum), der Mohngewächſe (Papaver, Chelidonium), der Nachtſchattengewächſe (Tabak, Tollkirſche, Stechapfel, Bilſenkraut), des Schierlings, der Herbſtzeitloſe, der Krähennuß (Strychnos nux vomica), neben denen auch die Milchſäfte vieler Euphorbien (z. B. des Manzanillenbaumes Hippomane Südamerikas) als giftig zu nennen ſind.

Zu bemerken iſt bei dieſen mechaniſchen und chemiſchen Stoffen, welche das Pflanzengewebe vor den Angriffen der Tiere ſchützen ſollen, daß ſie ſämtlich keinen vollkommenen Schutz gewähren, ſondern nur die große Maſſe oder gewiſſe Gruppen von Tieren abzuwehren vermögen, wohingegen andere ſich nicht oder kaum in ihren Angriffen ſtören laſſen. Dies gilt beiſpielsweiſe von den durch Raphiden (namentlich gegen Schnecken geſchützten) Labkräutern, die mit Vorliebe von gewiſſen Schwärmerraupen (Sphinx galii, elpenor uſw.) gefreſſen werden; dies gilt aber auch für die furchtbarſten Gifte, die das Pflanzenreich hervorzubringen vermocht hat, wie denn z. B. die Beeren der Tollkirſche ohne Schaden von den Amſeln und Droſſeln, deren Blätter von einem Erdfloh (Haltica atropae) verzehrt werden, und ſelbſt die Krähennuß mit dem ſchrecklichen Strychnin in den Nashornvögeln ihre Liebhaber findet. Dennoch dürfen wir annehmen, daß der der Pflanze nötige Schutz durch dieſe „Anpaſſungen" einzelner Tierarten ſelbſt an ſonſt tödlich wirkende Gifte nicht illuſoriſch wird, da immerhin dem Anſturm der Maſſe ein Riegel vorgeſchoben iſt, und die Individuen einer Art niemals in ſolcher Menge auftreten, daß ſie das Fortbeſtehen

der Pflanzenart — und hierauf kommt es an — durch ihr Freſſen gefährden könnten. Schon lange vor der Ausrottung der Pflanze würden die auf ſie allein angewieſenen Tiere in furchtbarſter Weiſe durch Nahrungsmangel dezimiert werden (Selbſtregulierung).

Erwähnt ſei ſchließlich noch, daß manche der durch Giftſtoffe geſchützten Pflanzen, ganz wie gewiſſe Tiere, nun auch „Warnfarben" ausgebildet zu haben ſcheinen, um ſich den Pflanzenfreſſern leichter kenntlich zu machen. Man rechnet hierher die Scharlachfarbe der Pfefferſchote (Capsicum), der Beeren des Kellerhals (Daphne), des Fliegenpilzes, mancher Gallen, die roten Flecke des Schierlingsſtengels wie des betäubenden Kälberkropfes. Von den Javanern erzählt man, daß ſie ihre Äcker durch eine Hecke rotblütiger Pflanzen gegen Wildſchweine zu ſchützen pflegen.

Auch die Nachahmung wehrhafter Pflanzen ſeitens harmloſer und ungeſchützter Formen, eine Abwehrmethode, die wir ja bei den Tieren als Mimicry ſo mannigfaltig entwickelt ſahen, iſt zuweilen unverkennbar (Lamium, Campanula trachelium), wie denn ja ſchon der Volksmund die große Ähnlichkeit gewiſſer Lippenblütler mit der wehrhaften Brenneſſel durch die Bezeichnung „taube Neſſel" charakteriſiert hat Dem giftigen Fliegenpilze gleicht der wohlſchmeckende Kaiſerling, den giftigen Milchlingen (Lactarius torminosus) der köſtliche Reizker (L. deliciosus).

Was nun des weiteren die Trutzmittel der Pflanze betrifft, ſo wurde auf die feſte Borkenpanzerung der Holzſtämme, die dicke Cuticularſchicht der immergrünen Blätter ſchon bei den Schutzmitteln gegen das Gefreſſenwerden hingewieſen. Hinzugefügt mag hier nur werden, daß ebenſo auch zahlreiche Früchte und Samen (Haſelnuß, Walnuß, Kokosnuß, Samen der Beerenfrüchte) durch äußerſt feſte und widerſtandsfähige Schalen vor der Hauptmaſſe ihrer Feinde geſchützt ſind. Weitaus die häufigſten Trutzmittel aber erkennen wir in Bildungen, welche, nach Art des Stachelkleides der Seeigel, Igel, Stachelſchweine uſw., dazu dienen, das angreifende Tier zu verwunden und damit zurückzuſchrecken. Die Mannigfaltigkeit der Ausbildung dieſer Dornen, Stacheln, Stechborſten, Brennhaare uſw. iſt außerordentlich groß, und ebenſo die Zahl der Pflanzenformen, die ſich dieſer Abwehrmittel zu erfreuen haben. Namentlich Steppen- und Wüſtengegenden, in denen infolge der Ungunſt der klimatiſchen Verhältniſſe die ſpärlichen Blätter eines beſonderen Schutzes bedürfen, ſind reich an ſolchen Stechpflanzen; nach Stapf beſitzt z. B. allein die Flora von Iran nicht weniger als 500 Spezies derſelben. Außer Früchten (echte Kaſtanien, Roßkaſtanien,

Stechapfel uſw.) bedürfen beſonders die grünen, ſaftigen Teile der Pflanze, die Blätter und grünen Stengel, des Schutzes, und zwar kann man im allgemeinen unterſcheiden zwiſchen Organen, die ihre eigenen Waffen tragen, und ſolchen, die nur von anderen, dornigen Gebilden benachbarter Teile geſchützt werden. Von Pflanzen, die völlig der grünen Blätter entbehren, deren Aſſimilation alſo durch grüne Stengelorgane beſorgt wird, ſind vor allem die Cacteen und baumförmigen Euphorbien mit ihrer aus umgewandelten Blättern gebildeten Dornenbewaffnung, ſodann die Ruscus-Arten, gewiſſe Spargelarten (Asparagus horridus) und die ſüdamerikaniſchen Colletien zu nennen. Die Blätter ſelbſt ſind, wo ſie auftreten, häufig nur durch eine ſtechende dolchartige Spitze geſchützt, ſo bei vielen Juncus-Arten und Gräſern, manchen Sempervivum, den Yucca uſw.; bei zahlreichen Gräſern und Riedgräſern ſind die beiden Seitenränder durch Einlagerung von Kieſelſäure ſcharf und ſchneidend gemacht, oder ſie haben die Geſtalt einer ſtacheligen Säge angenommen, wie die der Agaven, Bromelien, Aloë und der in unſerem Süßwaſſer heimiſchen Waſſeraloë (Stratiotes). Sehr charakteriſtiſch iſt die Bedornung der Blätter unſerer Diſtelarten, vieler Solaneen, des Acanthus uſw., wo außer den dornſpitzigen Blattzipfeln oft auch auf der Fläche Dornen zur Ausbildung gelangen. Mit einfachen Stechborſten begnügen ſich die Rauhblätter, wie der Natterkopf, der Beinwell, der Boretſch, und noch wieder andere wiſſen ſich durch dichten Haarfilz (Verbascum, Stachys-Arten) dem Angreifer unangenehm zu machen. Zu den Pflanzen, deren Blätter unbewehrt ſind, aber durch ſie überragende Dornen der verholzten Zweige geſchützt werden, gehören viele unſerer Heckenſträucher, der Schlehdorn, der Weißdorn, die Berberitze, der Sanddorn (Hippophaë), die wilden Apfel- und Birnbäume und manche Genista- und Cytisus-Arten. Bei den Mimoſen ziehen ſich die Blätter durch Zuſammenklappen und Abwärtsbiegen geradezu unter die nun frei hervorſtarrenden Dornen zurück. Einen Übergang zwiſchen beiden Gruppen bilden gewiſſermaßen die Palmen mit ihren ſtacheligen Blattſtielen. Bei den Roſen und Brombeeren ſind vornehmlich die Schößlinge ſowie auch die grünen Stengelorgane mit Stacheln beſetzt, und bei der Akazie (Robinia) ſitzen am Grunde des Blattſtiels zwei zu Stacheln umgewandelte Nebenblätter.

Die bisher betrachteten Stechorgane der Pflanze gleichen den einfachen Stiletten der Seeigel, Igel und Stachelſchweine; aber auch Vorrichtungen, die ſich den im Tierreiche ſo verbreiteten Giftwaffen — der Verbindung von Gift und Dolch — an die Seite ſtellen laſſen, ſind im Pflanzenreiche nicht eben ſelten. Von einheimiſchen Formen

gehören hierher allerdings nur die Brennesseln, deren Brennhaare (Abb. 24) beim Abbrechen mit feiner glassplitterartiger Spitze in die Wunde dringen und dabei einen brennenden, Ameisensäure und ein giftiges Enzym enthaltenden Saft ausfließen lassen. Solcher Nesseln kennt man bereits über 100 Arten, die zum Teil weit gefährlicher wirken, als die einheimischen Formen. Wird doch beispielsweise von der javanischen Urtica stimulans berichtet, daß ihr Stich sogar Starrkrampf erzeugen kann, und die Urtica urentissima von Timor soll jahrelang die wütendsten Schmerzen verursachen. Neben den Nesseln sind dann noch die gefürchteten Brennwinden (Loasaceen), die in etwa 100 Arten im tropischen Amerika verbreitet sind, mit ähnlichen Vorrichtungen versehen. Andere Pflanzen, wie die Brennpalme (Caryota), die Zuckerpalme (Arenga), der äthiopische Pfefferbaum (Habzelia), der Upasbaum (Antiaris toxicaria) usw. sind durch Brennsäfte geschützt.

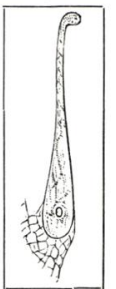


Abb. 24. Brennhaar der Brennessel.

Von Interesse ist es, daß manche Pflanzen ihre Abwehrmittel nur bis zu der Höhe entwickeln, bis zu welcher die Weidetiere das Laub zu erreichen vermögen. So ist es bei den wilden Birnbäumen und Prunus-Arten mit ihren Zweigdornen, so auch bei der Stechpalme, deren Krone dornenlose Blätter trägt.

Ein absoluter Schutz wird natürlich auch durch die Ausbildung von Waffen nicht erreicht. Wissen wir doch, daß der Esel selbst die stachligste Distel nicht verschmäht, daß die verwilderten Pferde der mexikanischen Steppe die stachelstarrenden Kaktuszweige mit den Hufen abschlagen, um an dem austretenden Saft den Durst zu löschen, und daß die Raupen des kleinen Fuchs gerade die Nesselblätter trotz ihrer Brennhaare zur Nahrung wählen.

Wenn die zuletzt betrachteten Schutzmittel vorwiegend der Abwehr der großen Pflanzenfresser dienen, so kennen wir endlich noch eine Reihe von Einrichtungen, welche ausschließlich gegen das Heer der ungeflügelten Insekten und das Emporklimmen derselben am Stengel gerichtet sind, vornehmlich wohl, um diese zu verhindern, sich des in den Blüten für andere Zwecke ausgeschiedenen Honigs zu bemächtigen. In erster Linie kommen hier Hindernisse in Betracht, die meist unter den Knoten der Stengelglieder angebracht sind, und die entweder aus einer Zone starrer, abwärts gerichteter Borsten bestehen (Galeopsis), oder aber aus einem Klebringe, der ganz den Leimringen der Forstleute und Obstzüchter entspricht und am besten

bei der Pechnelke (Lychnis viscaria), aber auch bei Silene viscosa und nutans, Robinia viscosa usw. zu beobachten ist. Statt des Stengelringes sind oft auch Grundblätter (Primula glutinosa, viscosa), Laubblätter (Senecio viscosus) und Hochblätter nebst Kelchblättern (Collomia, Cerastium glutinosum usw.) klebrig, oder ein Wachsüberzug des Stengels verhindert das Emporklettern (Salix daphnoides). Auch Isolierung der oberen Stengelglieder durch Wasserbecken, die von den am Grunde miteinander verwachsenen gegenständigen Blättern (Dipsacus, Silphium, Gentiana lutea) oder durch Blattrosetten (Bromeliaceen) gebildet werden, ist nicht selten, und der beim Salat aus den Blattstielen schon bei leisester Berührung austretende Milchsaft ist geeignet, die emporkriechenden Insekten festzuleimen. — Sehr mannigfache Vorrichtungen zum Schutz der inneren Organe hat dann auch die Blüte selbst aufzuweisen, sei es, daß sie den Zugang zum Inneren oder doch zu gewissen Teilen durch die Form und Stellung der Blumenkrone, bzw. durch die Stellung der Blütenteile zueinander erschwert, sei es, daß sie besondere Haardickichte (Menyanthes, Thymus), reusenartige Haarringe (Lamium, Stachys, Borraginaceen) oder Schuppen (Myosotis, Lithospermum, Omphalodes usw.) und Höcker (Galeopsis) zu gleichem Zwecke ausgebildet hat.

Als wunderbarste Erscheinung in dem Kapitel der Schutzvorrichtungen glaubte man eine Zeitlang die Beziehungen gewisser Ameisen zu bestimmten Pflanzenarten auffassen zu sollen, indem man annahm, daß die Pflanzen in diesen Ameisen sich geradezu eine Schutzgarde gegen ihre Feinde herangezüchtet hätten. Neuere Beobachtungen lassen diese Beziehungen weniger innig erscheinen; immerhin sollen sie in einem späteren Kapitel über die freundlichen Beziehungen zwischen Tier und Pflanze näher besprochen werden.

b) Hilfsmittel der Tiere beim Erwerb der Pflanzennahrung.

Wie die Pflanze im Laufe der geologischen Epochen infolge ihrer Reaktionsfähigkeit in ihrer gesamten Organisation vielfach durch die Tiere und deren Eingriffe in ihr Leben beeinflußt wurde, so auch werden wir im Reiche der Tiere zahllose Anpassungen an die seitens der Pflanze gegebenen Bedingungen annehmen müssen.

In erster Linie mußte die Art der Nahrung, die von der Pflanze in so großer Mannigfaltigkeit der physikalischen und chemischen Beschaffenheit geboten wird, auf die Organe der Nahrungsaufnahme und -verdauung von bestimmendem Einfluß werden und eine immer weitergehende Spezialisierung herbeiführen. Ein Tier, das vorwiegend nur

den flüssigen Substanzen in der Pflanze, dem Zellsafte oder dem Honig der Blüten, seine Aufmerksamkeit zuwandte, mußte im Laufe seiner phylogenetischen Entwickelung andere Mundwerkzeuge erwerben, als die Liebhaber des festen Zellgewebes; es gelangte in den Besitz eines Saugrohrs, das in dem einen Falle allein für die Aufnahme des offen zutage tretenden Blütenhonigs genügte (Schmetterlinge, Bienen, manche Fliegen), im anderen dagegen, wo es sich um das Erbohren des im Inneren der Gewebe befindlichen Zellsafts handelte, noch mit einem Stechapparate ausgestattet sein mußte (Wanzen, Zikaden, Blattläuse, Schildläuse). Nicht minder erforderte die verschiedene Konsistenz des festen Pflanzengewebes Kauorgane mannigfachster Konstruktion und Härte, da es selbstverständlich anderer Werkzeuge bedarf, die feste Nuß zu knacken, das Holz der Eiche oder gar das steinharte Endosperm der Elfenbeinnuß zu zerschroten, als das zarte Laub oder die zergehende Pulpa saftiger Beerenfrüchte in mundgerechte Bissen zu zerlegen. Auch der Chemismus der Verdauung wurde von dieser Spezialisierung betroffen. Am auffallendsten zeigt sich dies bei den Insekten, von denen viele ja nur auf die Ausnutzung einer einzigen Pflanzenart sozusagen abgestimmt sind und elend verhungern, wenn ihnen nicht gerade diese zu Gebote steht. Dabei werden dann von diesen Spezialisten oft die stärksten Gifte ohne Schaden den Verdauungsorganen zugeführt (vgl. S. 46).

Neben der verschiedenen Konsistenz und chemischen Beschaffenheit der Nahrung ist dann auch der Ort, wo diese Nahrung von der Pflanze dargeboten wird, von weitgehendem Einfluß auf die gesamte Organisation des tierischen Körpers geworden. Die Wurzelfresser mußten die zu unterirdischer Lebensweise passenden Eigenschaften erwerben, die auf die oberirdischen Teile der Pflanze angewiesenen Formen aber hatten in der Mehrzahl die Kunst des Kletterns und im weiteren Verlauf der Entwickelung auch die noch viel schwerere Kunst des Fliegens zu erlernen, wenn sie nicht Mangel leiden wollten. Kletterfüße, Stemmschwanz und Wickelschwanz, Fallschirme, Flughäute und Flügel konnten nur zur Entwickelung kommen, wo eine reiche, nie versagende Nahrungsquelle die Tierwelt vom Erdboden in luftige Höhen lockte.

Auch noch manche andere spezifische Ausbildungen der tierischen Organe sind auf die Beziehungen zur Pflanzenwelt als Nahrungsspenderin zurückzuführen: So die Entwickelung der Backentaschen der Nager und Affen, des mehrfach geteilten Magens der Wiederkäuer, die Sammelapparate für den Blütenstaub bei den bienenartigen Tieren,

die Enzyme der Gallinſekten, welche das Pflanzengewebe zu den ſo eigenartigen Wucherungen veranlaſſen uſw.

Schließlich ſei noch kurz darauf hingewieſen, daß neben dieſen durch die Aufnahme pflanzlicher Nahrung bedingten Anpaſſungen nun auch Brutpflege und Schutzbedürfnis der Tiere in ähnlicher Weiſe ſeitens der Pflanze beeinflußt wurden. Die Eiablage im Inneren der Knoſpen, Blätter und Rinden, der Neſtbau, die Bohrtätigkeit der Borkenkäfer uſw. erfordern ſämtlich Organe und Inſtinkte, die dem hierbei in Frage kommenden Pflanzenmaterial entſprechen müſſen, und ebenſo liegt es auf der Hand, daß Farbe und Form der an Blatt und Zweig und Rinde den Blicken der Feinde ſich entziehenden Inſekten in jedem einzelnen Falle eben den betreffenden Organen der Wohnpflanze angepaßt ſind.

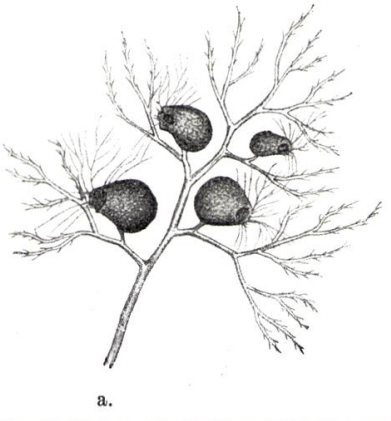
2. Pflanzen mit animaliſcher Ernährung.

Während die pflanzenraubenden Tiere, wie ſchon erwähnt, durch zahlloſe Übergänge mit den tieriſchen Pflanzenparaſiten verbunden ſind, laſſen die auf animaliſche Koſt angewieſenen Pflanzen faſt noch beſſer als die Tierraubtiere und Tierparaſiten eine ſcharfe Scheidung in Raubpflanzen und pflanzliche Tierparaſiten zu.

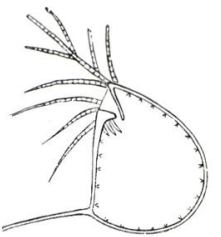
a) Fleiſchfreſſende Pflanzen[1]) (Tier-Raubpflanzen).

