

Vom inneren Bau des Pflanzenkörpers.

Anatomie.

Der pflanzliche wie der tierische Organismus baut sich aus kleinsten Teilchen eines zu den Eiweissverbindungen gehörigen Körpers (Protoplasma) auf. Die einfachsten Tiere und die niedersten Pflanzen bestehen nur aus einem einzigen Klümpchen dieser rätselhaften Substanz. Aber auch schon dieses einfache Schleimklümpchen ist in der feinsten Weise aufgebaut. In der durchsichtigen Masse sehen wir zahlreiche sehr feine Körnchen (Mikrosomen), sowie einen grösseren, stark lichtbrechenden Körper, den man als „Kern“ (nucleus) bezeichnet hat. Im Innern ist dieser selbst wieder in der feinsten Weise organisiert und enthält, deutlich sichtbar ein oder mehrere Kernkörperchen (nucleoli).

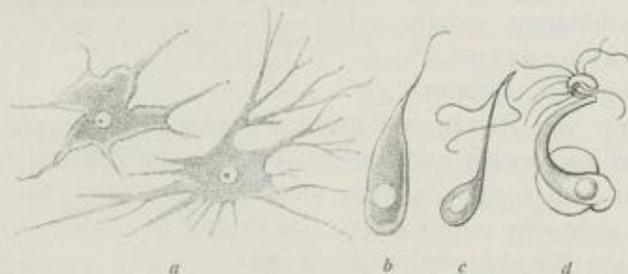


Fig. 1. *a* Amöben eines Schleimpilzes mit Pseudopodien. *b* Schwärm-spore mit einer Cilie. *c* Spermatozoid eines Mooses mit zwei Cilien. *d* Spermatozoid eines Farns mit zahlreichen Cilien.

Bei den einfachsten Formen des Tier- und Pflanzenreiches ist der lebendige Protoplasmaleib (Protoplast) nackt (Primordialzellen oder nackte Zellen) und häufig mit Schwimmfäden (Cilien oder Geisseln) ausgerüstet, mit denen er sich im Wasser schwimmend bewegt, oder er schiebt weniger scharf begrenzte Fortsätze (Pseudopodien) aus (wie bei den Amöben der Schleimpilze), mit denen er sich kriechend fortbewegt (vgl. Fig. 1.) In der Mehrzahl der Fälle aber umgibt sich der pflanzliche Protoplast mit einer Membran. Höher organisierte Pflanzen und Tiere bestehen nun aus unendlich vielen Protoplasten. Bei einer solchen Vereinigung kann jede Zelle dieselbe Arbeit verrichten und dabei ihre Selbständigkeit und Unabhängigkeit bis zu einem gewissen Grade bewahren. Der Zellenverband gleicht dann einer Kolonie. Solche Zellengesellschaften finden wir namentlich bei niederstehenden Pflanzen, z. B. bei vielen kolonienbildenden Algen (Protococcaceen). Bei höheren Organismen hat dagegen eine weitgehende Arbeitsteilung stattgefunden. Jede Zelle verrichtet eine besondere Arbeit und ihre Existenz ist an die Arbeitsleistung von anderen Zellen gebunden. Der Organismus gleicht einem Staate, in welchem jedes Individuum in anderer Weise und in Abhängigkeit von anderen zum Wohle des Ganzen tätig ist. Der reichverzweigte mächtige Baum und das hochentwickelte Wirbeltier sind beides solche Staaten, aufgebaut aus unzähligen kleinen Protoplasmaleibern. Während aber die Protoplasten des Tierkörpers sich fast durchwegs nackt aneinanderschmiegen (Fig. 2a),

Bei den einfachsten Formen des Tier- und Pflanzenreiches ist der lebendige Protoplasmaleib (Protoplast) nackt (Primordialzellen oder nackte Zellen) und häufig mit Schwimmfäden (Cilien oder Geisseln) ausgerüstet, mit denen er sich im Wasser schwimmend bewegt, oder er schiebt weniger scharf begrenzte Fortsätze (Pseudopodien) aus (wie bei den Amöben der Schleimpilze), mit denen er sich kriechend fortbewegt (vgl. Fig. 1.) In