Mit der landläufigen Auffaſſung von der durchaus paſſiven Rolle, welche die Pflanze im Naturgetriebe ſpiele, ſteht wohl keine andere Erſcheinung ſo ſehr im Widerſpruch, als die bereits ſeit dem 18. Jahrhundert bekannte, aber erſt durch Charles Darwin[1]) genauer ſtudierte und in ſeiner Bedeutung gewürdigte Tatſache, daß es eine größere Zahl von Pflanzenarten — man ſchätzt ſie insgeſamt auf etwa 400 — aus verſchiedenen Familien gibt, die mehr oder weniger komplizierte Einrichtungen zum Fange von Inſekten beſitzen, deren lösliche Beſtandteile ſie dann reſorbieren und ſo einen Teil ihres Stickſtoffbedarfs decken. Gefunden werden ſolche Pflanzen vorwiegend auf ſtickſtoffarmem Torf- oder Moorboden. Die tatſächlich erfolgende Zerſetzung und Löſung der gefangenen Kadaver iſt durch zahlreiche Verſuche außer Frage geſtellt und ebenſo die Aufſaugung der gelöſten Stoffe, die dann in vielen Fällen auch eine erhöhte Produktion von Samen

1) Vgl. Darwin, Ch.: Inſektenfreſſende Pflanzen. Deutſch von Carus. Stuttgart 1877. Göbel, K.: Pflanzenbiologiſche Schilderungen. Bd. II. Marburg 1891, S. 51—214 (Inſektivoren, mit Literaturverzeichnis).



a.



b.

Abb. 25.
a. Blatt des Waſſerſchlauchs.
b. Ein Bläschen, vergrößert.

— bei Drosera bis zu mehr als dem Fünffachen der ungefütterten Pflanzen — zur Folge hatte.

Die Methoden, nach welchen der Fang der Tiere ſich vollzieht, ſind ſehr mannigfacher Art. Im allgemeinen pflegt man die drei Gruppen der Schlauchfänger, der Drüſenfänger und der Schließfänger zu unterſcheiden.

Zu den Schlauchfängern gehören in erſter Linie unſere einheimiſchen, auch ſonſt weitverbreiteten Waſſerſchlauchgewächſe oder Utricularia-Arten. Dieſelben beſitzen an ihren im Waſſer ſchwimmenden, fadenförmigen Stengeln zwiſchen den haarfein zerteilten Blättern eigentümliche, etwa linſengroße Bläschen (Abb. 25a), die, wie ſich bei näherer Unterſuchung herausſtellt, durch eine nach innen ſchlagende, von langen Borſtenhaaren umgebene Klappe geſchloſſen ſind (Abb. 25b). Dieſe Klappe iſt ſehr elaſtiſch und gibt bei dem geringſten Drucke nach, ſo daß kleine Waſſertiere, wie Muſchelkrebſe, Waſſerflöhe, Cyclops-Arten, Naiden uſw., die dagegenſtoßen, wohl leicht hinein, nicht aber wieder heraus können. Bis zu 24 kleine Krebschen hat man in einer einzigen ſolchen Blaſe beobachtet, in deren Innerem ſie dann nach wenigen Tagen zugrunde gehen und — unter Beihilfe von Bakterien — verweſen. Die hieraus ſich ergebenden gelöſten Subſtanzen werden von beſonderen ſtäbchenförmigen Saugzellen an der Innenwand der Blaſe reſorbiert. Die Utricularien müßten alſo ſtrenggenommen als Aasfreſſer bezeichnet werden, da ſie keine verdauenden Säfte, wie manche weiter unten zu beſprechenden Pflanzen, ausſcheiden. In den

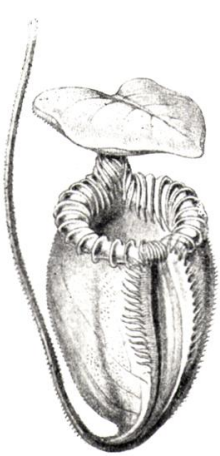


Abb. 26. Kanne von Nepenthes.

Abb. 27. Krug a. von Saracenia, b. von Darlingtonia.

Tropen finden sich unter den Utricularien auch Landpflanzen mit unzerteilten Blättern, die aber ebenfalls Fangblasen besitzen. Die rein tropische Gattung Genlisea zeigt im Bau ihres schlauchförmigen Fangapparates sogar einen Übergang zu den Einrichtungen der „Kannenträger". Ähnliche Fangvorrichtungen in Gestalt bläschenförmiger, von Blattabschnitten gebildeter und durch Klappenvorrichtung verschließbarer Hohlräume sind sodann auch von gewissen Lebermoosen (Pleurozia, Colurolejeunia) des tropischen Asiens bekannt.

Eine zweite Gruppe der Schlauchfänger umfaßt die sog. Kannenpflanzen im weiteren Sinne, d. h. tropische Pflanzen, deren Blattstiele unmittelbar unter der kleinen, oft deckelartigen Blattspreite zu einem weiten, schlauch- oder krugförmigen Behälter umgeformt sind (Abb. 26), der etwa halb mit einer meist von der Pflanze selbst aus besonderen Zellen am Grunde der Kannen ausgeschiedenen und dann oft sauer reagierenden, pepsinartige Fermente enthaltenden Flüssigkeit, seltener auch mit Regenwasser angefüllt ist. Durch grelle, meist rote, braune oder gesprenkelte Färbung pflegen diese Kannen, ganz wie Blüten, schon aus der Ferne sich bemerkbar zu machen; an den Innenrändern des Kruges, und zuweilen schon in einer als Wegweiser dienenden Längsbahn der Außenfläche desselben, wird reichlich Honig ausgeschieden, der von vielen Insekten begehrt ist. Unter dieser Honigzone

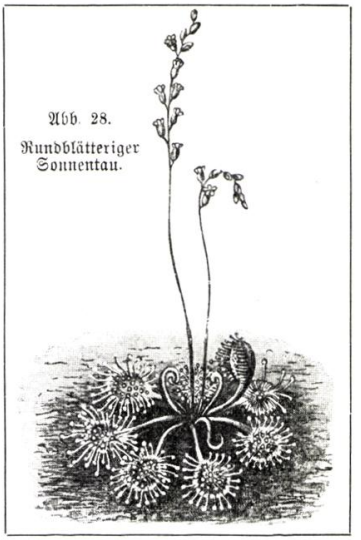


Abb. 28.
Rundblätteriger Sonnentau.

im Inneren des Kruges befindet ſich nun entweder eine durch Wachsausſcheidung ſpiegelblank „gebohnerte" Fläche (Nepenthes), von der die naſchenden Tierchen abrutſchen und in den waſſergefüllten Zuber fallen, oder es finden ſich hier gekrümmte, glatte Stachelorgane (Saracenia, manche Nepenthes), die ebenfalls das „Abſtürzen" bewirken und zugleich den etwa wieder emporkletternden Opfern den Ausweg verſperren. Die obere Öffnung des Kruges iſt durch die darüber lagernde Blattſpreite in der Regel vor dem Eindringen des Regens geſchützt und oft ſogar derart überhängend (Saracenia, Darlingtonia Abb. 27a und b), daß die Inſekten nur ſchwer den Ausweg finden können. Die in das Waſſer des Behälters gefallenen Tiere ertrinken und werden hier entweder von Spaltpilzen zerſetzt (Sarracenia, Darlingtonia), ſo daß ſich oft eine mehrere Zentimeter tiefe Schicht von zergehenden Inſektenleibern am Grunde der Kannen anſammelt, die eine Art flüſſigen Düngers bildet, oder es findet mit Hilfe der pepſinhaltigen ſauren Flüſſigkeit eine direkte „Verdauung" ſtatt (Nepenthes), deren gelöſte, ſtickſtoffhaltige Zerſetzungsprodukte dann von den Wandungen des Behälters aufgeſogen werden.

Von den ſog. Drüſenfängern beſitzt wohl das in Portugal und Marokko an dürren Orten verbreitete Taublatt (Drosophyllum lusitanicum), deſſen Stengel und lang linealiſche Blätter der ganzen Länge nach mit drüſigen, roten, eine klebrige, ſaure Flüſſigkeit ausſcheidenden Härchen beſetzt ſind, die einfachſte Fangvorrichtung. Das anfliegende oder aufkriechende Inſekt wird in kurzer Zeit von den ſich leicht ablöſenden Drüſentröpfchen beklebt und umfloſſen; es erſtickt und wird nun von ähnlichen, aber ungeſtielten Drüſengebilden zwiſchen den roten Klebdrüſen, die dann eine ſaure Flüſſigkeit ausſcheiden, zerſetzt und ausgeſogen. Von irgendwelchen Bewegungserſcheinungen an dieſen Drüſenorganen des Drosophyllum iſt alſo nichts wahrzunehmen. Anders bei den zahlreichen Arten des Sonnentaus (Drosera; Abb. 28), von denen ja auch drei einheimiſche Arten auf unſeren Mooren nicht ſelten ſind. Auch

hier ist die Blattspreite, die in diesem Falle eine rundliche oder spatelförmige Fläche darstellt, dicht mit langen, roten Drüsenhaaren besetzt, die an ihrer Spitze je ein wasserhelles, klebriges Tröpfchen ausgeschieden haben, so daß sie wie mit Tautröpfchen benetzt erscheinen. Sobald nun ein kleineres Insekt mit einer dieser am Ende ein Klebtröpfchen tragenden Wimpern des Blattes in Berührung kommt, bleibt es in der zähflüssigen, fadenziehenden Masse hängen und erstickt binnen kurzem dadurch, daß seine Stigmen durch den Saft verklebt werden. Die Borste selbst aber beginnt nach wenigen Minuten nach der Mitte des Blattes zu sich einwärts zu krümmen; es folgen nach und nach mit der gleichen Bewegung die Nachbarborsten, so daß nach 1—3 Stunden fast sämtliche Wimpern des Blattes sich um das Beutetier mit ihren Spitzen versammelt haben, reichlich saure, pepsinhaltige Flüssigkeit ausscheidend und so die Zersetzung des Kadavers gemeinschaftlich betreibend. Auch die Blattfläche selbst nimmt an dieser Einkrümmung teil, und einige australische Arten schließen sogar die Blätter mit großer Geschwindigkeit. Nach einigen Tagen ist der ganze Prozeß beendet, die verdauende, mit den löslichen Stoffen des Tierkörpers beladene Flüssigkeit wieder resorbiert, und die Wimpern nehmen zu neuem Fang ihre frühere Stellung ein. Die Reaktion auf Fremdkörper bei diesen Borsten der Drosera ist eine ganz ungemein empfindliche. Hat doch Darwin nachgewiesen, daß ihre Krümmung noch erfolgt, wenn sie von einem Haarstückchen von $^1/_5$ mm Länge oder einer Spur phosphorsauren Ammoniums von $^1/_{30\,000}$ mg Gewicht gereizt werden. Besonders hervorzuheben ist hierbei, daß jene wunderbaren Bewegungen der Fangborsten, wie auch die Ausscheidung des verdau-

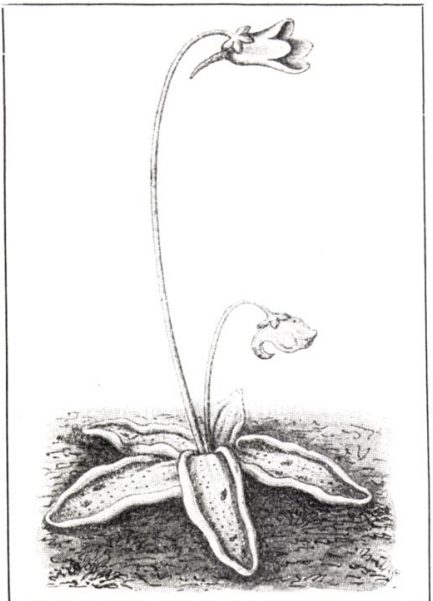


Abb. 29. Fettkraut (Pinguicula).

enden Pepſins, nur erfolgen, wenn das den Klebtröpfchen zum Opfer gefallene Objekt ein ſtickſtoffhaltiger Körper, alſo in der Regel ein Tier oder ein zur „Fütterung" dargereichtes Fleiſchſtückchen war, während dieſe Reaktionen, mit Ausnahme der vermehrten Flüſſigkeitsausſcheidung, ausbleiben, ſobald es ſich nur um ſtickſtofffreie Mineralſtoffe oder Pflanzenpartikel handelt.

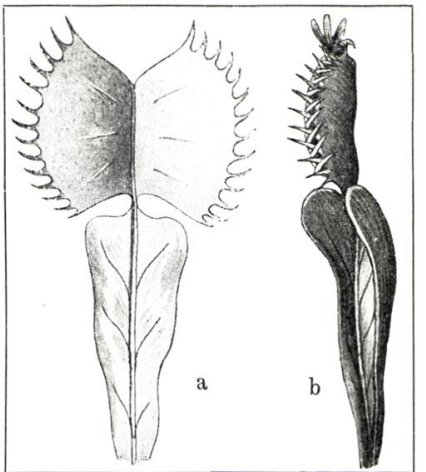


Abb. 30. Blatt der Venusfliegenfalle.
a. geöffnet, b. geſchloſſen.

Die dritte Hauptabteilung der fleiſchfreſſenden Pflanzen, die ſich eng an die „Drüſenfänger" anſchließt, iſt diejenige der „Schließfänger". In gewiſſem Sinne kann man ſchon das in unſeren Mooren wie in den Alpen ſo häufige Fettkraut (Pinguicula; Abb. 29) mit ſeiner grundſtändigen Roſette kahler, länglich elliptiſcher, hellgrüner Blätter hierher rechnen. Die ganze Oberfläche dieſer Blätter iſt mit zahlloſen pilzförmigen Drüschen beſetzt, die einen klebrigen und verdauenden Saft ausſcheiden, ſobald ſtickſtoffhaltige Körper darauf gelangen. Daneben aber beſitzt nun der ſchon ohnedies im Ruhezuſtand etwas nach oben aufgebogene Rand der Blätter die Fähigkeit, auf den Reiz der anfliegenden und feſtklebenden Inſekten ſich weiter umzurollen und das gefangene Tier behufs beſſerer Verdauung völlig einzuhüllen. Weit vollkommener als dieſer Apparat iſt derjenige der berühmten Venusfliegenfalle (Dionaea muscipula), einer ſüdamerikaniſchen Droſeracee, bei welcher die beiden Hälften der faſt kreisförmigen Blattfläche (Abb. 30a) auf geeigneten Reiz wie die Klappen einer Falle zuſammenſchlagen (Abb. 30b). Auch hier iſt die Blattfläche mit zahlloſen purpurnen Drüschen beſetzt, die aber nur in Funktion treten und verdauenden Saft abſondern, wenn ein ſtickſtoffhaltiger organiſcher Körper zwiſchen den Klappen gefangen iſt. Das Zuſammenklappen erfolgt, wenn eine der ſechs gelenkig auf der Blattfläche eingepflanzten, auf beide Blatthälften gleichmäßig verteilten, langen Wimperborſten (Taſtborſten) berührt wird, und zwar innerhalb weniger Sekunden,

wobei dann die lang zahnartig eingeſchnittenen Ränder der beiden Klappen nach dem Zuſammenlegen fingerartig ineinander greifen und ſo das Entrinnen der Beute, falls dieſe nicht zu groß und kräftig, verhindern. Der ganze Apparat zeigt alſo eine Arbeitsteilung, die den Drosera-Blättern noch fehlt: äußerſt empfindliche Sinnesborſten, die eine Bewegung der Blatthälften auslöſen; daneben einen Drüſenapparat auf den letzteren, der erſt in Funktion tritt, wenn tatſächlich Nährſtoffe zu verdauen ſind. Unorganiſche Partikelchen und ſtickſtofffreie Pflanzenteilchen bewirken wohl die Auslöſung des Klappenmechanismus, wobei die Sinnesborſten der Fläche ſich umlegen, nicht aber ein Funktionieren der Drüſenzellen. Vielmehr ſchlagen die beiden Blattflächen in dieſem Falle nach verhältnismäßig kurzer Zeit wieder auseinander, während ſie bei ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen 8—14 Tage lang geſchloſſen bleiben, bis die Verdauung vollendet und die aus der Zerſetzung reſultierende Flüſſigkeit reſorbiert iſt. Erwähnung verdient, daß auch in Deutſchland, wenn auch ſelten, eine ſonſt mehr dem Süden angehörige Droseracee vorkommt, die einen ähnlichen, doch nicht ganz ſo vollkommenen Fangmechanismus für kleinere Waſſertierchen beſitzt. Es iſt die hie und da in Teichen und Seen wurzellos ſchwimmende Aldrovanda vesiculosa.

Schließlich ſei noch bemerkt, daß auch ein im Pferdemiſt lebender Schimmelpilz (Arthrobotrys oligospora) kleine Rundwürmer (Anguilluliden) mit Schlingen ſeiner Mycelfäden fängt, die dann in das Innere des Wurmes hineinwuchern und ihn ausſaugen.

Von irgendwelchen Schutz- oder Abwehrmitteln der Tiere gegen den Fang durch die Pflanzen iſt bis jetzt nichts bekannt geworden; doch verdient es Erwähnung, daß namentlich in den Krügen der Saracenien vielfach die Larven von Fleiſchfliegen (Musca uſw.) beobachtet ſind, die ſich in dem zergehenden Inſektenbrei entwickelten. Da gerade der Saft der Saracenien keine oder nur geringe verdauende Eigenſchaften beſitzen ſoll, ſo wäre hier eine beſondere „Anpaſſung“ der Fliegenmaden wohl nicht anzunehmen. Andrerſeits ſind aber auch in den Krügen der indiſchen Nepenthes-Arten trotz deren ſtark verdauender Flüſſigkeit regelmäßig Larven von Fliegen und Mücken, ja ſelbſt von einem Netzflügler gefunden, die hier ihre geſamte Entwickelung durchmachen[1]). In dieſem Fall iſt dann neuerdings durch Jenſen

1) Nepenthes-Tiere. 1. Syſtematik von J. C. H. de Meijere-Hilverſum 2. Biologiſche Notizen von Hjalmar Jenſen-Buitenzorg in Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, 3. Suppl. 1. Part. Leiden 1910. Günther, K.:

auch der Nachweis gelungen, daß die betreffenden Larven zum Schutze gegen das Verdautwerden „Antifermente" entwickelt haben.

b) Pflanzliche Tierparaſiten [1]).

Die Pflanzen, welche nach Art der tieriſchen Schmarotzer ihre Nahrung dem lebenden Tierkörper entnehmen und ihn hierdurch mehr oder weniger ſchädigen, gehören ſämtlich der Klaſſe der Pilze an. Die ungeheure Rolle, welche die tiefſtſtehende Gruppe derſelben, die der Spaltpilze oder Bakterien, in der geſamten organiſchen Welt und ſo auch im Organismus der Tiere mit Einſchluß des Menſchen ſpielt, iſt ja erſt in den letzten Jahrzehnten in ihrem vollen Umfange erkannt worden. Erinnert ſei hier nur an die furchtbaren Plagen der Peſt, des Typhus, der Pockenkrankheit, der Lepra, der Diphtheritis, des Scharlachs, der Maſern, der Cholera, der Tuberkuloſe, der Influenza, der Syphilis, des Milzbrands, des Rotlaufs, der Rotzkrankheit, die nebſt der „Roſe", der Aktinomykoſe oder Strahlenpilzkrankheit, der Zahnfäule, dem Mäuſetyphus und anderen Krankheiten ganz ausſchließlich auf dieſe Spaltpilze zurückzuführen ſind. Aber auch höhere Pilzformen aus ſehr verſchiedenen Gruppen treten vielfach als mehr oder minder ſchädliche Paraſiten der Tiere auf. Selbſt bei den Urtieren, den Rhizopoden und Infuſorien, ſind Pilze aus der Gruppe der Algenpilze oder Phycomyceten (Chytridium, Olpidium, Pythium uſw.) nachgewieſen. Das gleiche gilt von den Würmern und niederen Krebſen. Von Pilzen mancherlei Art werden ſodann die Inſekten befallen, bei denen ſich oft furchtbare, zum Teil zur Bekämpfung der Engerlinge, Heuſchrecken uſw. bereits künſtlich durch den Menſchen hervorgerufene Epidemien entwickeln, wie die berüchtigte Muscardine oder Seidenraupenkrankheit der Schmetterlinge (Isaria bassii, zu den Pyrenomyceten), die Pilzkrankheit durch Empusa- und Entomophthora-Arten (Algenpilze) der Mücken, Fliegen, Raupen Blattläuſe, Käfer, die Cordiceps-Krankheit (zu den Pyrenomyceten) der Schmetterlingsraupen, bei denen lange, hirſchgeweih- oder keulenartige Gebilde aus dem Kör-

Die lebenden Bewohner der Kannen der inſektenfreſſenden Pflanze Nepenthes destillatoria auf Ceylon in Zeitſchr. f. wiſſ. Inſektenbiologie IX, 1913.

1) de Bary, A.: Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Leipzig 1884. Oberſtein, O.: Mykoſen im Tierreich. Naturw. Wochenſchr. N. F. 12, 1913, p. 289—91. Cooke, M. C.: Vegetable wasps and plant worms. A popular history of entomogenous fungi, or fungi parasitic upon insects. London 1892. Zopf, W.: Die Pilze in: Schenk, Handb. d. Botan. IV, S. 507 ff., Breslau 1890.

per hervorwachſen (Abb. 31), und andere. Unter der durch Saprolegnia-Arten (Algenpilze) erzeugten Krankheit haben namentlich die Flußkrebſe („Krebspeſt", in Verbindung mit einer Bakterienart) und die Fiſche zu leiden. Schimmelartige Pilze (Aspergillus) verurſachen oft ſchwere Lungenentzündungen der Vögel, während die Meltaupilze teils als Soorpilz (Oidium albicans) im Munde der Kinder und Haustiere verbreitet ſind, teils als Kopfgrind (Achorion schönleini), Raſierflechte (Trichophyton tonsurans) uſw. die Haut des Menſchen und verſchiedener Säugetiere zerſtören. Auch in den Kalkſkeletten der Korallen, den Hornfaſern der Schwämme, in den Schalen der Seepocken, Schnecken und Muſcheln ſind vielfach Pilzwucherungen nachgewieſen; doch können vielleicht manche dieſer Vorkommniſſe, bei denen ja nicht das lebende Tier, ſondern nur deſſen mit organiſchen Stoffen durchſetztes Gehäuſe den Nahrungsſtoff bietet, mit gleichem Rechte auch als Synökie aufgefaßt werden.

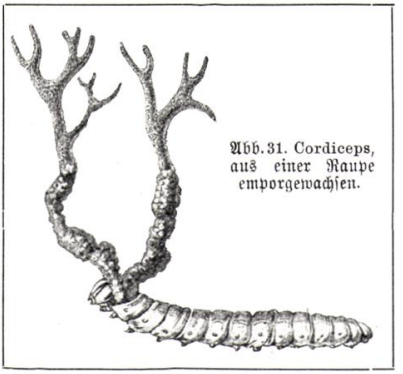


Abb. 31. Cordiceps, aus einer Raupe emporgewachſen.

II. Einſeitige Ausnutzung der anderen Partei ohne feindliche Abſicht.

1. Ausnutzung der Pflanzen durch die Tiere.

Wie die Pflanze dazu gezwungen iſt, in letzter Inſtanz für die geſamte Tierwelt das nötige organiſche Nahrungsmaterial herzugeben, ſo muß ſie es ſich bei ihrer geringer aktiven Wehrkraft auch gefallen laſſen, von den Tieren noch nach manchen anderen Richtungen für ihre Zwecke *ausgenutzt* zu werden. In der Regel ſtellt ſich dieſe Ausnutzung unter der Form des einfachen Bewohnens, alſo der *Synökie*, dar, doch gibt es auch zahlreiche Beiſpiele, in denen die Pflanze nur den *Stoff* zu liefern hat, deſſen ſich das Tier für ſeine Bauten bedient. Endlich kennen wir in einzelnen Fällen ſeitens der Tiere ein ſo ſouveränes Eingreifen in die Lebensſchickſale gewiſſer Pflanzenarten, wie wir es ſonſt nur vom Menſchen bei der Pflege ſeiner Kulturpflanzen zu ſehen gewohnt ſind.

Bei der ungeheuren Fülle von Verſtecken, welche die Pflanze in ihren verſchiedenen Teilen bietet, iſt es ohne weiteres verſtändlich, wenn die große Maſſe der Tiere den allſeitig drohenden Feinden durch möglichſte Ausnutzung dieſer Verſtecke zu entgehen ſucht. Selbſt größere Säugetiere, die ſich im Dickicht des Waldes bergen, können ganz wohl als Synöken desſelben betrachtet werden; mit noch viel mehr Recht aber gilt dies von allen den kleineren Tierarten, denen die Pflanze ſelbſt zum Wohnſitz dient. Viele von dieſen finden ja zugleich auch ihre Nahrung an oder in der Pflanze und ſcheiden daher hier aus; aber es gibt auch Formen, die auf rein animaliſche Koſt angewieſen ſind und dennoch den Schutz oder die Beihilfe der Pflanze begehren. Im Waſſer befeſtigen zahlreiche Inſekten, Schnecken und Fiſche ihre Eier an den dort wachſenden Pflanzen. Unter der lockeren Rinde der Bäume hauſen die Krabbenſpinnen, die Bücherſkorpione, die Skolopender und andere, in den Baumhöhlen die Fledermäuſe, die Wieſel und Wildkatzen. An den Zweigen hängen die Neſter der Weſpen und Ameiſen, und auch manche Vögel haben ihr Heim in den Höhlungen der Bäume aufgeſchlagen. Viele Säugetiere, wie die meiſten Affen, die Halbaffen, zahlreiche Nager, Marder und ſelbſt Beuteltiere führen neben der Hauptmaſſe der Vögel, zahlreichen Reptilien und Amphibien ein ſolches Baumleben, daß man ſie ebenfalls ohne Vorbehalt als Synöken derſelben bezeichnen kann.

Daneben zeigt die Verwertung der Pflanze zu rein „techniſchen Zwecken" namentlich ſeitens der höheren Tiere eine ziemliche Mannigfaltigkeit. Von den Weſpen wiſſen wir, daß ſie ihre Neſter aus zerkauten Pflanzenfaſern herſtellen; die Blattſchneidebienen und Mohnbienen verwenden Stücke von Laub- und Blütenblättern zu gleichem Zweck, und bei den Ameiſen herrſcht eine große Vielſeitigkeit in der Benutzung pflanzlichen Baumaterials. Noch mehr gilt dies von der Klaſſe der Vögel, die ſo ziemlich alles für ihren Neſtbau zu verwerten wiſſen, was die Pflanze an Stoffen hervorbringt, von den dürren Reiſern, dem Baſt und der Rinde bis zu den Grashalmen, dem Moos, den Flechten, den feinen Flughaaren der Weidenkätzchen, ja bis zu den Algen des Meeres. Einförmiger ſind im allgemeinen die Neſter der Säugetiere und Fiſche (Stichlinge); einer beſonderen Erwähnung bedürfen nur noch die Burgen und vor allem die gewaltigen Deichbauten der Biber, zu deren Herſtellung mannsdicke Bäume gefällt werden.

Eine höchſt ſeltſame Anwendung machen manche Krebſe (Hyas, Stenorhynchus uſw.) von den Rottangen des Meeres, indem ſie dieſelben abrupfen und an Häkchen ihres Chitinpanzers befeſtigen. Hier

Abb. 32. Spitzkrabbe (Hyas) mit Algenbeſatz.

treiben dieſe Tangzweige bald eine Haftſcheibe, mit der ſie auf dem Panzer ſich verankern, ſo daß nun der Krebs unter dem Schutz eines ihn verbergenden Algenbuſches (Abb. 32) ſeinem räuberiſchen Tagewerk nachgehen kann. Man könnte verſucht ſein, dabei von einer Synökie der Alge mit dem Krebs zu ſprechen, wenn nicht das aktive Verhalten des letzteren uns zwänge, hier die einfache, wenn auch raffinierte Ausnutzung der wehrloſen Pflanze als das Hauptmoment aufzufaſſen. Im Anſchluß hieran ſei auf gewiſſe baumbewohnende Ameiſen (Azteca- und Camponotus-Arten) hingewieſen, welche ihren Neſtern durch Bepflanzung mit Peperomien (Piperaceen), Araceen uſw. feſteren Halt geben und ſie vor den Sonnenſtrahlen ſchützen (Abb. 33).

In dieſelbe Kategorie der Ausnutzung der lebenden Pflanze, und zwar noch entſchiedener in einer an menſchliche Verhältniſſe erinnernden Weiſe, gehört der Getreidebau und die Pizzucht der Ameiſen. Von der mexikaniſchen Reisameiſe (Pogomyrmex barbatus) wurde berichtet, daß ſie auf dem breiten Glacis ihrer umfangreichen Erdneſter ein beſonderes Gras, Aristida oligantha, derart ausſäe und durch Ausjäten aller anderen Pflanzen beſchütze, daß jedes Neſt von einem ſchon aus der Ferne ſichtbaren Gürtel dieſes „Getreides" umgeben ſei. Zur Reifezeit ſollten dann die Früchte desſelben von den Ameiſen eingeſammelt und, nach

Abb. 33. Ameiſen-Baumneſt mit Pflanzen bewachſen.

Verwandlung der keimenden Körner durch Abbeißen der Wurzel in Malz, als Nahrung verwendet werden. Neuere Beobachter glauben indes, die Richtigkeit dieser Angaben anfechten zu sollen. Ueber jeden Zweifel erhaben aber sind die staunenswerten Pilzkulturen der Blattschneideameisen, mancher Termiten, Borkenkäfer (Xyleboriden) und Gallmücken (Dasyneura)[1]). Die Blattschneide- oder Sauba-Ameisen (Atta discigera, hystrix, cornuta usw.) sind in Südamerika schon lange gefürchtet wegen ihrer Gewohnheit, die Bäume und besonders auch mancherlei Kulturbäume, dadurch zu entlauben, daß sie große Stücke aus den Blättern herausschneiden und dieselben in ihre Wohnung tragen (Abb. 34). Lange Zeit war nicht zu ergründen, welchem Zwecke diese seltsame Gewohnheit dienen könne, da die Blätter augenscheinlich nicht gefressen wurden. Erst Alfred Möller[2]) gelang es, den Sachverhalt aufzuklären, indem er nachwies, daß diese Blattstücke von einer besonderen Sorte Arbeiter zerwirkt und als Pflanzenbrei in den Galerien des Baues aufgespeichert werden. In diesem magazinierten Pflanzenbrei nun entwickelt sich bald unter sorgfältiger Pflege der kleinsten, Pilzsporen und Pilzfäden herzutragenden Arbeitersorte in überaus üppiger Weise das Mycel (Hyphengewebe) eines zu den Agariciden gehörigen Pilzes (Rozites gongylophora), der überall da, wo er aus der Masse zutage tritt, massenhaft kleine Fadenanschwellungen (die sog. „Kohlrabihäufchen"; Abb. 35) bildet, die dann den Ameisen zur Nahrung dienen. Selbst beim Hochzeitsfluge nehmen die Weibchen der Sauba-Ameise ein Pilzklümpchen

Abb. 34. Blattschneideameisen mit Blattstücken.

1) Neger, F. W.: Die Ambrosiapilze. Ber. deutschen Bot. Ges. Bd. 26/27, 1908/9.

2) Vgl. Alfred Möller: Die Pilzgärten südamerikanischer Ameisen. Jena 1893.

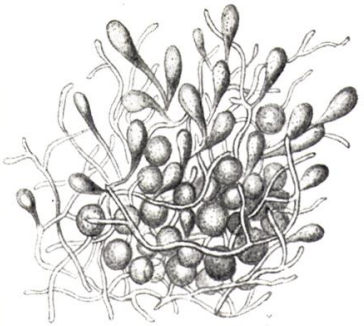


Abb. 35.
Kohlrabihäufchen einer Ameiſen-Pilzkultur.

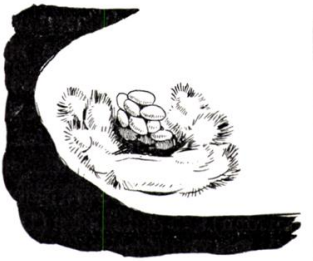


Abb. 36. Anlage eines Pilzgartens von Atta auf zerbiſſenen Eiern.

mit ſich, das ſie dann nach erfolgter Begattung bei Gründung einer neuen Kolonie über zerbiſſenen Eiern ausſpeien und fleißig mit gelben Tröpfchen aus dem After düngen (Abb. 36). Ähnlich wie die Sauba-Ameiſen verfahren die Haarameiſen (Apterostigma) und die Höckerameiſen (Cyphomyrmex) derſelben Gegenden, nur daß ſie ſtatt der Blätter Holzfaſern und Bohrmehl zur Kultur ihrer Pilze verwenden, und daß die letzteren meiſt noch nicht bis zur Bildung jener eigenartigen, als Zuchtprodukt aufzufaſſenden „Kohlrabihäufchen" vorgeſchritten ſind. Auch hier aber haben wir zweifellos in jener zerkauten, bei jedem Umzug ſorgfältig mitgeführten Pflanzenmaſſe gewiſſermaßen Kulturbeete zu erblicken, in denen die Lieblingsnahrung der Ameiſen nach allen Regeln der Kunſt gezüchtet wird.

Schließlich ſei darauf hingewieſen, daß das S. 58 erwähnte Vorkommen ſich entwickelnder Fliegen- und Mückenlarven in den Schläuchen der Kannenpflanzen ganz wohl als Kommenſalismus zwiſchen Tier und Pflanze aufgefaßt werden kann, indem jene Larven von den Stoffen zehren, welche die Pflanze für ſich ſelbſt als Nahrung zubereitet hat. Weniger richtig erſcheint es, ſie, wie wohl geſchehen, als „pflanzliche Eingeweidewürmer" oder aber als „Symbionten" anzuſprechen.

2. Ausnutzung der Tiere durch die Pflanzen.

Obwohl die Pflanze infolge der Fähigkeit, aus den Gaſen der Luft und den Salzen des Bodens ihren Körper aufzubauen, der freien Ortsbewegung entraten kann, ſoweit es ſich lediglich um die Frage der Ernährung handelt, ſo gibt es doch im Verlaufe ihres Geſamtlebens verſchiedene Phaſen, in denen wenigſtens gewiſſe Teile von ihr zur freien

Ortsbewegung befähigt sein müssen. Wie bekannt, kommt hierbei einesteils die Übertragung des Blütenstaubs auf die Narben anderer Blüten, anderenteils die Verbreitung der Sporen, Samen und Früchte in neue, von der Mutterpflanze entfernte Besiedelungsgebiete in Betracht. Für diesen Transport der bewegungsbedürftigen Teile nimmt die Pflanze, sofern sie nicht selbst durch besondere Schleuderapparate sich helfen kann, alle sich ihr darbietenden Kräfte, den Wind, das Wasser, vor allem aber die mit ihr denselben Bezirk bewohnenden Tiere in Anspruch. Letztere sind natürlich zu solchen Dienstleistungen in der Regel nur bereit, wenn ihnen ein entsprechender Lohn für die Ausführung des Transportes gewährt wird, wie in einem späteren Kapitel (vgl. S. 68) des näheren darzulegen ist. Zuweilen aber haben die Pflanzen es verstanden, auch ohne Gegenleistung die Tiere sich dienstbar zu machen, sie einfach auszunutzen, und diese Fälle sind es, die für uns hier allein in Betracht kommen.

a) Verbreitung der Samen und Früchte durch Anhaften.[1])

Von den Stubenfliegen und anderen Insekten ist bekannt, daß sie nicht selten am Rüssel, an den Tarsen usw. mancherlei Spaltpilze und Pilzsporen mit sich führen und hierdurch oft die Verbreiter schlimmer Krankheiten werden. Auch die Conidien des Honigtau ausscheidenden Mutterkornpilzes gelangen vornehmlich durch Fliegen und Käfer (Oedacantha melanura) in die Blüten des Getreides. Groß ist sodann die Zahl der Früchte, Samen und abgerissenen Pflanzenteile, die von den Wasservögeln auf ihren Wanderungen von einem See und Tümpel zum anderen verschleppt werden, sei es, daß schwimmende Samen an ihrem Gefieder hängenbleiben, sei es, daß sie am Ufer ihre Füße mit samenhaltigem Schlamm beschmutzen, oder wohl gar beim Emporfliegen ganze Büschel von Algen, Wasserlinsen, Charen, Wasserpest usw. mit in die Luft nehmen.

Von Pflanzen, deren Samen oder Früchte auf der Oberfläche des Wassers schwimmen und daher leicht dem Gefieder anhaften, sind zu nennen: die Froschkrautarten (Batrachium), der Wasserfenchel (Oenanthe phellandrium), das Tausendblatt (Myriophyllum), die Knöteriche (Polygonum), der Froschlöffel (Alisma), Pfeilkraut (Sagittaria), Igelskolbe (Sparganium) usw. Was aber die Reichhaltigkeit des Uferschlammes an Samen, namentlich einjähriger Ufer- und Sumpfpflanzen,

1) Vgl. Hildebrand, F.: Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1873. Huth, E.: Die Klettpflanzen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verbreitung durch Tiere. Bibl. bot. Heft 9, Kassel 1887.

wie Nasturtium, Veronica, Centunculus, Peplis, Limosella, Juncus uſw. betrifft, ſo konnte Darwin aus 220 g ſolchen Schlammes nicht weniger als 537 Keimpflanzen erziehen, und Kerner von Marilaun hat ähnliche Reſultate erhalten. Auch auf dem feſten Lande kann, beſonders nach Regen, an den Hufen, Zehen, Haaren, Federn der Tiere mit der anklebenden Erde eine Menge Samen verſchleppt werden, wie denn Darwin aus 200 g ſolchen Schlammes von den Füßen des Rebhuhnes 82 keimende Samen gewann, die der Hauptſache nach den verbreiteſten Unkräutern und Ackerpflanzen angehörten.