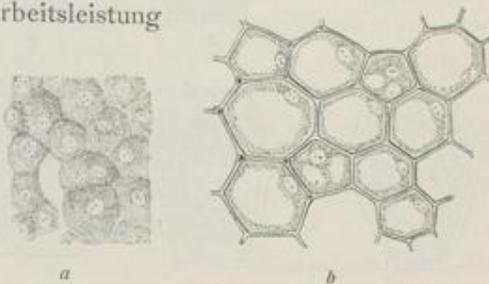


Fig. 2. Tierisches und pflanzliches Zellengewebe. *a* Kaninchenleber. *b* Hollundermark.

verrichtet jeder Protoplast des Pflanzenkörpers in einem besonderen Kämmerchen seine Arbeit. Ein Durchschnitt durch einen Pflanzenstengel hat grosse Aehnlichkeit mit dem Bilde einer Bienenwabe. (Fig. 2 b.)

Wie an der Bienenwabe, so sehen wir auf einem solchen Querschnitt viele kleine, dicht aneinandergefügte Kämmerchen, Zellen (cellulae) genannt. Da man früher den Inhalt dieser Zellen meist übersah und für nicht wesentlich hielt, nannte man eben jede solche Kammer „Zelle“ und übertrug diesen Namen auch auf den Protoplasten, nachdem Hugo von Mohl denselben als den wesentlichsten Teil, als den Träger des Lebens, erkannt hatte.

Betrachten wir nun Schnitte aus jüngeren und älteren Pflanzenteilen, so können wir mancherlei Verschiedenheiten feststellen.

In jugendlichen Teilen erfüllt der Protoplasmaeib den ganzen Innenraum der Zellwand. An der Peripherie ist der Protoplasmaeib gleichmässig durchsichtig (Hyaloplasma); dann folgt eine Schicht, die feine Körnchen (Mikrosomen) enthält. Im Innern sehen wir hellglänzend den Zellkern mit den Kernkörperchen liegen. Hier sei gleich bemerkt, dass die einzelnen Protoplasten nicht etwa durch die Zellwand voneinander isoliert sind, sondern miteinander durch feinste Kanälchen, die auch mit den besten Instrumenten nur nach vorhergehender besonderer Präparierung sichtbar gemacht werden können, in Verbindung stehen. Diese feinsten Plasmafortsätze heissen „Plasmodesmen“.

(Fig. 3.) Auf dieser innigen Verbindung der einzelnen Protoplasten beruht auch die Uebertragung von Reizen auf grosse Strecken im Pflanzenkörper. — Haben wir besonderes Glück, so können wir auch beobachten, wie die Zellen sich vermehren. Eine solche Vermehrung geht immer vom Zellkern aus, der dabei seine feine innere Struktur offenbart. Der Kern, der sich sehr scharf gegen das Protoplasma abgrenzt (Fig. 4 a), verliert die feste Umgrenzung; die Kernkörperchen lösen sich auf und es wird ein langer gewundener Faden sichtbar, der durch Anschwellen einzelner Stücke in eine für jede Pflanzenart bestimmte Anzahl (8, 12 und mehr) von Teilstücken (Chromosomen) zerfällt (Fig. 4 b), die sich hufeisenförmig zusammenbiegen. Gleichzeitig strahlen

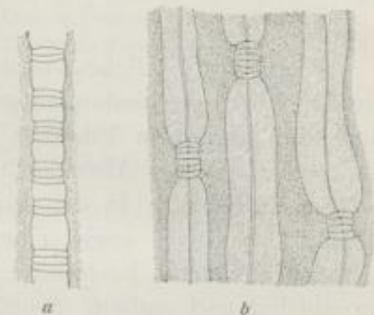


Fig. 3. a Ein Stück Zellmembran aus dem Gewebe von *Viscum album*. b Zellwände aus den Rindenzellen eines Moosstämmchens (*Hylocomium splendens*). Nach Kienitz-Gerloff.