Während es ſich in den angeführten Fällen um eine mehr zufällige und jedenfalls nicht durch irgendwelche ſpezifiſche Einrichtungen geregelte Verſchleppung handelt, ſehen wir bei einem großen Teile der phanerogamiſchen Landpflanzen — man ſchätzt ſie auf mehr als ein Zehntel aller Phanerogamen — Vorkehrungen getroffen, die nur dem einen Zweck dienen, die Tiere als unfreiwillige Transport- und Zerſtreuungsmittel der Samen und Früchte in Anſpruch zu nehmen. Seltener wird dieſes Ziel durch Klebſtoffe erreicht, mit deren Hilfe die Samen und Früchte vorüberſtreichenden Tieren ſich anleimen, wie dies bei den mit klebriger Fleiſchwarze verſehenen, den Hufen der Schafe und Rinder anhaftenden Samen der Herbſtzeitloſe, den Samen der Kürbisgewächſe, Miſteln, Pittosporum, bei den Früchten des Beifuß, den mit klebrigen Drüſenhaaren beſetzten Fruchtkelchen der Salvia glutinosa oder dem klebrigen Perigon der auſtraliſchen Pisonia uſw. der Fall iſt. Weit häufiger findet dieſes Sichanheften an vorübergehende Tiere (und Menſchen) mit Hilfe von Klettvorrichtungen ſtatt, die ſich in der Regel als mit Widerhaken verſehene Borſten, aber auch als mächtige, an der Spitze klauenartig gebogene Greifhaken, als gerade Stechpfriemen, Stachelkämme uſw. darſtellen. In der Regel ſind die Früchte ſelbſt mit dieſen Haftapparat ausgeſtattet (Abb. 37), wie viele unſerer einheimiſchen Rauhblättler (Cynoglossum, Echinospermum), Doldenpflanzen (Caucalis, Orlaya, Sanicula, Torilis), Labkräuter (Galium, Asperula), Ampfer (Rumex), Schneckenkleearten (Medicago), Hexenkraut (Circaea), Ringelblume (Calendula), Zweizahn (Bidens), Nelkenwurz (Geum urbanum) uſw. vor Augen führen. In anderen Fällen iſt es der Fruchtkelch, der die Stacheln trägt (Marrubium, Agrimonia, Valeriana echinata) oder die Blätter des Hüllkelches (Klette Lappa, Xanthium, Centaurea). Bei den Gräſern wirken die in ſehr verſchiedener Weiſe mit Widerhaken, Stacheln uſw. verſehenen Spelzen als Klettorgane, oder die Grannen dienen zum Einbohren (Stipa, Aristida, Andropogon). Die braſilianiſche Strepto-

Abb. 37. Verſchiedene Blattfrüchte.

chaeta spicata ſtellt zur Reifezeit ſogar einen höchſt raffinierten Angelapparat dar. Beim kletternden Labkraut (Galium aparine) und dem Scharfkraut (Asperugo) iſt auch der Stengel mit Stacheln ausgerüſtet, ſo daß nicht nur die Früchte, ſondern ganze Stücke der Pflanze an den Transporttieren hängenbleiben. Am gefürchteſten ſind ſolche Früchte, die, am Boden liegend, entweder beim Darauftreten mit ſtarken Dornen ſich in den Fuß bohren, wie die Früchte des in den ungariſchen Steppen verbreiteten Tribulus orientalis, oder aber, wie die berüchtigten „Trampelkletten" (Harpagophyton) des Kaplandes, mit gewaltigen Krallen die Hufe der darauftretenden Springböcke und anderer Huftiere, unter Umſtänden wohl auch gar deren Schnauzen, umklammern und tagelang nicht wieder zu entfernen ſind. In ähnlicher Weiſe werden die Hufe der Weidetiere von den langen, elaſtiſchen, am Ende hakig gekrümmten Spangen der Martynia, einer in den Tropen weit verbreiteten Pedalinee, umgriffen. Sehr ſelten beſitzen die Samen ſelbſt Hakenborſten zum Transport (Stellaria glochidiata, Polygala glochidiata).

b) Synökie, Kommenſalismus.

Gegenüber dieſer weit verbreiteten Ausnutzung der Tiere als Verbreiter der Samen und Früchte iſt die eigentliche Synökie, die Benutzung der Tiere als Wohnungsſubſtrat, verhältnismäßig ſelten. Nur im Waſſer dürfte dieſe Art der Beziehungen zwiſchen den beiden Reichen einigermaßen verbreitet ſein. Hier ſehen wir ſchon im ſüßen Waſſer die Limnaeen und Paludinen, die Anodonten und Dreyßenen, oft auch gewiſſe Cyclopsarten (Cyclops bidentatus) reichlich mit grünen Algen verſchiedenſter Art bewachſen, und im Meere greift dieſe Erſcheinung noch auf zahlloſe andere Tierformen über. Von den Krebſen, die ſich freiwillig mit Algen bepflanzen, war ja ſchon früher (S. 61) die Rede, und auf den Korallenriffen ſpielen die Kalkalgen, die Ulven, und viele andere Algengruppen eine bedeutende Rolle. Eine reine Epökie

von Algen auf Tieren iſt auf dem Lande nur bei den Faultieren Braſiliens bekannt geworden, wo dieſelben in verſchiedenen Arten an den Haaren, und zwar in den Riſſen der Extrarinde (dreizehiges Faultier) oder in den Furchen der eigentlichen Rinde (zweizehiges Faultier) leben.

Noch ſeltener iſt die Erſcheinung des Kommenſalismus. Vielleicht könnte man hierher die Fäulnisbakterien in den Schläuchen der Saracenien rechnen, die die gefangenen Inſekten zerſetzen helfen und dort alſo mit den ſchmarotzenden Fliegenmaden die Nahrung teilen. Auch manche Bakterien (Bacterium coli), die in den Fäkalmaſſen des Dickdarmes leben, dürften nicht ſowohl als Paraſiten, wie als Kommenſalen anzuſprechen ſein.

III. Beziehungen der Tiere und Pflanzen mit Vorteil für beide Teile (Mutualismus).

Wenn es der Pflanze auch durch Ausbildung der Klettfrüchte gelungen iſt, die Tiere gewiſſermaßen wider Willen in ihren Dienſt zu zwingen, ſo läßt es die ungeheure Wichtigkeit, welche die Übertragung des Blütenſtaubs wie die Zerſtreuung der Samen und Früchte für die Pflanze hat, doch von vornherein begreiflich erſcheinen, daß noch ein zweites, weit wirkſameres und weniger dem Zufall unterworfenes Mittel zur Indienſtſtellung der Tiere zur Ausbildung gelangt iſt, nämlich die Anlockung der Tiere durch ihnen dargebotene Vorteile, wobei ihnen dann in irgendeiner Weiſe der gewünſchte Botendienſt auferlegt wird. Da jeder der beiden „Kontrahenten" hierbei ſozuſagen auf ſeine Rechnung kommt, ſo haben ſich dieſe Wechſelbeziehungen zwiſchen Tieren und Pflanzen im Laufe der Erdgeſchichte zu einer außerordentlichen Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit entwickelt und gehören mit zu den anziehendſten Kapiteln der geſamten Biologie.

1. Die Beſtäubung der Blüten durch Tiere.[1])

Die Gründe, weshalb der Blütenſtaub einer Blüte auf die Narbe einer anderen Blüte übertragen werden muß, ſind bereits S. 3 kurz

1) Vgl. Kirchner, O.: Blumen und Inſekten, Leipzig 1911. Knuth, P.: Handbuch der Blütenbiologie, Leipzig 1898—1904 (noch nicht vollendet). Loew, E.: Blütenbiologiſche Floriſtik, Stuttgart 1894. Müller, H.: Die Befruchtung der Blumen durch Inſekten und die gegenſeitige Anpaſſung beider, Leipzig 1873. Derſelbe: Die Wechſelbeziehungen zwiſchen den Blumen und den ihre Kreuzung vermittelnden Inſekten in: Schenk, Handb. der Botan. I. S. 1—112, 1879. Derſelbe: Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Inſekten und ihre Anpaſſungen an dieſelben, Leipzig 1881. Spren-

erörtert worden. Von tieriſchen Vermittlern dieſer Pollenübertragung kommen in erſter Linie die Inſekten in Betracht, ſeltener die Schnekken und — in den Tropen — gewiſſe Vogelfamilien (Kolibris, Nektarinien). In der mitteleuropäiſchen Flora gehören etwa 19 Prozent aller Phanerogamen zu den „Windblütlern" und nahezu 80 Prozent zu den „Inſektenblütlern". Bereits im Jahre 1793 hat Conrad Sprengel in ſeinem Buche: „Das entdeckte Geheimnis der Natur in Bau und Befruchtung der Blumen" dieſe Verhältniſſe eingehend geſchildert; allein mehr als ein halbes Jahrhundert mußte vergehen, bis die von Sprengel entdeckten Tatſachen von ſeiten der Wiſſenſchaft anerkannt wurden.

Die Mittel, durch welche die Pflanze das Heer der Inſekten uſw. zum Beſuch ihrer Blüten heranzuziehen ſucht, beſtehen der Hauptſache nach in der Darbietung von Nahrungsmitteln. Daneben ſpielt die Gewährung von Obdach eine verhältnismäßig untergeordnete Rolle. Als Anlockungsmittel und Wegweiſer kennen wir die Farben und den Duft der Blüten. Für die Erreichung des erſtrebten Zieles, den beſuchenden Inſekten die Übertragung des Blütenſtaubes auf die Narbe gewiſſermaßen aufzuzwingen, dienen mannigfache, oft ſehr raffinierte Vorrichtungen in Bau und Stellung der Blüten und ihrer Teile, die zu einer weitgehenden wechſelſeitigen Anpaſſung beſtimmter Blütenformen an beſtimmte Inſektenarten geführt haben.

a) Die von den Blüten dargebotenen Nahrungsmittel.

Nicht allzu häufig werden den beſuchenden Tieren feſte Gewebspartien der Blüte als Nahrung angeboten. Beſonders ausgeprägt iſt dieſe Methode bei der Beſtäubung der oſtindiſchen Freycinettia-Arten durch fruchtfreſſende Fledermäuſe (Pteropus), denen die großen, fleiſchigen, roſenrot gefärbten Hochblätter zur Nahrung dienen, ſowie bei braſilianiſchen Myrtaceen (Feijoa, Myrrhinum), welche den ſie beſuchenden Vögeln (Thamnophilus) die zuckerſüßen Blumenblätter ſogar in der Form einer zuſammengerollten Omelette darbieten. Seltener findet dieſer Modus auch für die Inſekten Anwendung. Es dürften hier zu nennen ſein gewiſſe ſchnell verwelkende und zergehende Blumenblätter (Villarsia, Tradescantia), die eiweißreichen ſog. „Futterhaare" in den Blüten mancher tropiſcher Orchideen, ſowie mancherlei fleiſchige Warzen, Schwielen uſw. im Inneren der Blüten (Portu-

gel, Chr. C.: Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen, 1793. Neu herausgegeben von P. Knuth, Leipzig 1894.

lak; Johanniskraut, Goldregen; manche Orchideen; innere Zellschicht des Perigons der Osterluzei, des Hüllblattes beim Aronsstab). Auch zarte Staubgefäßhaare (Tradescantia, Ackergauchheil, Königskerze) oder fleischige Wärzchen der äußeren Fruchtknotenwand (Lysimachia) werden verzehrt.

Ungleich verbreiteter sind diejenigen Blüten, welche einen Teil des Blütenstaubes für die Insekten opfern, um hierdurch die Übertragung des übrigbleibenden Teiles auf die Narbe zu erkaufen. Es gehören hierher vornehmlich solche Blüten, die infolge der Vermehrung ihrer Staubgefäße übergroße Mengen von Pollen hervorzubringen vermögen, wie beispielsweise die Mohngewächse, die Anemonen (zum Teil), das Sonnenröschen (Helianthemum), die Rosen. Neben diesen Pflanzen mit reinen Pollenblüten wären noch viele andere aufzuführen, deren Blütenstaub ebenfalls von den Insekten verzehrt oder eingesammelt wird, die aber außerdem noch durch die später zu besprechende Darbietung von Honig den Besuch der Kerbtiere zu steigern suchen.

Sehr merkwürdig sind diejenigen Fälle, in denen nicht der im Überfluß erzeugte Blütenstaub, sondern ein Teil der im Inneren des Fruchtknotens sich ausbildenden Samenanlagen von der Pflanze geopfert wird, um die Bestäubung zu erzielen. In gewissem Sinne gilt dies schon von manchen unserer einheimischen Nelkenarten (Silene nutans, inflata, Lychnis flos cuculi, Saponaria), indem die sie besuchenden kleinen Eulen (Dianthoecia, Mamestra) nicht nur den Honig saugen, sondern auch mit langer Legeröhre ihre Eier in die Blüte legen, worauf die jungen Larven im Inneren des Fruchtknotens einen Teil des jungen Samens auffressen. Auch beim Wundklee, Blasenstrauch (Colutea) usw. geschieht Ähnliches seitens gewisser Bläulinge. Besonderes Interesse aber hat von jeher die Bestäubung der nordamerikanischen Yucca-Arten wie der formenreichen Gruppe der Feigenbäume hervorgerufen. Bei den zu den Liliaceen gehörigen, durch große, weiße, glockenförmige Blüten ausgezeichneten Yucca-Arten handelt es sich um kleine Motten aus der Gattung Pronuba, welche die Bestäubung vermitteln. Die Weibchen fliegen abends in die weitgeöffneten Blüten, packen mit dem eigentümlich verlängerten Endgliede ihrer Kiefertaster einen mächtigen Klumpen Blütenstaub und begeben sich mit demselben in eine andere Blüte. Hier nun legen sie mit langer Legeröhre ihre Eier in das Innere des Stempels, klettern dann zur Spitze desselben und stopfen dort den großen Pollenklumpen tief in den Narbentrichter (Abb. 38), auf diese Weise die Befruchtung und Fortentwickelung der für die Jungen zum Fraß bestimmten Samenknospen im Inneren des Stem-

pels herbeiführend. Da ein einzelnes Räupchen bis zur vollen Entwickelung nur 18 bis 20 Samen aufzehrt, der Fruchtknoten deren aber etwa 200 enthält, so bleibt selbst bei der Ablage von 5 und mehr Eiern immer noch eine stattliche Anzahl von unversehrten und zur vollen Reife gelangenden Samenanlagen übrig. Jedenfalls ist festgestellt, daß die Yuccamotten allein für die Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe in Frage kommen und für diese Funktion unentbehrlich sind, da die Yuccablüten niemals Früchte ansetzen, wo jene Motten fehlen.

Abb. 38. Yucca-Blüte, von Yucca-Motte bestäubt (vordere Blumenblätter entfernt).

Noch komplizierter ist die Bestäubung der Feigen, die bekanntlich keine einzelne Blüte darstellen, sondern einen ganzen, im Inneren eines krug- oder urnenförmig ausgehöhlten, an der Spitze noch durch kleine Hochblättchen geschlossenen Zweiges befindlichen Blütenstand. Dieser Blütenstand enthält bei dem gemeinen südeuropäischen Feigenbaum (Ficus carica) bei den meisten Exemplaren nur Stempelblüten (Abb. 39 d, e), doch finden sich auch Bäume, deren Urnen außerdem — nahe der Mündung — noch einfach gebaute Staubgefäßblüten besitzen (Abb. 39 a, b), in welchem Falle der Griffel der zugleich in diesen Feigen vorhandenen Stempelblüten von auffallender Kürze ist (Abb. 39 c). Die Bestäubung wird nun durch kleine Hautflügler aus der Gruppe der Chalcidier herbeigeführt, und zwar bei der in Rede stehenden südeuropäischen Feigenart durch Blastophaga grossorum. Die

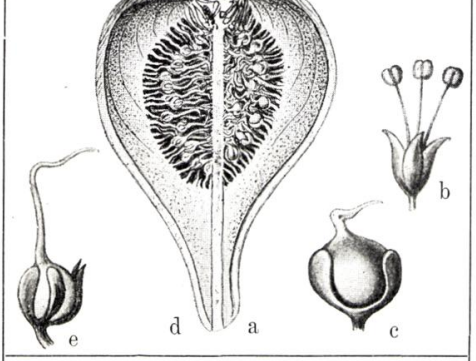


Abb. 39. a Schnitt durch eine halbe Feige mit männlichen und weiblichen Blüten (b u. c Einzelblüten), d Schnitt durch eine halbe Feige mit nur weibl. Blüten (e einzelne weibl. Blüte).

Tierchen kriechen in das Innere der Feigenurne und legen, falls es ſich um eine derjenigen Urnen handelt, in der die kurzgriffligen weiblichen Blüten und die Staubgefäßblüten ſtehen, mit ihrem Legebohrer durch den Griffelkanal ein Ei in den Fruchtknoten, der darauf zu einer die Raupe umhüllenden und nährenden Galle auswächſt. Beim Verlaſſen der Urne durch das Gatter der kleinen Hochblätter der Mündung beladet ſich das Inſekt mit dem Pollen der hier befindlichen Staubblätter und überträgt denſelben in die Urnen anderer Bäume, die vielleicht den erſt beſchriebenen Bau — nur mit langgriffligen Stempelblüten, ohne Staubgefäßblüten — beſitzen. Indem das Tierchen hier herumklettert, um in gleicher Weiſe ſeine Eier durch den Griffelkanal in den Fruchtknoten zu ſenken, beſtäubt es dieſe Blüten; ſeine Bemühungen betreffs der Eiablage bleiben aber in dieſem Falle inſofern erfolglos, als der Griffel dieſer Blüten für das Ausmaß der Legeröhre zu lang iſt: Die Eier bleiben im Griffelkanal ſtecken und gehen zugrunde, ſo daß die durch den miteingeführten Pollen befruchteten Samenknoſpen ſich ohne irgendwelche Schädigung entwickeln können. Der ganze komplizierte Mechanismus charakteriſiert ſich, im Gegenſatz zur Yuccablüte, als eine höchſt raffinierte und vortrefflich funktionierende Arbeitsteilung: Die kurzgriffligen Blüten in den auch Staubgefäße enthaltenden Urnen werden einfach den beſuchenden Inſekten als Nahrung für ihre Jungen geopfert; dagegen iſt dann aber in den übrigen, ſtaubgefäßloſen Urnen durch Verlängerung des Griffelkanals der Stempel dafür geſorgt, daß jede Schädigung unmöglich wird und die Samen zur Entwickelung gelangen. Der Unterſchied zwiſchen den gewöhnlichen, nur Urnen mit langgriffligen weiblichen Blüten tragenden Ficusbäumen und den Staubgefäße und kurzgriffligе weibliche Blüten in ihren Urnen beſitzenden, als Caprificus bezeichneten Bäumen war bereits den Alten bekannt. Auch iſt es an vielen Orten von alters her Sitte — ohne daß man natürlich den tieferen Zuſammenhang ahnte —, zur Hervorbringung ſamenhaltiger Feigen die gewöhnlichen Feigenbäume mit abgeſchnittenen Zweigen des Caprificus zu behängen („Caprification"), wodurch ja, wie wir jetzt wiſſen, das Überwandern der aus den Caprificus hervorkriechenden Chalcidier in die Ficusurnen und deren Befruchtung erleichtert wird. In Kalifornien gelang es nicht, ſchmackhafte Feigen zu gewinnen, bis durch Überführung des Caprificus und ſeiner Bewohner auch dort die Bildung reifer Samen in den Urnen ermöglicht war. Bei den Hunderten anderer Ficusarten exiſtieren augenſcheinlich im weſentlichen ähnliche, wenn auch vielfachen Modifikationen unterworfene Beſtäubungseinrichtungen.

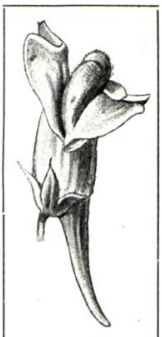


Abb. 40. Spornblüte des Leinkrauts.

Das bei weitem häufigste Nahrungsmittel, welches die Blüten den Insekten darbieten, ist der Nektar oder Blütenhonig, eine Lösung von Traubenzucker und Rohrzucker. Gegen 90% aller auf Insektenbesuch angewiesenen Pflanzen produzieren ihn. Er wird nur selten diosmotisch ausgeschieden, sondern quillt in der Regel aus den Spaltöffnungen umgewandelter, als Nektarien bezeichneter Gewebsteile sehr verschiedener Blütenorgane hervor, wo er entweder als feiner Überzug bzw. in Form von Tröpfchen hängenbleibt, oder aber — bei größeren Mengen — in besonderen Saftbehältern (manche Sporne, z. B. Viola, Linaria; Abb. 40) sich ansammelt. In der Mehrzahl der Fälle sind es die Blumen- bzw. Perigonblätter, welche am Grunde oder in besonderen Ausstackungen (Spornen) derartige Nektarien tragen (viele Ranunculaceen, Geisblattgewächse, Alpenrosen, Baldriane, Sonnentaugewächse, die Liliaceen, Amaryllidaceen, Orchideen usw.; Abb. 41a) oder ganz in solche umgewandelt sind (Nigella, Sturmhut, Nieswurz, Trollius, manche Anemonen usw.; Abb. 41b). Aber auch an den Staubgefäßen ist die Bildung von Nektarien nicht selten (Tulpe, Herbstzeitlose, Storchschnabel, Heidelbeere, Alsineen, Sileneen) und ebenso an verschiedenen Teilen des Stempels („Stempelpolster" der Doldenpflanzen, des Spindelbaums, des Efeus, des Steinbrechs; Wülste am Grunde des Fruchtknotens bei Gentianeen usw.) und des Blütenbodens (Prunus-Arten, Himbeere, Erdbeere, Labiaten, Borraginaceen, Scrophulariaceen). Bei der Kapuzinerkresse scheidet sogar der in einen langen Sporn ausgezogene Kelch den Blütenhonig aus.

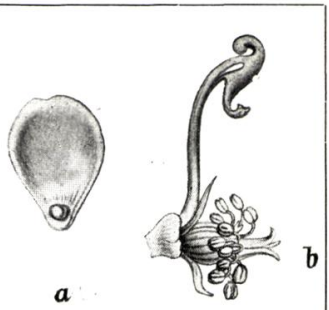


Abb. 41. Nektarien: a) vom Hahnenfuß, b) vom Sturmhut.

Verhältnismäßig selten ist der Fall, daß die Blüten vorwiegend nur schützende und zum Teil auch besonders warme[1]) Unterkunft bieten, woneben dann höchstens noch einige saftreiche Zellen der Innenwand der Behausung als Nahrung

1) Bei Arum kann die Temperatur innerhalb des Blütenstandshochblatts bis 16° über die Lufttemperatur steigen.

zur Verfügung geſtellt werden. Es gehören hierher vor allem die von einem großen Hochblatte umſchloſſenen Blütenſtände der Aroideen (Abb. 42) und die Blüten der Oſterluzeigewächſe. In beiden Gruppen ſind es namentlich kleine Fliegen- oder vielmehr Mückenarten, wie Psychoda, Chironomus, Ceratopogon uſw., welche oft in großer Zahl in dieſe lang krugförmigen Behälter eindringen und hier in ganz eigenartiger Weiſe zur Übertragung des Blütenſtaubes auf die Narbe anderer Blütenſtände bzw. Blüten gezwungen werden. Man hat die Vorrichtungen beim Aronsſtab und der Oſterluzei wohl als Keſſelfallen bezeichnet. Bei den Oſterluzeigewächſen (Abb. 43 a, b) ſehen wir die langröhrige Blumenkrone im Inneren mit ſteifen, abwärts gerichteten Haaren beſetzt, die, nach dem Prinzip der bekannten Mauſefallen, wohl das Hineinkriechen, nicht aber das Herauskriechen der kleinen Mücken ermöglichen. Am Boden der Blüte können die letzteren zunächſt nur zur Narbe gelangen, da die tief im Grunde ſtehenden Staubbeutel vorerſt noch durch die Narbenläppchen überdeckt ſind. Iſt aber die Narbe durch den mitgebrachten Blütenſtaub von den Mücken beſtäubt, ſo rollen ſich die Narbenläppchen aufwärts um und geſtatten den Zugang auch zu den Staubbeuteln, mit deren Pollen die überall einen Ausweg ſuchenden Tierchen ſich nunmehr bepudern. Iſt dies geſchehen, ſo vertrocknen die Haare der Blumenkronenröhre und geſtatten den Mücken freien Ausgang, die darauf in einer anderen Blüte das Spiel von neuem beginnen. Ähnlich ſind die Verhältniſſe bei den Blütenſtänden des Aronsſtabs, nur daß hier das den freien Ausflug hemmende Hindernis aus zwei Kränzen der

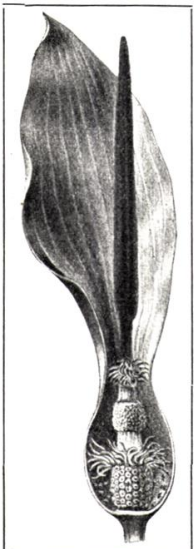


Abb. 42. Keſſelfalle vom Aronſtab, längsgeſchnitten.

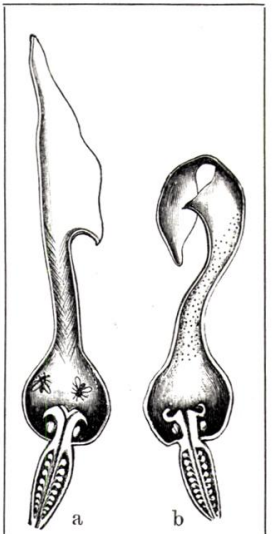


Abb. 43. Keſſelfalle der Oſterluzei: a) vor, b) nach der Beſtäubung.

Blütenstandsachse ansitzender, fleischiger Borsten gebildet wird. Dieselben sind so angebracht, daß die Mücken zunächst durch beide hindurch zu den am Grunde der Blütenstandsachse sitzenden weiblichen Blüten vordringen, dann, nach Bestäubung derselben und Vertrocknen des unteren Borstenkranzes, in die darüber liegende Region der hier ringförmig die Achse umschließenden Staubgefäße aufsteigen, wo sie sich frisch mit Pollen beladen und nun erst durch den jetzt ebenfalls vertrocknenden oberen Borstenkranz ins Freie gelangen können.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die Blüten der Passionsblumen durch Ausbildung eines eigenartigen Reusenwerkes den besuchenden Kolibris außer Honig auch gefangene Insekten liefern, während die brasilianische Maregravia nepenthoides ihnen besondere Honigkrüge inmitten des einem umgekehrten Kronleuchter gleichenden Blütenstandes darbieten.

b) Die Anlockungsmittel der Blüten.

Als Anlockungsmittel haben, wie schon bemerkt, die Farben der Blüten zu gelten, sowie die Düfte, welche sie ausströmen.

Diejenigen Organe, welche als die hauptsächlichsten Träger der Farben erscheinen, gewissermaßen also die „Aushängeschilder" der Blüten darstellen, sind die Blumenblätter bzw. Perigonblätter. Vielfach sind jedoch auch die Kelchblätter lebhaft gefärbt, besonders dann, wenn etwa die Blumenblätter völlig in unscheinbare Nektarien umgewandelt sind (Sturmhut, Nieswurz, manche Anemonen usw.). Daneben finden sich nicht selten weithin scheinende Hochblätter (Astrantia, Cornus mas, Edelweiß, Wachtelweizen, Poincettia, Bougainvillea), leuchtende Staubgefäße (Weiden, Wiesenraute, echte Akazien, Metrosideros-Arten usw.), ja selbst farbige Blütenstiele und Blütenstandachsen (Andromeda, Eryngium). Wo die einzelne Blüte zu unscheinbar ist, um die Aufmerksamkeit der Insekten auf größere Entfernungen zu erregen, tritt in außerordentlich vielen Fällen eine Häufung, eine enge Vergesellschaftung zahlreicher Blüten ein, wodurch dann derselbe Effekt wie durch eine einzige große Blüte hervorgerufen wird. Ja diese Methode scheint sogar in bezug auf Bestäubung und Samenproduktion die vorteilhaftere zu sein, da gerade diejenige Pflanzenfamilie, welche in bezug auf die Anordnung vieler kleiner Blüten zu einem großen, scheinenden „Körbchen" am vollkommensten organisiert ist, die Familie der Korbblütler oder Compositen, bei weitem die größte unter allen Phanerogamen ist und wohl nahezu $^1/_{10}$ aller Blütenpflanzen umfaßt. Neben den Compositen haben namentlich noch die Dol-

denpflanzen ihre Blüten zu einer weithin ſcheinenden Fläche vereinigt. Nicht ſelten werden dieſe Blütenſtände dadurch noch auffallender geſtaltet, daß die Blüten des Randes größere und auch wohl anders gefärbte und geformte Blumenblätter beſitzen, wie diejenigen der Mitte (ſtrahlende Blüten vieler Doldenpflanzen, des Schneeballs, der Skabioſen, Iberis uſw., zungenförmige Randblüten der Compoſiten, große Röhrenblüten der Kornblume). Lebhafte Farbenkontraſte (Rand- und Scheibenblüten der Compoſiten, verſchiedene Färbung von Schiffchen und Fahne der Schmetterlingsblütler, rote Nebenkrone der weißen Narziſſe) erhöhen daneben oft die Wirkſamkeit des Anlockungsmittels. Umfärbung der Blüte, wie ſie z. B. beim Lungenkraut (Pulmonaria) nach der Beſtäubung von rot nach blau eintritt, zeigen den Inſekten bisweilen ſchon aus der Ferne an, wo ihr Beſuch noch erwünſcht und erfolgreich iſt: Nur die roten Blüten des Lungenkrautes werden von den ſie beſtäubenden Anthophora pilipes eines Beſuches gewürdigt.

In bezug auf die verſchiedenen Farben mag nur kurz bemerkt werden, daß blaue und violette Blüten von den Hummeln und Bienen bevorzugt werden, ſcharlachrote von den Faltern und Kolibris. Gelbe Blüten werden vornehmlich von Blütenſtaub ſammelnden Inſekten aufgeſucht, während die weiße und blaßgelbe Färbung häufig bei denjenigen Pflanzen zu finden iſt, welche auf den Beſuch der Abend- und Nachtfalter angewieſen ſind. Grüngelbe, ſowie ſchmutzige, trübe Färbungen in braun, violett und rot deuten auf Anpaſſung an verſchiedene Fliegengruppen. Bald nachdem die Beſtäubung vollzogen, pflegen die Blumenblätter als nunmehr überflüſſig zu welken und abzufallen. Sehr bezeichnend für ihre Aufgabe erſcheint es, daß ſie an unbefruchteten Blüten erheblich länger friſch bleiben, als an befruchteten.

Die Düfte der Blüten haben die Farbenwirkung der Blumenblätter augenſcheinlich zu unterſtützen, wirken auch zweifellos in der Regel auf weit größere Entfernungen, wie die Farben. Sie ſind von ſehr verſchiedener Art, ſogar oft bei ſehr nahen verwandten Formen. Aasgerüche finden ſich namentlich bei vielen Araceen, Ariſtolochien, Raffleſiaceen und Asclepiadeen (mit den Stapelia-Arten vom Kap) für die Gruppe der Aas- und Fleiſchfliegen. Beſonders durchdringend pflegen die Düfte derjenigen Blüten zu ſein, welche für den Beſuch der Nachtſchmetterlinge eingerichtet ſind; auch beginnt hier das Ausſtrömen der Gerüche erſt in den Abendſtunden. Der Blütenduft iſt nicht zu verwechſeln mit den ſehr verſchiedenen Düften, welche von vielen Pflanzen als Abwehrmittel gegen Weidetiere erzeugt werden (vgl. S. 46) und meiſt einen völlig anderen Charakter haben als die

Blütendüfte. So beſitzt die Koriandерpflanze einen ausgeſprochenen Wanzengeruch, der Schierling einen unangenehmen Mäuſegeruch, trotzdem die Blüten nach Honig duften. Am auffallendſten iſt dieſer Gegenſatz wohl bei gewiſſen Laucharten, deren widerlicher Knoblauchgeruch in manchen Fällen, wie beim Allium odoratissimum der Sahara, zunächſt von dem wunderbaren Vanilleduft der Blüten vollkommen übertäubt wird.

c) Vorrichtungen in den Blüten zur Sicherung der Beſtäubung durch die Tiere.

Die mannigfachen Aufwendungen, welche die Pflanzen gemacht, um die Inſekten zum Beſuche der Blüten zu veranlaſſen, wären natürlich zwecklos, wenn ſich nun nicht noch des weiteren Einrichtungen herausgebildet hätten, welche dahin zielen, daß die Inſekten bei dem Genuß der von der Pflanze gebotenen Nahrung zugleich auch die begehrte Übertragung des Blütenſtaubes auf die Narben anderer Blüten beſorgen, und zwar nicht nur gelegentlich und zufällig, ſondern mit möglichſter Regelmäßigkeit.

Bei der ungeheuren Mannigfaltigkeit der Inſektenwelt in Größe, Form, Mundwerkzeugen und Lebensgewohnheiten, und bei der im früheren bereits angedeuteten Verſchiedenheit der dargebotenen Genußmittel und deren Lagerung in der Blüte liegt es auf der Hand, daß jene Einrichtungen, welche eine Sicherung des Beſtäubungseffektes erſtreben, ebenfalls eine ſchier unüberſehbare Mannigfaltigkeit aufweiſen. Wir werden uns daher begnügen müſſen, nur einige allgemeine Geſichtspunkte hervorzuheben.

Bereits die Stellung der Blüte an ihrer Achſe iſt für die Art ihrer Beſucher nicht unweſentlich. Aufrechte Blüten, wie die der Dolden, Ranunkeln, Nelken, Skabioſen uſw., ſind auch den Käfern, Fliegen, Tagfaltern, Weſpen uſw. zugänglich, ſchräg abwärts gerichtete nur ſolchen, die keines Stützpunktes bedürfen und den Honig ſchwebend entnehmen, wie die Nachtfalter, Schwärmer, Schwebfliegen und Kolibris. Oft treten Drehungen des Blütenſtiels (Cytisus) oder des Fruchtknotens (die meiſten Orchideen) auf, um den Blüten die für den Anflug der Inſekten gewünſchte Stellung zu geben, und viele Blüten werden abwärts geſenkt, ſobald die Beſtäubung geſchehen iſt (Papilionaceen, Oſterluzei).

Von weit größerer Bedeutung als die Stellung der Blüten iſt ſodann das Fehlen oder Vorhandenſein des Nektars, die offene oder verſteckte Lage des letzteren und die hiermit in enger Beziehung ſtehende Form der Blumenkrone.

Die Form der reinen Pollenblumen (vgl. S. 70) ist in der Regel die einer aufrechten, flachen Schüssel, in welcher der etwa schon vor dem Insektenbesuch abfallende Blütenstaub wie in einer Schale aufgefangen werden kann. Als Besucher derselben sind vor allem zahlreiche kleine Blütenkäfer (Meligethes, Anthobium, Dasytes) zu nennen; aber auch Schwebfliegen, Waffenfliegen und echte Musciden, Blasenfüße und kurzrüsselige Bienen (Prosopis) stellen sich ein und finden in dem Pollen ihre Nahrung, sich dabei über und über mit dem feinen Staube bepudernd und ihn so auf die nächste Blüte übertragend, wo er zum Teil an den Narben abgestreift wird.

In bezug auf den Nektar ist vor allem zu unterscheiden, ob er offen zutage liegt, oder aber mehr oder weniger verborgen ist. Im ersteren Falle haben die Blüten im allgemeinen eine strahlig symmetrische, flach schüsselartige Form (Doldenpflanzen, Labkräuter, Ahorne, Linden, Kreuzdorn, Goldmilz, Moschuskraut usw.); ihre Farbe ist oftmals weiß oder grünlich. Als Besucher stellen sich namentlich die Blütenkäfer (Telephorus, Dasytes, Trichius, Anthrenus, Meligethes usw.) und kurzrüsselige Fliegen ein. Ist der Nektar nicht mehr völlig frei, sondern teilweise durch Haare, Schüppchen usw. verdeckt, wie bei den Kätzchen der Weiden, dem Kern- und Steinobst, den Mieren, vielen Kreuzblütlern, Sedum-Arten usw., so treten neben den Fliegen auch noch kurzrüsselige Bienen als Besucher hinzu, namentlich bei den gelben Blüten.

Liegt der Nektar, wie dies bei der großen Mehrzahl der Insektenblüten der Fall, völlig versteckt am Grunde einer mehr oder weniger glockig, röhrig oder trichterförmig vertieften Blumenkrone, so können im allgemeinen nur Insekten mit längeren Saugapparaten zu ihm gelangen. Ein großer Teil der hierher gehörigen Blüten zeigt trotz des Ausschlusses der Käfer, Wespen, kurzrüsseligen Fliegen und Bienen doch noch keine so spezifischen Einrichtungen, daß nicht jede Insektenart mit etwas längerem Rüssel den Nektar auffinden und zugleich die Bestäubung ausführen könnte. So ist es beispielsweise bei der großen Familie der Korbblütler (und der Kardengewächse), bei denen die Gesamtheit der Blüten eines Körbchens als Anflugsfläche dient, so auch bei zahlreichen andern, meist glockig oder röhrig geformten, vorwiegend rot oder blau gefärbten Blumen, wie dem Vergißmeinnicht, dem Flachs, Immergrün, Weiderich, den Sauerklee- und Storchschnabelarten, den Malven, Weidenröschen, kurzröhrigen Lippenblütlern (Thymus) und anderen. Neben langrüsseligen Fliegen und Bienen kommen auch Schmetterlinge beim Besuch dieser Blüten in Betracht.

Die höchste Stufe wechselseitiger Anpassung ist aber erst dort erreicht, wo die Blüte infolge ihrer spezifischen Einrichtungen der Hauptsache nach nur einer Insektengruppe oder gar nur ganz bestimmten Arten derselben angepaßt ist, meist also nur diesen die Entnahme des Nektars ermöglicht und ihnen dabei in ganz bestimmter Weise die Übertragung des Blütenstaubs auf die Narbe auferlegt. Von solchen „Blumen mit beschränktem Besucherkreis" lassen sich wieder drei Gruppen unterscheiden: die Fliegenblumen, die Bienen-(Hymenopteren)blumen und die Falterblumen.

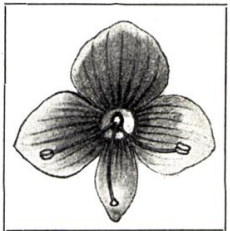


Abb. 44.
Blüte des Ehrenpreis.

Die Fliegenblumen zeigen, entsprechend den verschiedenen Körperdimensionen, Saugapparaten und Lebensgewohnheiten der Großfliegen, Aasfliegen und Kleinfliegen eine weitgehende Verschiedenheit ihres Baus. Speziell von Schwebfliegen unter den Großfliegen werden besucht die zierlichen, fast strahlig symmetrischen, weiß, rötlich oder himmelblau gefärbten Blüten der Ehrenpreisarten (Abb. 44), wobei die 2 Staubgefäße als Anflugstangen dienen, des Hexenkrauts (Circaea) und vieler Steinbrecharten, ferner die trübgefärbten Blüten der Euphorbien, die eine Ausscheidung von Nektar nur vortäuschenden sog. Täuschblumen (Parnassia), denen sich andere Täuschblumen (z. B. Einbeere) mit dem Besuche von Mücken und Kotfliegen anschließen. Die im späteren noch zu besprechenden „Klemmfallenblumen" (Vincetoxicum) werden von Blumenfliegen, Aasfliegen, Fleischfliegen und Raupenfliegen, einige (Asclepias) auch von Bienen besucht, während die S. 74 beschriebenen Kesselfallen (Aristolochia, Arum) ausschließlich die Kleinmücken (namentlich Psychoda) anlocken.

Nicht minder groß ist die Mannigfaltigkeit der Hymenopterenblumen, insonderheit der Bienenblumen, neben denen die Wespenblumen (einige Orchideen, wie Listera und Epipactis, Scrophularia, Feigenbaum [vgl. S. 71]) nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Bienenblumen sind stets durch röhrigen Bau und oft durch rote, blaue oder violette Farben ausgezeichnet. Viele besitzen noch eine strahlige Symmetrie, so die engröhrigen der Rauhblättler (Anchusa, Lycopsis, Lithospermum, Pulmonaria) und Primeln, und die weiteröhrigen, das Eindringen des ganzen Insektenkörpers gestattenden der Kürbisgewächse, Glockenblumen, Fingerhutarten, Gentiana acaulis, Herbstzeitlose, Schwertlilien, Kaiserkrone usw. Auch hängende, mit Anklammerungsvorrichtungen versehene Blüten, wie die des Schneeglöckchens, des

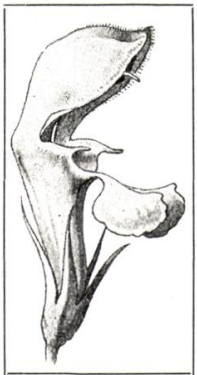


Abb. 45. Lippenblüte (Taubneſſel).