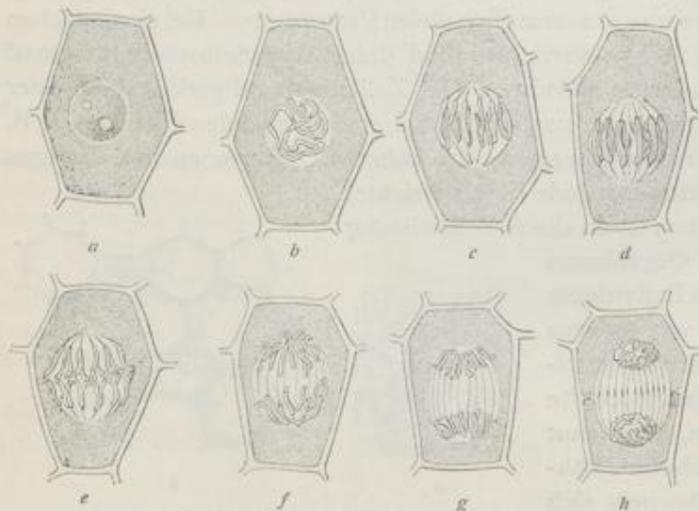


Fig. 4. Indirekte Kernteilung (Karyokinese oder Mitose).

von zwei Punkten (den Kernpolen) feine Verdichtungen der Kernmasse aus, Spindelfasern genannt (Fig. 4 c). Diesen entlang wandern die Teilstücke des Kernfadens zur Aequatorialzone des Kerns. Sie teilen sich dort ihrer ganzen Länge nach (Fig. 4 d) und wandern hierauf den Spindelfasern entlang zu den Kernpolen zurück, wo sie sich zu je einem neuen Kern vereinigen (Fig. 4 e, f, g). Zu gleicher Zeit bildet sich dann zwischen den beiden Tochterkernen in der Aequatorialzone die neue Zellmembran aus (Fig. 4 h). Ausser

dieser indirekten Kernteilung (Karyokinese, Mitose) kann der Kern sich auch einfach, direkt durch Einschnürung teilen (Amitose). Dieser Fall ist aber seltener und kommt namentlich in krankhaftem Zustande vor.

Ausser den feinen Körnchen (Mikrosomen) und dem Zellkerne finden wir im Protoplasma als weitere wichtige Körper die Farbstoffträger (Chromatophoren) eingebettet (Fig. 5 a). Diese sind meist kugel- oder linsenförmig, nur bei niedern Pflanzen anders (band-, stern- oder plattenförmig) gestaltet und meist in grosser Zahl, oft über 100 in einer Zelle enthalten. Niedere Pflanzen zeigen mitunter in einer Zelle nur einen einzigen Farbstoffträger. Diese Chromatophoren vermehren sich durch einfache Zweiteilung (Fig. 5 b). Teils sind sie farblos (namentlich im Innern des Pflanzenkörpers) und heissen dann Leucoplasten, teils lebhaft grün gefärbt (Chloroplasten oder Chlorophyllkörner). Auch diese Körper sind wie das Protoplasma ihrem chemischen Verhalten nach Eiweisskörner. In der farblosen Grundsubstanz (Stroma) ist bei den Chlorophyllkörnern das Blattgrün (Chlorophyll) fein verteilt. Das Chlorophyll zeigt in alkoholischer Lösung Fluoreszenz; bei durchfallendem Lichte erscheint es smaragdgrün, bei auffallendem Lichte blutrot.