Beinwells (Symphitum), des Heidekrauts, gehören hierher. Häufiger aber iſt die Blüte zweiſeitig ſymmetriſch ausgebildet, wie dies ſchon beim Erdrauch, Lerchenſporn und Ritterſporn, in typiſcher Form aber bei den großen Familien der Lippenblütler (einſchließlich vieler Braunwurzgewächſe), der Orchideen und der Schmetterlingsblütler in die Erſcheinung tritt. Als „Anflugbrett" dient bei den beiden erſtgenannten Blütenformen (Abb. 45, 46) die meiſt noch durch beſondere, den Weg zum Nektar anzeigende „Saftmale" ausgezeichnete Unterlippe (Honiglippe der Orchideen); ſie trägt bei den ſog. maskierten Blüten (Löwenmaul, Leinkraut; vgl. Abb. 40) noch eine den Schlund verſchließende Vorwölbung (Gaumen), ſo daß nur beſonders ſtarke und ſchwere Inſekten mit ihrem Rüſſel bis zum Honig vordringen können. Oft finden ſich für den angeſammelten Nektar beſondere Spornbehälter (Leinkraut, Veilchen, viele Orchideen) ausgebildet. Im Gegenſatz zu der aus verwachſenen Blumenblättern gebildeten Blumenkronenröhre der Lippenblütler und Braunwurzgewächſe beſitzen die Orchideen und ebenſo die Veilchen freie Blumenblätter. Dasſelbe gilt von der Schmetterlingsblüte, deren Anflugsſtelle die zwei, durch die Schwere des Inſekts ſich nebſt dem Schiffchen ſenkenden Flügel darſtellen; ſie erſcheint gewiſſermaßen als die Umkehrung der Lippenblüte, inſofern ſich bei ihr, im Gegenſatz zu dieſer, die Befruchtungsorgane im unteren Abſchnitt der Blüte befinden und dadurch die Anheftung des Blütenſtaubs an der Bauchſeite des Inſekts bewirken, während bei den Lippenblütlern dieſe Anheftung an Kopf und Rücken erfolgt. Erwähnt ſeien ſchließlich noch als beſondere Formen der Bienenblumen die ſog. „Umwanderungsblüten", bei denen die Inſekten, um zu den durch Deckel, borſtenförmige Nebenkrone uſw. verſperrten Nektar zu gelangen, zu kreisförmiger Wanderung in der Blüte gezwungen werden (Nigella, Paſſionsblumen), und die den Keſſelfallen der Fliegenblumen verwandten „Immenfallen" (manche Orchideen, wie Cypripedium, Catasetum uſw.).

Abb. 46. Orchideenblüte.

Die Falterblumen endlich ſind in erſter

Linie durch die große Länge des zum Nektar führenden Weges ausgezeichnet, so daß eben nur Insekten mit besonders langem Rüssel bis zum Honig vordringen können (Abb. 47). Ein solcher kann allerdings auch bei gewissen Bienen vorhanden sein, so daß diese bei vielen Blumen den Faltern Konkurrenz zu machen vermögen, wie bei den Primeln, Gentianen, Nachtkerzen, Levkojen, Silene-Arten usw. Daneben ergibt sich aus der Geringfügigkeit der im Einzelfalle in Betracht kommenden Längenunterschiede daß unter zwei nahen verwandten Pflanzenarten die eine noch ganz wohl die Bienen befriedigen kann (Trifolium pratense, Viola canina), während die andere mit etwas längerem Nektarzugang (Trifolium alpestre, Viola calcarata) nur noch Faltern das Vordringen bis zu den Honigvorräten ermöglicht. Die meisten Falterblumen haben starken Geruch, die Tagfalterblumen brennende, meist rote Farben, die Nachtfalterblumen mehr lichte bis weiße Farben. Viele sind strahlig symmetrisch, engröhrig wie die Phlox-Arten und manche Enziane, oder mit freien, aber trotzdem zu langer Röhre vereinigten Blumenblättern, wie die Hauptmasse der Nelkengewächse (Dianthus, Silene, Viscaria, Agrostemma usw.). Andere sind zweiseitig symmetrisch und dann oft mit einem langen Sporn versehen (Gymnadenia, Anacamptis, Centranthus). Die längsten Blumenkronenröhren bzw. Sporne besitzen zweifellos die für Schwärmer eingerichteten Blüten, die Geisblattarten, Winden, Petunien, Gardenien, Nicotiana, Mirabilis, Platanthera (Abb. 48), ja eine madagassische Orchidee, das Angraecum sesquipedale, hat sogar einen Sporn von über 40 cm Länge und kann somit seines Nektars nur von einem Schwärmer beraubt werden, dessen Rüssel den unseres Windenschwärmers noch um das Mehrfache übertrifft.

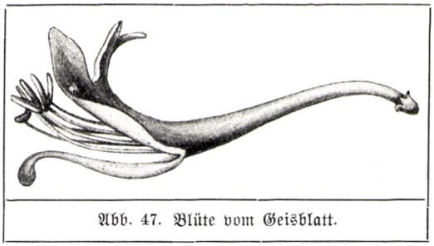


Abb. 47. Blüte vom Geisblatt.

Es versteht sich von selbst, daß die im vorstehenden gegebene Klassifikation der Blü-

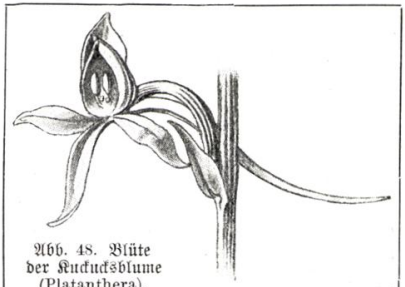


Abb. 48. Blüte der Kuckucksblume (Platanthera).

ten nach ihren Beſuchern für die große Mehrzahl der Blüten nur bedingte Geltung hat und in der Natur keineswegs ſo ſcharf ausgeprägt iſt, als es hier der Überſichtlichkeit halber geſchildert wurde. Auch mag noch ausdrücklich betont werden, daß die verſchiedenen Anpaſſungen an den Inſektenbeſuch zu der *natürlichen Verwandtſchaft* der Pflanzenformen nur verhältnismäßig geringe Beziehungen zeigen, da in ein und derſelben Familie vielfach Arten mit völlig verſchiedenem Beſtäubungsmodus auftreten. So ſind, um nur einige Beiſpiele zu nennen, in der Familie der Ranunculaceen gewiſſe Arten der Gattung Thalictrum *windblütig*, andere Arten dieſer Gattung nebſt den Anemonen und Clematis-Arten *Pollenblumen*, während die Hauptmaſſe der Ranunculaceen in ihren Blüten *Nektar* erzeugt und in den Gattungen Aquilegia, Delphinium, Aconitum, Nigella ſogar ausgeſprochene *Bienenblumen* ausgebildet hat. In der Familie der Braunwurzgewächſe finden wir nebeneinander reine *Pollenblumen* (Verbascum), *Fliegenblumen* (Veronica), *Weſpenblumen* (Scrophularia), *Bienen-* bzw. *Hummelblumen* (Antirrhinum, Linaria, Digitalis, Melampyrum) und *Falterblumen* (Alectorolophus-Arten, Erinus), und Ähnliches gilt von anderen Familien.

Neben der Lagerungsſtätte des Nektars und der allgemeinen Form der Blumenkrone kommen ſchließlich im Inneren des von ihr umſchloſſenen Raumes noch mannigfache Einrichtungen für den Beſuch der Inſekten in Betracht, die in Geſtalt von *Vorſprüngen*, *Leiſten*, *Haardickichten*, *Borſtenkränzen* uſw. dazu beſtimmt ſind, dem eindringenden Rüſſel nur *denjenigen Weg* zum Honig in der Tiefe zu erlauben, der mit Sicherheit gleichzeitig auch die *Beladung* mit *Blütenſtaub*, bzw. das *Abſtreifen desſelben* an der *Narbe* herbeizuführen geeignet iſt.

Die wichtigſte Rolle beim Beſtäubungsvorgang ſpielen natürlich die *Staubgefäße* und *Stempel* in der Blüte, ihre *Stellung*, ihr *Bau*, ihr *geſamtes Verhalten* bei dem jeweiligen Beſtäubungsmodus.

Daß die *Staubgefäße* teils nur ſparſam, teils überreichlich Blütenſtaub produzieren, wurde bereits S. 70 hervorgehoben. Der *Pollen* iſt in der Regel pulverförmig und ſtaubig, ſeltener breiig oder gar zu einem maſſigen Klumpen (Pollinarien der Orchideen und Asclepiadeen) vereinigt. Die mit ihm in Berührung kommenden Inſekten werden entweder über und über von demſelben bepudert (Doldenpflanzen, Skabioſen, Nelken, Roſen, Mohn, Anemonen, Magnolien, Araceen, Oſterluzei uſw.), oder es ſind Vorrichtungen getroffen, durch welche nur beſtimmte Stellen des Körpers, der Rüſſel, der Kopf, die Schultern, die Ober- bzw. Unterſeite des Abdomens, mit ihm beſtäubt,

belegt oder beklebt werden. So wird beispielsweise die Unterseite des Insektenkörpers mit Pollen behaftet bei den Scheibenblüten der Kompositen, dem Ehrenpreis, Sturmhut, Natterkopf, den Schmetterlingsblütlern (vgl. S. 80) usw., die Oberseite der Bienen bzw. Hummeln bei den Lippenblütlern, Braunwurzgewächsen, den Schwertlilien und anderen. Bei der Nachtkerze wird der Kopf der Schmetterlinge mit Blütenstaub bepudert, und ähnlich heften sich die Blütenstaubklumpen der Orchideen an die Stirn der Bienen (Abb. 49), während sie bei den Asclepiadeen an den Krallen der besuchenden Fliegen und Hautflügler hängenbleiben.

Abb. 49 Pollinarien einer Orchis an der Stirn einer Biene.

Selbstverständlich ist die Stellung der Staubgefäße durchweg eine solche in der Blüte, daß die honigsuchenden Tiere mit deren Pollen in Berührung kommen müssen, wobei vielfach zur Zeit der Reife des Staubbeutels Lagenveränderungen, Drehungen usw. zur Erreichung dieses Zweckes beobachtet werden, wenn nicht gar besondere Mechanismen ausgebildet sind, welche in oft überraschender Weise dafür sorgen, daß der Pollen gerade dann und nur dann in Aktion tritt, wenn ein Insekt zum Naschen des Honigs die Blüte besucht. Die Mannigfaltigkeit dieser Bestäubungsmechanismen ist groß. So wird der staub- oder pulverförmige Pollen vielfach durch besondere Streu-, Schlag- und Schleuderapparate aus den Antheren entleert, wenn die Blütenteile durch ein Insekt in ihrer Lage verändert bzw. erschüttert werden.

Besonders häufig unter den Streuapparaten sind die Streuzangen, deren Mechanismus darauf beruht, daß etwa zwei muschelförmig gehöhlte Staubbeutel (Abb. 50), wie bei Scrophularia, Pedicularis, Rhinanthus, Lathraea usw., mit ihren Höhlungen so gegeneinander liegen, daß der aus den Fächern austretende und in den Höhlungen sich ansammelnde Blütenstaub nur dann herausfallen kann, wenn die beiden Schalen selbst oder die sie tragenden Staubfäden durch den sich dazwischen schiebenden Rüssel des Insekts auseinander gebogen werden. Staubbeutel, die sich nicht durch Längsspalt, sondern mit Löchern öffnen (Vaccinium-Arten, Pirola, Cyclamen usw.) werden wohl als Streubüchsen bezeichnet (Abb. 51). Sie besitzen oft eigentümliche

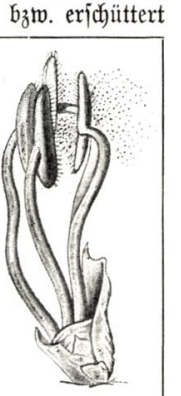


Abb. 50. Streuzangen von Pedicularis.

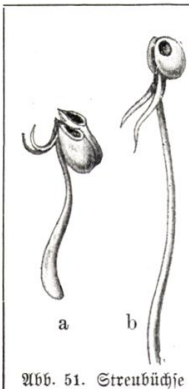


Abb. 51. Streubüchse a) der Bärentraube, b) der Glockenseide.

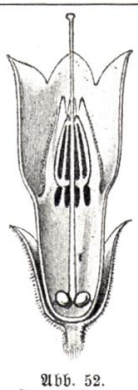


Abb. 52. Streukegel des Beinwell.

Fortsätze und Hörner, an welche die Insekten anstoßen, wobei dann der lockere Pollen partienweise durch die Erschütterung aus den Porenlöchern des Staubbeutelfaches herausfällt. Sogenannte Streukegel endlich findet man bei vielen Borraginaceen (Borrago, Symphitum, Cerinthe; Abb. 52) und bei den Soldanellen. Die quirlig angeordneten Staubbeutel sind hier zu einem Hohlkegel vereinigt, wobei das Herausfallen des Blütenstaubes aus den schlitzförmigen Öffnungen der Antherenfächer teils durch Anpressen an den Griffel (Soldanella), teils durch Lagerung der Schlitze gegeneinander so lange verhindert wird, bis durch das eindringende Insekt eine Verschiebung stattfindet. Beim Stiefmütterchen ist dieser Mechanismus insofern abgeändert, als hier die Erschütterung des Streukegels nicht direkt, sondern durch Heben des auf federndem Griffel befindlichen Narbenkopfes seitens des zum Sporn der Blüte vordringenden Rüssels bewirkt wird.

Schlagapparate entstehen häufig dadurch, daß die Staubfäden auf Reiz eine schnelle schlagende Bewegung ausführen, wie bei der Berberitze, wo die Staubgefäße zunächst in den schalenförmigen Blumenblättern verborgen liegen, durch Berührung des Staubfadens an seiner Basis aber nach innen schlagen. Ähnlich ist es bei den Opuntien. Komplizierter erscheint der Apparat der Salbeiarten, wo die schlagbaumartigen, am Grunde zu einem Plättchen vereinigten zwei Staubgefäße gelenkig an kleinen seitlichen Trägern befestigt sind, so daß sie eine schaukelnde Bewegung ausführen können. Stößt nun der Rüssel des besuchenden Insekts beim Eindringen in das Innere gegen das unpaare Plättchen der Staubgefäße, so schlagen diese mit ihrem oberen Teil nach vorn über und bestäuben so den Rücken des Insekts (Abb. 53a, b).

Mannigfacher Art sind sodann die Schleuderapparate, bei welchen der Blütenstaub durch die Federkraft gespannter Gewebe emporgeschleudert wird. Bei einer persischen Crucianella-Art schleudert der nach Öffnen der Blüte infolge von Druckbefreiung plötzlich sich streckende

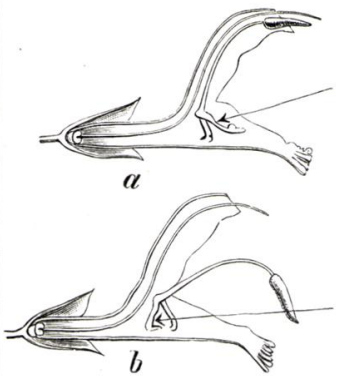


Abb. 53. Schlagapparat der Salbeiblüte.

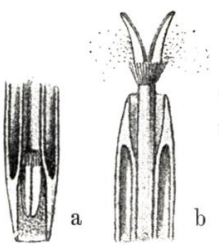


Abb. 54. Schleuderapparat der Kornblume.

Abb. 55. Griffelbürste der Erbse.

Griffel mit seiner kopfigen Narbe den über und neben ihr angesammelten Pollen in die Luft. Bei der Kornblume (Abb. 54a, b), der Eselsdistel (Onopordon) und anderen Korbblütlern verkürzen sich auf Reiz die Staubfäden der fünf den mit Kranzbürste oder Endschopf versehenen Griffel ringförmig bzw. hohlzylindrisch umschließenden Staubbeutel, ziehen also den Hohlzylinder abwärts, so daß hierdurch der auf der Innenfläche des Hohlzylinders ausgetretene Pollen seitens der Kranzbürste wie durch einen Kanonenwischer herausgefegt wird In ähnlicher Weise wird auch bei den Erbsen, Bohnen, Wicken, Platterbsen usw. der Blütenstaub, der sich an der Spitze des Schiffchens angesammelt hat, durch eine Griffelbürste (Abb. 55) herausgefegt; der auslösende Mechanismus besteht aber hier nicht in einer Verkürzung der Staubfäden, sondern in einer Charnierverbindung zwischen Schiffchen und Flügel der Blüte, welche bewirkt, daß das Schiffchen sich senkt und die Staubgefäße mitsamt dem Griffel heraustreten läßt, sobald die Flügel durch die Last des aufgeflogenen Insekts beschwert werden. Bei vielen anderen Schmetterlingsblütlern, wie beim Besenstrauch (Abb. 56), Ginster, Schneckenklee, Traganth, Ulex usw., erscheint der Apparat noch dadurch ver-

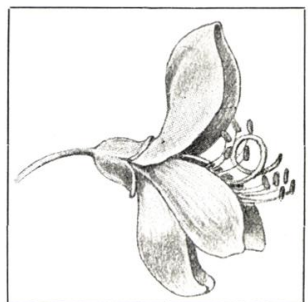


Abb. 56. Uhrfederapparat des Besenstrauchs.

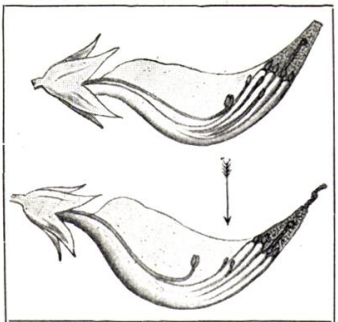


Abb. 57. Nudelpumpapparat des Hornklees.

vollkommnet, daß Staubgefäße und Griffel im Inneren des Schiffchens uhrfederartig gespannt sind und nun, beim Herabklappen des Schiffchens frei geworden, den Blütenstaub mit großer Kraft gegen die Unterseite des sie besuchenden Insekts schleudern.

Durch eine geringe Abänderung der soeben geschilderten Vorrichtungen erhalten wir den Pumpapparat, wie er ebenfalls bei vielen Schmetterlingsblütlern (Honigklee, Wundklee, Hauhechel, Lupine, Coronilla usw.) entwickelt ist. Der wesentliche Unterschied besteht nur darin, daß hier der Pollen nicht staubförmig, sondern breiartig-teigig ist, und daß die Staubgefäße nebst Griffel beim Senken des Schiffchens nicht aus demselben heraustreten, sondern mit ihren Vorderenden mehr nach vorn in die äußerste Spitze des Schiffchens gedrängt werden. Sie üben hierdurch auf den dort angesammelten breiigen Blütenstaub einen Druck aus, so daß er als feiner wurst- oder nudelförmiger Zylinder aus der Spitze des Schiffchens herausgepreßt (Abb. 57) und der Unterseite des Insekts angeklebt wird.

Besonderes Interesse hat von jeher die Bestäubung der Orchideen erregt, bei denen die Pollenkörnchen jedes Staubbeutelfaches durch Klebstoff zu einem soliden, ovalen oder keulenförmigen Klumpen, dem Pollinarium, verbunden sind (Abb. 58 a, b, c). Diese Blütenstaubklumpen bleiben zunächst in den schlitzförmig sich öffnenden Staubbeuteln verborgen, stehen aber an ihrem unteren, verjüngten oder gestielten Ende mit einer Klebscheibe (Rostellum) in Verbindung, die stets eine solche Lage hat, daß die auf der Honiglippe anfliegenden und ihren Rüssel in die Tiefe senkenden Insekten mit ihrem Kopfe daran stoßen. Die Klebscheibe haftet dann alsbald dem Insekt an, so daß die Pollenklumpen aus den Staubbeutelfächern herausgezogen werden und nun dem davonfliegenden Insekt wie zwei Stirnhörner ansitzen (vgl. Abb. 49). Im einzelnen herrschen hier große Verschiedenheiten; das Prinzip aber, auf dessen Klarstellung es bei unseren Darlegungen allein ankommt, ist überall im wesentlichen das gleiche.

Noch bei einer anderen Pflanzenfamilie, derjenigen der Asclepiadaceen, findet sich eine solche Vereinigung der Pollenkörnchen zu kompakten Massen oder Pollinarien. Dieselben sind aber nicht weich

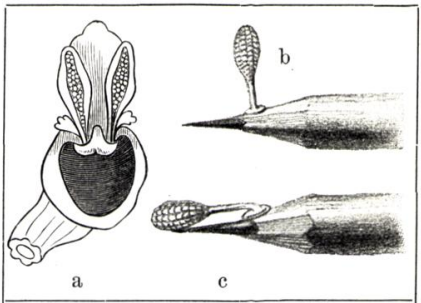


Abb. 58. a) Narbe und Staubbeutel des Knabenkrauts, b) u. c) Pollinarien mittels einer Bleifeder aus den Pollensäcken herausgezogen.

und klebrig wie diejenigen der Orchideen, sondern hart und trocken, und statt der Klebscheibe sehen wir am Grunde der langgestielten, zwei verschiedenen Staubbeuteln entstammenden Pollinarien ein unpaares, beide verbindendes hornartiges Blättchen, das zweispaltig ist und infolge dieser Beschaffenheit die Fähigkeit besitzt, die Fußkrallen bzw. den Rüssel der besuchenden Insekten in diesem Spalt einzuklemmen. Es hat daher den Namen „Klemmkörper" erhalten. Die Klemmkörper sind in der sehr seltsam gebauten, von einer mächtigen, glatten Narbenplatte zum großen Teil überdeckten Blüte so in der Tiefe schlitzförmiger Höhlungen angebracht, daß die Krallen (bzw. Rüsselspitze) der besuchenden Insekten beim Eingreifen in diese Schlitze von den Klemmkörpern wie von Fußangeln gepackt werden, wodurch dann beim Abfliegen des Tieres der Klemmapparat mitsamt den an ihm befestigten Pollensäcken aus der Blüte herausgerissen und alsbald auf die Narbe einer anderen Blüte übertragen wird.

Wenn durch diese und ähnliche Vorrichtungen erreicht wird, daß das honigsuchende Tier bei Gelegenheit der Bewirtung nun auch wirklich mit Pollen sich bestäubt, so ist in analoger Weise durch mancherlei Mittel dafür gesorgt, daß der entnommene Blütenstaub tatsächlich dahin gelangt, wohin die Pflanze ihn zu haben wünscht, nämlich auf die Narbe einer anderen Blüte. Zum Festhalten des Pollens ist die Narbe oft federig gefranst, oder sie trägt dicht gereihte zarte Papillen, in denen sich der pulverförmige Blütenstaub wie in einer Bürste oder in Samt fängt. In anderen Fällen ist die Narbe mit Klebstoff überzogen, so daß der darüber streifende Pollen an ihr hängenbleibt. Das Problem, das zu lösen war, besteht nun im wesentlichen darin, daß dieselbe Körperstelle des Insekts, die vordem mit Pollen belegt wurde, in der dann besuchten Blüte mit den aufnahmefähigen Narbenflächen in Berührung kommt. Häufig wird dies durch einen einfachen Platzwechsel von Staubbeuteln und Narben erreicht. So verdeckt beim Studentenröschen (Parnassia) zunächst eins der fünf Staubgefäße nach dem anderen die Narbe und macht die Bestäubung derselben unmög-

Abb. 59. Blüte vom Studentenröschen; der letzte Staubbeutel überdeckt die Narbe.

lich. Sobald aber der letzte Staubbeutel (Abb. 59) abgefallen, wird die Narbe frei und kann nun erst bestäubt werden. Ähnlich ist es bei der Spornblume (Centhranthus), die aber nur ein Staubgefäß besitzt, und bei der Waldbalsamine (Impatiens), wo die fünf eine Kappe bildenden Staubgefäße erst abfallen müssen, bevor die Narbe entblößt ist. Bei den Nelkengewächsen, den Steinbrecharten, manchen Gentianen usw. stehen die 2—5 Narbenstrahlen anfangs zusammengeklappt und aufgerichtet. Sobald aber die Staubbeutel der die Honigzugänge flankierenden Staubgefäße abgefallen sind, *spreizen* die Narbenlappen sich *wagerecht aus* und nehmen mit ihren Enden nunmehr denselben Platz ein, an dem vorher die Staubbeutel standen. Bei den Salbeiarten biegt sich der anfangs ganz in der Oberlippe verborgene Griffel später tief bogenförmig *abwärts*, so daß seine zwei Narbenblättchen jetzt etwa dort stehen, wohin die schaukelnden Staubgefäße mit ihren Staubbeuteln gelangen, wenn sie durch den in die Tiefe dringenden Rüssel der Hummel in Tätigkeit gesetzt werden. Ein ähnlicher *Platzwechsel* der Narben und Staubbeutel findet sich noch bei vielen anderen Pflanzen, wie bei der Nieswurz, dem Geisblatt, dem schmalblättrigen Weidenröschen, der Tollkirsche, dem Bilsenkraut, der Braunwurz usw., während bei noch wieder anderen Formen Staubbeutel und Narbe in verschiedenen Blüten derselben Art *von vornherein* eine derart verschiedene Stellung haben, daß die besuchenden Insekten in der einen Blüte den Blütenstaub aufnehmen, in der anderen aber ihn an der hier die gleiche Stellung einnehmenden Narbe abstäuben (Heterostylie der Primeln, Hottonia, Pulmonaria, Linum, Oxalis, Lythrum usw.; Abb. 60). Bei vielen Korbblütlern, Skabiosen, Doldenpflanzen pflegen sich die Narben erst völlig zu entwickeln, wenn die benachbarten Staubgefäße abgefallen oder verschrumpft sind, so daß also die Oberflächen dieser Blütenstände *anfangs* vornehmlich nur die Staubbeutel, *später* an Stelle dessen die Narben den Besuchern entgegenstrecken. Zuweilen wird durch nachträgliche *Erweiterung* der Blumenkrone ein ähnlicher Wechsel von Aufnahme und Abgabe des Pollens erreicht, so bei verschiedenen Kreuzblütlern, deren Eingangsöffnung anfangs so eng ist, daß das eindringende Insekt die Narbe in der Mitte streifen muß,

während bei weiterem Öffnen nur die mehr peripheriſch geſtellten Staubbeutel berührt werden. Bei der Haſelwurz (Asarum) ſind anfangs die drei Perigonzipfel derart eingeſchlagen, daß für die beſuchenden kleinen Fliegen nur drei enge Eingangsſpalten vorhanden ſind, durch die ſie notwendig zur Narbe gelangen, während ſpäter die Zipfel aufklappen und ſo freien Zugang zum Honig und zum Pollen, ohne den Umweg über die Narbe, gewähren. Bei mehreren Braunwurzgewächſen (z. B. Mimulus) und Utricu-lariaceen ſtellt ſich der untere Zipfel der zweilappigen Narbe in der engen Blumenkronenröhre dem eindringenden Rüſſel derart in den Weg, daß der an letzterem haftende Pollen notwendig dort abgeſtreift werden muß. Darauf *klappt* dieſer Narbenzipfel gegen den oberen *zuſammen*, ſo daß nun die in der Tiefe angebrachten Staubbeutel den Rüſſel aufs neue beſtäuben können, ohne daß beim Herausziehen dieſer Blütenſtaub mit der Narbe in Berührung kommt. In etwas abweichender Weiſe wird bei dem gemeinen Stiefmütterchen durch eine am Griffelkopf angebrachte Klappe die Narbe nach der Beſtäubung geſchloſſen, um die Beſtäubung durch den Pollen der eigenen Blüte zu verhüten. Bei der Übertragung der Pollinarien der Orchideen auf die Narbe erfahren die der Stirn hörnerartig anſitzenden Stiele der Pollenklumpen durch Austrocknen eine derartige *Drehung* und Neigung nach vorn (vgl. Abb. 58 b und c), daß die Spitze der Klumpen bei der nächſten Blüte direkt auf die Mitte der breitflächigen, klebrigen Narbe trifft, und hier zum Teil hängenbleibt, während das Inſekt ſeinen Rüſſel in die Tiefe ſenkt.

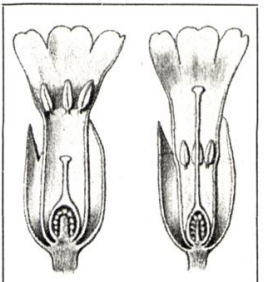


Abb. 60. Heteroſtylie zweier Primelblüten.

Durch ſolche und zahlreiche andere Anpaſſungen, deren Mannigfaltigkeit in dieſer kurzen Überſicht nur in großen, allgemeinen Zügen angedeutet werden konnte, haben die phanerogamiſchen Pflanzen es im Laufe ihrer phylogenetiſchen Entwickelung in der Tat erreicht, daß die für eine „Auffriſchung des Blutes“ ſo wichtige Vereinigung von Geſchlechtszellen *verſchiedener* Exemplare mit einer ſtaunenswerten Regelmäßigkeit und Sicherheit durch das Medium der Inſekten und anderer blütenbeſuchender Tiere ſich vollzieht. Im Anfang war es vermutlich nur überſchüſſiger Blütenſtaub, der den Tieren geboten wurde. Sodann kam es zur Ausbildung von Nektarien ſowohl an den Staubgefäß- wie an den Stempelblüten, d. h. zu einem Stadium, wie es heute

etwa noch die Weiden zeigen. Daneben scheint die Vereinigung beider Befruchtungsorgane in der nämlichen Blüte schon früh als besonders vorteilhaft sich herausgestellt zu haben. Es folgte die Umfärbung der Blütenhüllen zu bunten Aushängeschildern, die Entwickelung der Düfte, bis dann schließlich — wohl erst am Anfang der Tertiärzeit — die unendliche Reihe der Spezialisierungen und der Anpassungen an ganz bestimmte Tiergruppen sich herausbildete, die es uns heute oft schon auf den ersten Blick ermöglichen, zu sagen, ob wir es mit einer Käfer- oder Fliegenblume, einer Blume für Bienen-, Falter- oder Kolibribesuch zu tun haben.

d) Die Anpassungen der Insekten an die Blüten.

Es liegt auf der Hand, daß so langwierige und tiefgreifende Anpassungsprozesse zur Herstellung von regelmäßigen Wechselbeziehungen zwischen Tier und Pflanze nicht an den Blüten und ihren Organen allein zum Ausdruck kamen, sondern daß in ähnlicher Weise auch die Besucher der Blüten sowohl im Bau ihrer Organe wie in ihren Gewohnheiten und Instinkten beeinflußt wurden. Die aus sehr verschiedenen Kieferteilen hervorgegangenen und daher sehr verschiedenen Bau zeigenden Saugapparate zur Aufnahme des Honigs bei Käfern, Fliegen, Bienen und Schmetterlingen (Abb. 61) müssen ganz ausschließlich als solche Anpassungen an den Besuch der Blüten angesehen werden. Namentlich in der Gruppe der echten Apiden kann man noch an einer Reihe verschiedener Typen (Prosopis — Andrena — Halictus — Anthophora) die allmähliche Ausgestaltung von Unterlippe und Unterkiefern bis zu dem auf der Höhe der Entwickelung stehenden Saugrüssel der Bienen und Hummeln verfolgen. Bei manchen Bockkäfern (Leptura, Strangalia) erscheinen Kopf- und Halsschild für den Blütenbesuch verlängert, bei den südbrasilianischen Nemognatha-Arten sind die Laden der Unterkiefer sogar zu einem 12 mm langen Saugrohr ausgebildet. Neben den kurzrüsseligen Musciden mit ihren fleischigen Tupfpolstern der Unterlippe kennen wir die langen Saugrohre der Bombyliiden, Conopiden, Rhingien und anderer, und während der Rollrüssel der Eulen meist nur eine beschränkte Länge besitzt, kann er bei manchen Schwärmern (z. B. Macrosilia cluentius aus Brasilien) eine Länge bis zu 20 cm und wahrscheinlich noch mehr (vgl. S. 81) erreichen, so

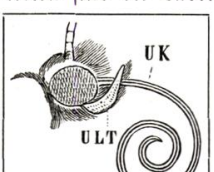


Abb. 61. Rüssel eines Tagfalters.

daß er bis auf den Grund der tiefſten Blumenkronenröhren vorzudringen vermag.

Abb. 62. Honigbiene mit Pollenklumpen (vergrößert).

Auch die Behaarung des Körpers, die für das Auffangen des Blütenſtaubes von großer Wichtigkeit iſt, dürfte in Ausbildung und Lokaliſation vielfach durch die beſonderen Verhältniſſe der zu beſuchenden Blüten beeinflußt ſein. Beſonders gilt dies von denjenigen Inſekten, die neben dem Honig auch Blütenſtaub begehren oder wohl gar in beſonderen Sammelapparaten für ihre Brut eintragen. Bekannt iſt es ja, daß die gemeine Honigbiene am erſten Tarſus der Hinterbeine einen vollſtändigen Bürſtenapparat für den Pollen beſitzt, und daß dieſer Pollen dann, zum Klumpen geballt, in einer ſchaufelförmigen, durch ſtarre Borſten überdeckten Vertiefung der Außenſeite der Hinterbeinſchienen, dem ſog. Körbchen, aufgeſpeichert und ſo nach Hauſe getragen wird (Abb. 62). Ganz die gleichen Apparate finden wir bei den Hummeln. Bei anderen Apiden ſind dieſe Einrichtungen weniger vollkommen und beſchränken ſich im allgemeinen auf ſtärkeren, oft mehr oder weniger borſtenförmigen Haarbeſatz an beſtimmten Stellen des Körpers, wonach man dann wohl Schenkelſammler (Halictus, Andrena, Dasypoda uſw.), Schienenſammler (z. B. Eucera, Anthophora) und Bauchſammler (Osmia, Anthidium, Megachile uſw.) zu unterſcheiden pflegt.

2. Die Verbreitung der Samen und Früchte durch Darbietung von Nahrung.

Lernten wir in den Klettvorrichtungen ein Mittel kennen, durch welches manche Pflanzen, ohne Gegenleiſtung zu bieten, das Tier zum Transport ihrer Samen und Früchte zwingen, ſobald es durch Zufall in ihren Bereich kommt, ſo haben wir uns nunmehr mit der jedenfalls noch ſicherer zum Ziele führenden Methode anderer Pflanzen zu beſchäftigen, entſprechend der Heranziehung der Inſekten zur Pollenübertragung, durch Darbietung von Nahrungsmaterial und unter Ausbildung ſinnfälliger Anlockungsmittel die Tiere gewiſſermaſſer zu freiwilliger Dienſtleiſtung bei der Zerſtreuung der Samen zu veranlaſſen.

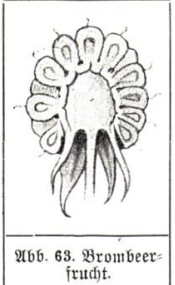


Abb. 63. Brombeerfrucht.

Da die Fruchtſchale vornehmlich nur dem Schutze des reifenden Samens dient und für die weiteren Schickſale des reifen Samens ohne Bedeutung iſt, ſo kann ſie ohne Bedenken geopfert werden, vorausgeſetzt, daß hierbei die Samen im Inneren vor etwaigen weiteren Gelüſten der Tiere geſichert ſind. Nach dieſem Prinzip iſt der Bau der ſog. Beerenfrüchte eingerichtet. Die Fruchtknotenwand wird beim Reifen mehr und mehr ſaftig oder fleiſchig, ſüß und wohlſchmeckend. Zur Anlockung entwickeln ſich nicht ſelten wohlriechende Äther (Erdbeere, Himbeere, Quitte, Ananas uſw.), und die äußere Schicht der Schale zeigt lebhafte Farben, am häufigſten rot (Kirſchen, Schneeball, Geisblatt, Vogelbeere, Johannisbeere, Traubenholunder, Berberitze, Mehlbeere, Stechpalme, Kellerhals, Maiblume, Spargel uſw.), ſeltener ſchwarzblau (Schlehe, Faulbaum, Holunderflieder, Weintraube, Bickbeere, Wacholder uſw.), weiß (Schneebeere, Miſtel) oder grün (Weintraube, Kartoffelbeere, Stachelbeere). Zur Steigerung der Sichtbarkeit ſind dieſe ſcheinenden Früchte oft in Trauben oder Trugdolden angeordnet, oder gar, gleich den Blüten der Korbblüttler, zu „Sammelfrüchten" vereinigt (Himbeere, Brombeere; Abb. 63) und bleiben, im Gegenſatz zu anderen Früchten, auch dann noch am Baume hängen, wenn die Blätter längſt abgefallen ſind, und die animaliſche Nahrung der Beerenfreſſer knapp zu werden beginnt. An wertvollen Eiweißſtoffen enthalten die Fruchtſchalen verhältnismäßig wenig. Als Beſucher werden in erſter Linie die beerenfreſſenden Vögel, die Droſſeln, Rotkehlchen, Fruchttauben uſw., herangezogen, die ſich von dem Fruchtfleiſche nähren; aber auch fliegende Hunde (für Feigen, Anonen, Bilbergien uſw.), Palmenroller (für Kaffeefrüchte), Affen uſw. kommen dabei in Frage. Die eingeſchloſſenen Samen ſind in der Regel durch ſteinharte Samenſchalen geſchützt, ſo daß ſie entweder achtlos zur Seite geworfen werden (Sperlinge — Kirſchkerne), oder aber beim Verſchlucktwerden der ganzen Beeren der Einwirkung der Verdauungsſäfte widerſtehen und unverändert teils aus dem Kropf, teils mit dem Kot ausgeſchieden werden. Dieſe letztere Art der Verbreitung der Samen erſcheint um ſo vorteilhafter, als hierdurch zugleich für die Keimung eine Portion ſtickſtoffhaltiger Dungſtoffe dem ſich entwickelnden Pflänzchen beigegeben wird.

Dieſes allgemeine Schema kann nun im einzelnen mannigfache Abänderungen erleiden. Statt der Fruchtknotenwand können auch andere Organe in der Umgegend des Stempels fleiſchig und ſchmackhaft wer-

den, wie der Blütenbodenkegel bei der Erdbeere, der Blütenbodentrichter bei der Roſe (Hagebutte) und dem Kernobſt, das Perigon bei der Maulbeere, der „Samenmantel" beim Spindelbaum (Evonymus) und bei der Muskatnuß. Bei der Maulbeere (Abb. 64) iſt ein ganzer Blütenſtand zu einer „Scheinbeere" vereinigt, und dasſelbe iſt in noch höherem Maße der Fall bei den Feigen, die eine fleiſchig gewordene Blütenſtandsachſe mit zahlreichen Blüten im Inneren darſtellen. Die Samen ſind nicht immer durch die Härte und Feſtigkeit der Samenſchalen geſchützt, ſondern oft durch eine innere, holzig werdende Schicht der Fruchtſchale, wie bei der Walnuß und den Steinfrüchten (Kirſche, Pflaume, Pfirſich uſw.); auch durch Bitterſtoffe und ſchlechten Geſchmack der Samenſchale kann das Verzehren der Samen verhindert werden (Apfelſine).