Wird durch diese Lösung ein Sonnenstrahl geleitet und dann durch das Prisma zerlegt, so erscheinen im Spektrum ganz charakteristische Absorptionsbänder. Der grüne Farbstoff ist ein Gemisch von Farbstoffen, einem grünen, dem eigentlichen Chlorophyll, einem gelben, dem Xanthophyll und einem roten Farbstoff, dem Carotin. Durch Schütteln einer alkoholischen Lösung mit Benzol lassen sich diese Farbstoffe leicht trennen. Meistens sind die Chlorophyllkörner der wandständigen

Schicht des Cytoplasma eingelagert. Nicht selten, so z. B. vor dem herbstlichen Laubfalle, werden die Chlorophyllkörner zerstört; es bleiben dann nur noch kleine, gelbe Körnchen in den Zellen zurück. Hie und da wird die grüne Farbe der Pflanzenteile durch andere im Zellsafte gelöste Farbstoffe verdeckt, so in den Blättern der Blutbuche, der Bluthasel, des Blaukrautes, von Amarantus-Arten u. s. w. Bei verschiedenen Lagerpflanzen (Thallophyten) erscheinen in den Chromatophoren neben dem grünen Farbstoff noch andere und verdecken diesen zuweilen vollständig. So tritt bei vielen Schizophyceen oder Cyanophyceen neben dem grünen Farbstoff ein blauer Farbstoff (das Phycocyan), bei den Braunalgen (Phaeophyceen oder Fucoideen) ein brauner (Phycophaein) und bei den Rotalgen (Rhodophyceen oder Florideen) ein roter, das Phycoerythrin auf.

Dieses Blattgrün ist für die Pflanzen charakteristisch (es fehlt bei den Tieren) und ist von der grössten Bedeutung. Es befähigt nämlich die Pflanzen, den in der Kohlensäure der Luft enthaltenen Kohlenstoff mit Hilfe des Lichtes mit den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff zu einem Körper, den wir als Stärke (Amylum) bezeichnen, zu vereinigen. Unter dem Mikroskop lässt sich die gebildete Stärke leicht nachweisen. In den grün gefärbten Chlorophyllkörnern sind dann stark lichtbrechende Körperchen wahrzunehmen. Der grüne Farbstoff lässt sich durch Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff etc. aus den Chlorophyllkörnern leicht ausziehen. Wenn wir einem mit Alkohol entfärbten Schmitte etwas Jodtinktur zusetzen, so treten uns innerhalb der farblosen Grundsubstanz die Stärkekörner als dunkelblaue, fast schwarze Körnchen entgegen. (Fig. 5). Die im Lichte innerhalb der Chlorophyllkörper erzeugte Stärke (Assimilationsstärke) wird beständig durch einen im Proto-

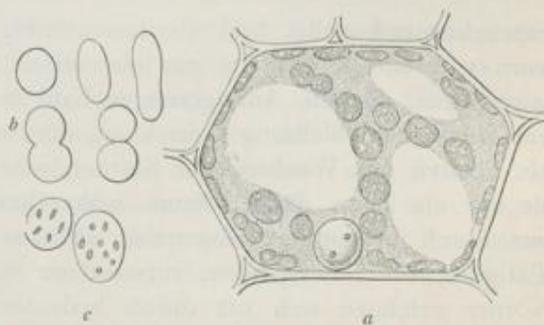


Fig. 5. a Zelle mit Chlorophyllkörnern. b Entstehung der Chlorophyllkörner. c Durch Jod dunkel gefärbte Assimilationsstärke im Stroma der Chlorophyllkörner.

plasten vorhandenen, fermentartig wirkenden Körper (Diastase) in löslichen Zucker verwandelt und wegtransportiert. Da sich dieser Prozess auch in der Dunkelheit vollzieht, während die Stärkebildung nur im Lichte stattfindet, sind die Chlorophyllkörper am Morgen gewöhnlich ganz frei von Stärke. Die Zuckerlösung selbst wandert nach dem Innern der Pflanze und wird gewissermassen von einer Zelle zur anderen gezogen. Von den Protoplasten wird sie entweder wieder zum Aufbau neuer Zellen verarbeitet oder wenn ein Ueberschuss vorhanden, nach den Reservekammern der Pflanzen, z. B. den Knollen, gebracht. Hier setzt nun die Tätigkeit der Leucoplasten (Stärkebildner) ein. Sie haben die Fähigkeit, den Zucker in



Fig. 6. Entstehung der Reservestärke in den Leucoplasten (Stärkebildner).