Wie bei dem Beſtäubungsakt für den Transport des Pollens zuweilen ſelbſt die Samenknoſpen und Samen geopfert werden (Yucca, Ficusarten), ſo auch iſt für die Verbreitung mancher Früchte der Samen ſelbſt das den Tieren zum Fraße dargebotene Objekt. Nur in Anbetracht der im früheren (S. 13) beſprochenen ungeheuer hohen Vernichtungsziffer der Keime iſt es verſtändlich, daß ſelbſt bei einer ſcheinbar ſo unrationellen Methode die Pflanze doch noch zweifellos beſſer fährt, als wenn die Samen oder Früchte alle unmittelbar auf dem Boden der Mutterpflanze ihre Heimſtätte aufſchlagen müßten. Die einzige „Anpaſſung", die hier den Pflanzen zugute kommt und augenſcheinlich bewirkt, daß trotz des zum Freſſen Geeignetſeins zahlloſe Samen dieſem Schickſal entgehen und fern von der Mutterpflanze zum Keimen gelangen, dürfte darin beſtehen, daß die Früchte, deren Samen verſpeiſt zu werden pflegen, auffallend glatt und rund ſind (Eicheln, Haſelnüſſe, Zirbelnüſſe), ſo daß ſie den Klauen der Säugetiere und Vögel, der Eichhörnchen, Haſelmäuſe, Eichelhäher, Nußhäher uſw., leicht entgleiten und dann im Laub und Moos des Untergrundes deren weiteren Nachſtellungen entgehen. Auch weiß man beiſpielsweiſe von den Eichhörnchen und Hähern, daß ſie ſich hier und da im Walde Magazine anlegen, ohne dieſelben jedoch immer wieder auffinden zu können oder aufzuſuchen. Ein ähnliches Entgleiten und Verſtreuen dürfte auch bei vielen kleineren Sämereien ſtattfinden, die den Finken, Hänflingen, Stieglitzen, Meiſen uſw. zur Nahrung dienen.

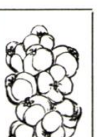


Abb. 64. Maulbeere.

Auch Inſekten und zwar ſpeziell die Ameiſen beteiligen ſich vielfach an der Verbreitung mancher Samen. Von einheimiſchen Ameiſen beſitzt namentlich die Raſenameiſe

(Tetramorium caespitum) eine große Liebhaberei für Samen und häuft davon eine Menge in ihren Vorratskammern an. Die in Betracht kommenden Samen[1]) zeichnen sich faſt alle durch ein beſonders großes, der Schale äußerlich anhaftendes, fleiſchiges Wärzchen, die Samen- oder Nabelſchwiele, aus, die von den Ameiſen allein begehrt wird, während ſie den Samen ſelbſt unverſehrt laſſen. Neben den Samen des Gartenveilchens, des Wachtelweizens, der Möhringie uſw. werden vor allem diejenigen des Schöllkrautes von den Ameiſen weithin verſchleppt und häufig gerade an ſolche Stellen, wie Mauerritzen uſw., an denen der Samen ohne fremde Hilfe wohl ſchwerlich ſich hätte anſiedeln können. Grasſamen werden namentlich von der ſüdeuropäiſchen Atta barbara in großen Mengen eingeſammelt.

Die Schnecken ſpielen bei der Verbreitung der Pilzſporen eine wichtige Rolle, ja Verſuche haben gezeigt, daß die Sporen vieler Hutpilze überhaupt erſt dann keimen, wenn ſie vorher den Darm der Schnecken paſſiert haben.

3. Symbioſe von Tieren und Pflanzen.

Wenn wir unter Symbioſe ein Sichaneinanderſchließen zweier Individuen verſchiedener Organiſation verſtehen, durch das beiden Beteiligten annähernd gleiche Vorteile erwachſen, ſo dürfen wir auch zwiſchen Pflanze und Tier eine Reihe ſolcher Symbioſen annehmen, die ſich dann ſehr natürlich in zwei Gruppen ſcheiden, nämlich in ſolche, bei denen die Pflanze der „Wirt", das Tier ſozuſagen der hilfreiche Gaſt iſt, und in ſolche, bei denen das Umgekehrte der Fall.

a) Tieriſche Gäſte in Pflanzen.[2])

In erſter Linie kommen hier diejenigen Pflanzen in Betracht, die mit den verſchiedenen Gruppen der Ameiſen in irgendwelche regel-

1) Vgl. Sernander, R.: Entwurf einer Monographie der europäiſchen Myrmecochoren. Kgl. Svenske Ak. Handb. Bd. 41, 1907.

2) Vgl. Delpino, F.: Funzione mirmecofila nel regno vegetale, Bologna 1886—89. Derſelbe: Piante formicarie in: Bull. orto bot. Napoli, Bd. 1, 1899—1903. Huth, E.: Ameiſen als Pflanzenſchutz. Verzeichnis der bisher bekannten myrmecophilen Pflanzen, Berlin 1886. Schimper, W.: Die Wechſelbeziehungen zwiſchen Pflanzen und Ameiſen im tropiſchen Amerika, Jena 1888. Treub, M.: Sur le Myrmecodia echinata. Ann. jardin de Buitenzorg III und VII. 1883 und 1888. Warburg, O.: Über Ameiſenpflanzen (Myrmecophyten) in: Biolog. Centralblatt Bd. 12, 1892. v. Ihering, H.: Die Ameiſen von Rio Grande do Sul in: Berlin. Natw. Zeitſchr. Bd. 39, 1894.

mäßigen Wechſelbeziehungen getreten ſind. Die Zahl dieſer Ameiſenpflanzen" oder Myrmecophilen im weiteſten Sinne iſt eine ſehr beträchtliche, da man bereits gegen 3000 Arten derſelben kennt. Bei der Mehrzahl handelt es ſich indes nur um verhältnismäßig lockere Beziehungen, indem ſich das Wechſelverhältnis darauf beſchränkt, daß die Pflanzen an den verſchiedenſten Organen, die nicht zur Blüte gehören, wie Blattſtielen, Blättern, Nebenblättern uſw., Honig ausſcheidende Drüſen, ſog. extranuptiale Nektarien, ausbilden, die von den Ameiſen ausgebeutet werden, wofür ſie dann als Gegendienſt die Pflanze von allerlei ſchädigendem Ungeziefer befreien. Schon bei vielen einheimiſchen Pflanzen, wie den Pappeln, dem Schneeball, Holunder, den Syringen, Wicken, Pflaumen, Mandeln uſw., ſind derartige Nektarien, vielfach ſogar mit wegweiſenden „Saftmalen", zu beobachten. In der oberitalieniſchen Tiefebene pflegt man am Fuße der Obſtbäume alte, mit Ameiſen beſiedelte Eichenſtümpfe zu befeſtigen, und die Chineſen der Provinz Canton ſchützen ihre Orangenbäume durch Anbringen von Neſtern baumbewohnender Ameiſen gegen Raupenfraß. Selbſt manche Gallen haben es merkwürdigerweiſe verſtanden, durch Honig- und Zuckerausſcheidung (Cynips quercus melliariae, Mellophorus bagoti in Mexiko und andere) oder klebrige Säfte (Cynips calycis, Aphilotrix sieboldi) die Ameiſen als Schutzgarde heranzuziehen.

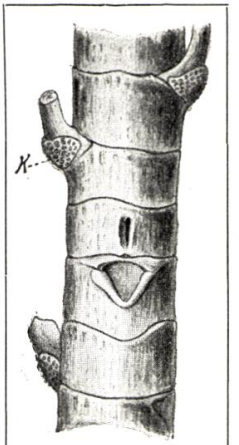


Abb. 65. Stamm von Cecropia mit Ausgangsöffnung für Ameiſen.

Ein weſentlich intimeres Verhältnis glaubte man längere Zeit dort zu erkennen, wo den Schutzameiſen außer Nahrung auch Wohnung ſeitens der Pflanze geboten wird. Dies iſt z. B. der Fall bei den im ganzen wärmeren Amerika verbreiteten Imba-uba-Bäumen oder Cecropien aus der Familie der Urticaceen. Im Stamme dieſer Bäume hauſen gewiſſe kleine Ameiſenarten aus den Gattungen Azteca und Crematogaster, die aus einer von der Pflanze ſelbſt durch weicheres Gewebe präformierten, dann von den Ameiſen gemachten ſchlitzförmigen Öffnung jedes Stengelgliedes (Abb. 65) nach außen gelangen können und dann mit Erfolg, die am Stamme emporkletternden Blattſchneideameiſen (Atta) bekämpfen ſollten, welche, wie S. 63 geſchildert, die Blätter des Baumes für ihre Pilzkulturen einernten wollen. Neuere Beobachtungen

Abb. 66. Myrmecodia-Knolle im Längsſchnitt.

machen es indes wahrſcheinlich, daß der vermeintlichen „Schutzgarde", obwohl ſie noch durch beſondere kleine Kölbchen (Müllerſche Körperchen) am Grunde der jungen Blattſtiele gefüttert wird, doch nicht die Rolle zufällt, die man ihr zuſchrieb, ſondern daß dieſe Ameiſen wohl mehr in die Kategorie der Raum- und Nahrungsſchmarotzer zu rechnen ſind. Nicht weſentlich anders dürften die Verhältniſſe bei den anderen Wohnpflanzen der Ameiſen liegen, ſo namentlich bei gewiſſen amerikaniſchen Acacia-Arten (Acacia cornigera, sphaerocephala), in deren nahe der Spitze mit Ausgangsöffnung verſehenen Rieſenſtacheln ſich Arten der Gattung Pseudomyrma anzuſiedeln pflegen, ſo auch bei Clerodendron fistulosum (Verbenacee) von Borneo, in deſſen Stamm als „Schutzameiſe" die Colobopsis clerodendri hauſt, bei der Palmenart Korthalsia, deren blaſig erweiterte Blattuten, bei der Palmenart Calamus annectens, deren zwei unterſte, ganz dem Stamm ſich anlegende Blattfiedern den Ameiſen Herberge gewähren, und bei vielen anderen Pflanzen aus den Familien der Euphorbiaceen, Myriſticaceen, Melaſtomaceen uſw. — Beſonderes Intereſſe erweckten auch gewiſſe oſtaſiatiſche, etwa $^3/_4$ Meter hohe, ſtrauchige oder krautige Epiphyten aus der Familie der Rubiaceen (Myrmecodia, Hydnophytum), deren unteres, dem Baume aufſitzendes Stammſtück zu einer oft faſt kopfgroßen Knolle angeſchwollen iſt (Abb. 66). Beim Durchſchneiden erſieht man, daß das fleiſchige Gewebe dieſer Knollen von einem vielverſchlungenen Labyrinth von Gängen und Kanälen durchzogen iſt, die von ſehr biſſigen Ameiſen (vorwiegend Irridomyrmex cordata und Cremastogaster deformatus) bewohnt ſind und auch frei mit der Außenwelt kommunizierende Öffnungen beſitzen. Auch hier ſcheint die urſprüngliche Annahme, daß es ſich bei dieſer eigenartigen Bildung um eine von der Pflanze ſpeziell dieſen Gäſten angepaßte und den normalen Ameiſenbauten etwa in alten Holzſtümpfen ungemein ähnliche „Ameiſenwohnung" handle, der Auffaſſung weichen zu müſſen, daß jene merkwürdige Knolle mit ihrem Kanallabyrinth in erſter Linie ein für die Pflanze ſelbſt nützliches Luftreſervoir darſtelle, das erſt nachträglich von den Ameiſen in ingeniöſer Weiſe für ihre eigenen Zwecke ausgenutzt wird. Jedenfalls bedarf die ganze Frage der Symbioſe zwiſchen

Pflanzen und Ameiſen einer erneuten, auf ſorgfältige Beobachtung geſtützten Prüfung.

Neben den Ameiſen wird man gewiſſe Rädertiere und Milben vielleicht als Symbionten der Pflanzen bezeichnen dürfen. In bezug auf die Rädertiere iſt es bekannt, daß manche Arten, namentlich aus der Gattung Callidina, oft in größeren Mengen in den eigentümlich urnenförmig geſtalteten Blattgebilden (Amphigaſtrien) gewiſſer Lebermooſe (Frullania) hauſen. Man nimmt an, daß dieſe Tierchen ſich von den in die Urne geratenen mancherlei Mikroorganismen, wie Sporen, Algenzellen, Infuſorien uſw., nähren und dann durch ihren Dünger der Pflanze Vorteil gewähren. Bei gewiſſen Arten Braſiliens ſind die kappenförmigen Amphigaſtrien ſogar genau der Geſtalt der ſie bewohnenden Rädertierchen angepaßt.

Eine ziemlich weit verbreitete Symbioſe ſcheint zwiſchen gewiſſen blattbewohnenden Milben[1]) (Eriophyes) und vielen Holzgewächſen zu beſtehen. Auf den Blättern dieſer Holzgewächſe findet man ſehr mannigfache kleine Verſtecke und Behälter ausgebildet, die ausnahmslos von Milben bewohnt werden und daher den Namen Acarodomatien erhalten haben. Sie beſtehen teils in dichten Haarſchöpfen in den Winkeln der Nerven auf der Blattunterſeite, wie bei den Linden (Abb. 67), Erlen, Ulmen, Ahornen, Haſelnüſſen, teils aus Umbiegungen des Blattrandes bzw. ſeiner Zähne, wie bei den Eichen, teils endlich aus kleinen Grübchen oder Täſchchen mit und ohne Haarbildungen, wie beim Kaffee, manchen Kreuzdorn- und Geißblattarten. Verſuche haben ergeben, daß die Milben bereits auf den Keimpflanzen wie an den Samen vorhanden ſind; anderſeits ließ ſich feſtſtellen, daß die Acarodomatien auch zur Ausbildung gelangen, wenn jegliche Milbeninfektion verhindert wurde. Dagegen iſt der Nutzen, den die Milben den Blättern gewähren, bisher wohl kaum genügend klargeſtellt. Lundſtröm glaubt, daß ſie vor allem eine Säuberung des Blattes von Pilzkeimen und anderen Unreinigkeiten bewirken; doch iſt es nicht ausgeſchloſſen, daß es ſich daneben auch um einen Schutz gegen Tiere handelt. In den Tropen ſcheint die Entwickelung der Acarodomatien ebenfalls weit verbreitet zu ſein (viele Rubiaceen, Bignoniaceen, Lauraceen uſw.).

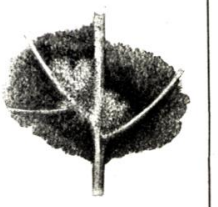


Abb 67. Acarodomatien auf der Unterſeite eines Lindenblattes.

1) Lundſtröm, A. N.: Die Anpaſſung der Pflanzen an Tiere, Upſala 1887.

b) Pflanzliche Gäste in Tieren.[1])

Schon seit langem kannte man eine Reihe grün gefärbter Tierformen im süßen Waſſer, wie gewiſſe Amöben (Amoeba viridis), Infuſorien (Euglena viridis, Stentor polymorphus, Bursaria), Schwämme (Spongilla fluviatilis, lacustris uſw.), Süßwaſſerpolypen (Hydra viridis), Würmer (Vortex viridis), deren Farbſtoff auffallende Übereinſtimmung mit demjenigen der Chlorophyllkörper zeigt; aber erſt ſeit etwa 30 Jahren wiſſen wir, daß es ſich bei dieſen Tieren, ähnlich wie bei zahlreichen Meerestieren aus den Gruppen der Radiolarien, Hydrozoen, Aktinien uſw., um eine höchſt merkwürdige Symbioſe jener Tierarten mit gewiſſen Algenformen (Chlorella bzw. Protococcus) handelt, die in den Geweben der Tiere ihren ſtändigen Wohnſitz aufgeſchlagen haben (Abb. 68). Die Anſicht, daß den beſiedelten Tieren von der Alge auch Nahrungsſtoffe zugeführt werden, wird neuerdings zwar beſtritten, doch wird ihnen der ſeitens der Alge ausgeſchiedene Sauerſtoff immerhin von einigem Nutzen ſein. Für die Algenzellen aber iſt infolge des tieriſchen Stoffwechſels beſtändig für eine reiche Zufuhr von Kohlenſäure geſorgt, und ebenſo dürfte ihr Stickſtoffbedarf von ſeiten der ſie umgebenden animaliſchen Gewebe gedeckt werden. Merkwürdig erſcheint es, daß dieſe Algenzellen von den tieriſchen Säften nicht verdaut werden, woraus man wohl auf eine diesbezügliche Anpaſſung ſchließen muß. Von einigen Tierſpezies (z. B. Hydra) hat man übrigens die ſymbiotiſchen Algenzellen iſoliert und gezüchtet, wodurch ihre Identität mit gewiſſen, auch ſonſt im Süßwaſſer verbreiteten Algen (Chlorella) erwieſen wurde; auch leben die Algenzellen noch längere Zeit fort, wenn

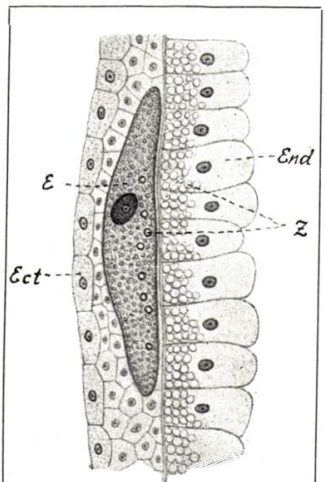


Abb. 68. Querſchnitt durch die Haut des grünen Süßwaſſerpolypen mit Algenzellen (*Z*).

1) Vgl. Brandt, K.: Über die morphologiſche und phyſiologiſche Bedeutung des Chlorophylls bei den Tieren. Mitt. Zool. Stat. Neapel, IV, 1883. (Mit Literaturverz.) — Hertwig, O.: Die Symbioſe oder das Genoſſenſchaftsleben im Tierreich. Jena 1883.

das Tier bereits abgeſtorben iſt. Im übrigen laſſen ſich manche Abſtufungen in der Ausbildung dieſer Art der Symbioſe unterſcheiden. So ſind beim Süßwaſſerſchwamm (Spongilla fluviatilis uſw.) durchaus noch nicht alle Individuen mit Algenzellen beſetzt, ſo daß man grüne und gelbe Exemplare unterſcheiden kann. Bei Hydra hingegen, und noch mehr bei Convoluta roscoffiensis, einer Turbellarie, ſind ſämtliche Exemplare der Art gleicherweiſe von den Algen infiziert, weil bei ihnen, im Gegenſatz zu den Spongillen, ein Teil der Algenzellen vom Entoderm aus bereits in das Ei einwandert, ehe es den Körper verläßt. Die Verſuche, farbloſe Hydra viridis ohne Zoochlorellen zu züchten, ſind daher erſt in jüngſter Zeit gelungen.

Neuerdings iſt durch Buchner[1]) auch eine Symbioſe zwiſchen Pilzen und Schildläuſen, in deren Innerem ſie leben, nachgewieſen.

Unter den Meerestieren zeigen namentlich die Radiolarien und zahlreiche Seeanemonen (Actinia-, Anthea-, Adamsia-, Sagartia-Arten uſw.), aber auch manche Schwämme, Meduſen, Würmer, ja ſelbſt Stachelhäuter eine ähnliche Symbioſe mit Algen. Die letzteren beſitzen aber hier nicht einen grünen, ſondern einen gelben Farbſtoff und werden als Zooxanthellen bezeichnet. Bei den Radiolarien befinden ſie ſich in der die Zentralkapſel umgebenden Gallerthülle, bei den Seeanemonen in den Zellen der die Leibeshöhle auskleidenden Entodermſchicht. Ihre Beziehungen zu den Wirtstieren dürften die gleichen ſein wie die der chlorophyllgrünen Algen in den Süßwaſſerbewohnern.

Von anderen, weniger innigen Symbioſen zwiſchen Tier und Pflanze ſei noch der durch Kammerer[2]) bekannt gewordenen Libellenlarven (Aeshna) gedacht, die in einem häufig zum Wäſcheſpülen benutzten Weiher dicht mit grünen, auf der Haut haftenden Algenfäden (Oedogonium) bewachſen waren. Wie Verſuche ergaben, war für die Larven augenſcheinlich die durch den Algenbeſatz geſteigerte Sauerſtoffzufuhr von Vorteil, während für die Alge eine geſteigerte Nahrungsaufnahme infolge der Ortsbewegung anzunehmen iſt.

1) Buchner, P.: Studien an intrazellulären Symbionten. 1. Die Symbionten der Hemipteren. Arch. f. Protiſtenkunde Bd. 26, 1912.

2) Kammerer, F.: Symbioſe zwiſchen Libellenlarve und Fadenalge. Arch. f. Entw.-Geſch. Bd. 25, 1907.

Druck von B. G. Teubner in Leipzig.