Stärke zurückzuverwandeln. Die von ihnen gebildeten Stärkekörner zeichnen sich durch besondere Grösse und häufig durch eigentümliche Formen aus. Wie bei den Chlorophyllkörpern entsteht auch hier die Stärke innerhalb der Grundsubstanz der Leucoplasten (Fig. 6). Ist der Entstehungsort zentral gelegen, so sind die Stärkekörner kugelig, oval oder linsenförmig, liegt er aber exzentrisch, so wird das Stärkekorn von einer Seite aus gewissermassen kräftiger ernährt und erhält exzentrische Auflagerungen. Da die Auflagerungen bald mehr, bald weniger Wasser enthalten, macht sich eine deutliche Schichtung bemerkbar; dünnere und dichtere Schichten wechseln miteinander ab. Durch das Wachsen der Stärkekörner werden die Leucoplasten so ausgeweitet, dass sie nur als ganz dünne, kaum wahrnehmbare Häute das Stärkekorn umziehen und oft nur durch besondere Reagenzien sichtbar gemacht werden können. — Die durch die Tätigkeit der Leucoplasten entstandene Stärke wird als Reservestärke bezeichnet. Die Körner zeichnen sich oft durch bedeutende Grösse (Kartoffelstärke) und eigentümliche Gestalt aus (Fig. 7). Als zusammengesetzte Stärkekörner bezeichnet man solche, bei denen eine Anzahl polyëdrischer Teilkörner zusammen ein abgerundetes Ganzes bilden, z. B. die Stärke des Hafers (Fig. 7 f). Bei den halbzusammengesetzten Stärkekörnern werden mehrere Schichtenkerne noch von einigen gemeinsamen Schichten umgeben. Vorübergehend wird durch die Leucoplasten Stärke auch in der Sprossachse abgelagert. Diese wird aber in dem Masse wie sie zum Aufbaue von neuen Zellen verbraucht wird, wiederum gelöst. Diese Stärke, deren Körner die Grösse der Reservestärke nicht erreichen, nennt man transitorische Stärke. In chemischer Hinsicht ist die Stärke ein Kohlenhydrat. Sie besteht aus dem Kohlenstoff (C = Carboneum) und den Elementen des Wassers, Wasserstoff (H = Hydrogenium) und Sauerstoff (O = Oxygenium), in dem durch die Formel $C_6H_{10}O_5$ ausgedrückten Mengenverhältnis. Bei Zusatz von Kalilauge oder in heissem Wasser (60—70° C) quellen die Körner auf und bilden eine unförmige, schleimige Masse, Kleister



Fig. 7. Stärkeformen. a Kartoffel, b Hülsenfrüchtler, c Weizen, d Mais, e Wolfsmilch, f Hafer.

genannt. Form, Grösse und Bau der Stärkekörner ist für jede Pflanzenspezies konstant. Die Stärkekörner fehlen sämtlichen Pilzen, manchen Algen und wenigen anderen Pflanzen. Sehr reich daran sind die Kartoffelknollen, die Samen der Getreidearten (Fig. 11 c) und vieler Hülsenfrüchtler (Fig. 11 a).

Ausser Chloroplasten und Leucoplasten finden sich in dem Protoplasma noch andere Farbstoffträger vor. So wird die gelbe und rote Farbe mancher Blüten (z. B. *Hemerocallis*) und Früchte (Judenkirsche, Vogelbeerbaum) durch gelbe und rote Körper von unregelmässiger Gestalt hervorgebracht (Fig. 8). Auch diese Farbstoffträger (Chromatophoren) haben eine protoplasmatische Grundlage, in welcher die färbende Substanz eingebettet ist. Sie entstehen durch Umwandlung der Chloroplasten oder gehen direkt aus farblosen Anlagen hervor. Der Farbstoff ist Xanthophyll oder Carotin.

In älter werdenden Zellen beobachten wir, dass im Innern der Protoplasten Höhlungen (Vakuolen) auftreten. Diese sind jedoch nicht leere Räume; sondern sie sind mit einer Flüssigkeit, dem Zellsafte, erfüllt, weshalb man sie besser als Saft Räume bezeichnet. Der Zellsaft ist eine Salzlösung von häufig stark saurer Reaktion. Deshalb ist auch der Protoplasmaleib gegen die Vakuolen durch eine dichtere Hautschicht abgegrenzt. Die Hohlräume innerhalb des Protoplasmas vermehren und vergrössern sich, sodass das Protoplasma im Innern der Zelle auf immer dünnere Bänder und Stränge zusammengedrängt wird. Schliesslich vereinigen sich sämtliche Saft Räume zu einer einzigen grossen Vakuole, welche nun den ganzen Innenraum der Zelle ausfüllt, während das Protoplasma als zarter Belag der Zellwand angedrückt erscheint. Ueberhaupt durchtränkt der Zellsaft alle Teile der Zelle, auch die Membran.

Wie die nackten Protoplasten, so befinden sich auch die von der Membran eingeschlossenen Protoplasten in lebhafter Bewegung; auf den Strängen zwischen den Vakuolen sieht man die Mikrosomen lebhaft zirkulieren. Die Chlorophyllkörner, ja sogar der schwere Kern, werden beständig in ziemlich raschem Zuge durch die Zelle bewegt. Besonders schön lassen sich die Bewegungen (Zirkulation und Rotation) der Protoplasten in den Brennhaaren der Brennnessel, in den Staubfadenhaaren von der Taubnessel (*Lamium*) und an Längsschnitten durch das Blatt von *Vallisneria spiralis* zeigen. Die Bewegungserscheinungen der Protoplasten spielen sich wie alle Lebenserscheinungen nur innerhalb bestimmter Grenzen, die man als Kardinal-

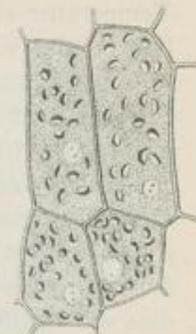


Fig. 8. Gelbe Farbstoffträger aus dem Blütenblatte der dunklen Taglilie (*Hemerocallis fulva*).

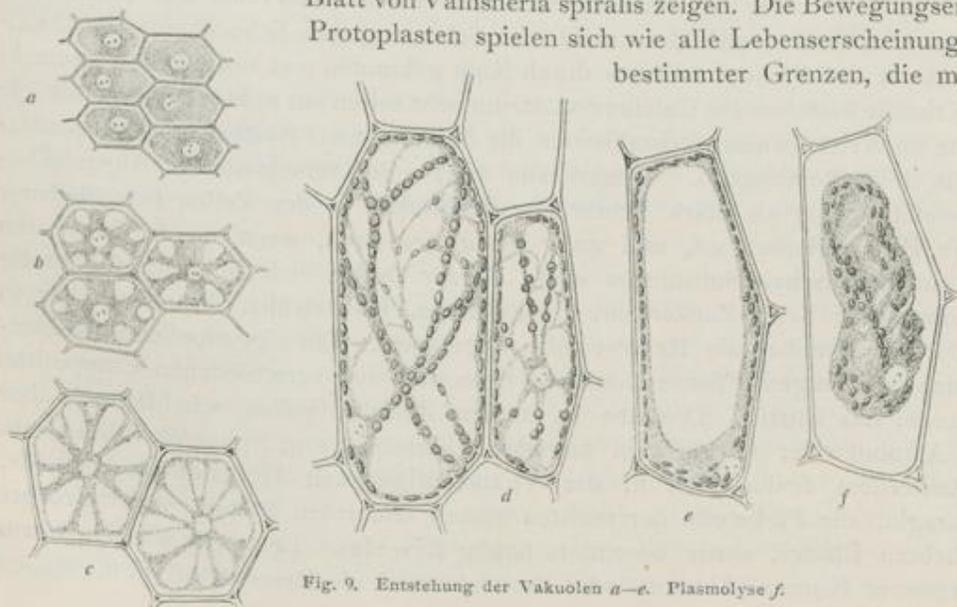


Fig. 9. Entstehung der Vakuolen a—e. Plasmolyse f.

punkte bezeichnet, ab. Unterhalb einer Temperatur von 0° und über 50° C kommt gewöhnlich jede Bewegung wie überhaupt jede Lebenserscheinung bei der Pflanze zum Stillstand. Das Optimum liegt meist bei einer

Temperatur von 20—25°. Ueber 50° wird das Protoplasma durch Gerinnung zerstört. — Der in den Vakuolen enthaltene Zellsaft ist eine Salzlösung (Nitrate, Sulphate, Phosphate), welche sich zu verdünnen sucht und dem umgebenden Protoplasma und der Membran Wasser entzieht. Auf diese Weise wird von Zelle zu Zelle Wasser gesogen. Die Menge des Zellsaftes vergrößert sich hierdurch und es entsteht so ein Druck, durch welchen das Protoplasma der Zellwand angepresst und diese selbst straff gespannt wird. Ähnlich wird eine mit einer Salzlösung (Kalinitrat-Salpeter) zur Hälfte gefüllte Schweinsblase, welche man in reines Wasser bringt, prall gespannt (Osmoseversuch). Diese Kraft (Turgor) ist es nun, welche allen jugendlichen Pflanzenteilen ihre Festigkeit verleiht. Wir können den Druck leicht dadurch aufheben,

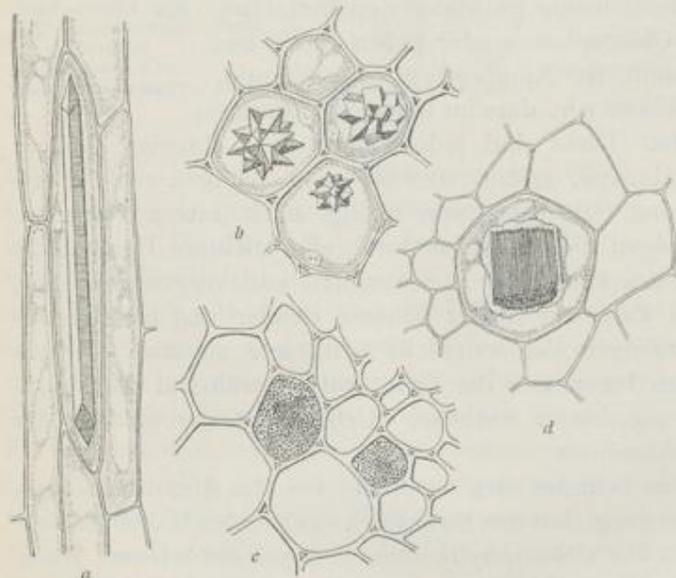


Fig. 10. Formen des oxalsauren Kalkes. *a* Einzelkristall aus dem Blatte der Schwertlilie. *b* Kristalldruse im Blattstiel der Rosskastanie. *c* Kristallsand im Blatte der Tollkirsche. *d* Raphiden aus den Knollen d. Knabenkrautes.

lassen. Die stärkere Salzlösung entzieht dem Zellsaft im Innern Wasser, der Druck wird aufgehoben und der Protoplasmaschlauch löst sich von der Wand los (Plasmolyse) (Fig. 9 f). Gleichzeitig wird der ganze Pflanzenteil welk, ein Vorgang, der ja auch dann eintritt, wenn durch grosse Trockenheit der Pflanze mehr Wasser entzogen wird, als durch die Wurzel-tätigkeit aufgenommen werden kann.

In chemischer Hinsicht reagiert der Zellsaft häufig stark sauer. Er enthält Säuren, wie Zitronen-, Apfel- und Oxalsäure, deren Kalksalze sich in Form von Einzelkristallen (Fig. 10 a) und Kristalldrusen (Fig. 10 b) ausscheiden. Häufig (besonders bei den Monokotyledonen) sind auch feine Kristallnadeln (Ra-

phiden) (Fig. 10 d) oder wie bei verschiedenen Solanaceen (z. T. bei der Tollkirsche, Fig. 10 c) und bei *Cinchona* ausgebildet, wohl zum Schutze gegen Schneckenfrass. Oxalsäure ist ein Exkret der Pflanze, welches durch Kalk gebunden und unschädlich gemacht wird. Fast alle Kristalle bestehen aus Calciumoxalat, nur sehr selten aus kohlen-saurem Kalk. Je nach dem Gehalte an Kristallwasser kristallisieren die Salze in zwei Systemen, dem quadratischen und dem klinorhombischen. Gipskristalle treten bei verschiedenen Algen (Desmidiaceen), Schwefelkristalle als stark lichtbrechende Körper in den Zellen verschiedener Schizophyceen (z. B. *Beggiatoa*) auf, und zwar besonders dann, wenn sie in Substraten leben, die reich an organischen Substanzen sind. Ferner finden sich im Zellsafte häufig Zuckerarten (Rohrzucker beim Zuckerrohr, Zuckerahorn, Runkelrübe, Traubenzucker in den Früchten der Weintraube) als Reservestoffe abgelagert. Ein eigentümliches Kohlenhydrat findet sich bei einigen Pflanzenfamilien, besonders bei verschiedenen Compositen und Campanulaceen, das Inulin. Dasselbe ist in dem Zellsafte gelöst, scheidet sich aber auf Zusatz von Alkohol oder Glycerin in kugeligen Knollen (sog. Sphaerokristallen) ab. (Fig. 11 d). Ausserdem finden sich in der Vakuolenflüssigkeit Gerbstoffe, Alkaloide, Glykoside, Asparagin, die Farbstoffe der meisten blauen und roten Blüten, vieler Früchte und der rotgefärbten Blätter, sowie besonders häufig Eiweiss. Letzteres wird in Form kleinerer oder grösserer Körner (Aleuron- oder Proteinkörner) als Reservestoff in die Zellen

abgelagert, manchmal wie im Getreidekorn (Fig. 11 c) in besonderen Zellschichten. Dort liegt eine solche Eiweiss führende Zellschicht, die man als Kleberschicht bezeichnet, direkt unter der Samenschale. (Fig. 11 c). In andern Fällen, wie bei vielen Hülsenfrüchtlern (Fig. 11 a) sind in derselben Zelle sowohl Aleuronkörner wie Stärkekörner als Reservestoffe vorhanden. Besonders grosse Aleuronkörner, welche ausserdem noch kristallförmige, eiweisshaltige und kugelige Einschlüsse von komplizierter chemischer Beschaffenheit (Globoide) enthalten, finden sich in den Samen von Ricinus. (Fig. 11 b). Zuweilen nimmt ein Teil der eiweisshaltigen Substanz kristallähnliche Form an (Kristalloide.) Es bilden sich Körper aus, welche grossen Kristallen (Würfeln, Oktaedern, Tetraedern etc.) sehr ähnlich sehen, jedoch quellbar sind (Würfel z. B. neben den Stärkekörnern in den Kartoffelknollen [Fig. 26]). Bei ver-

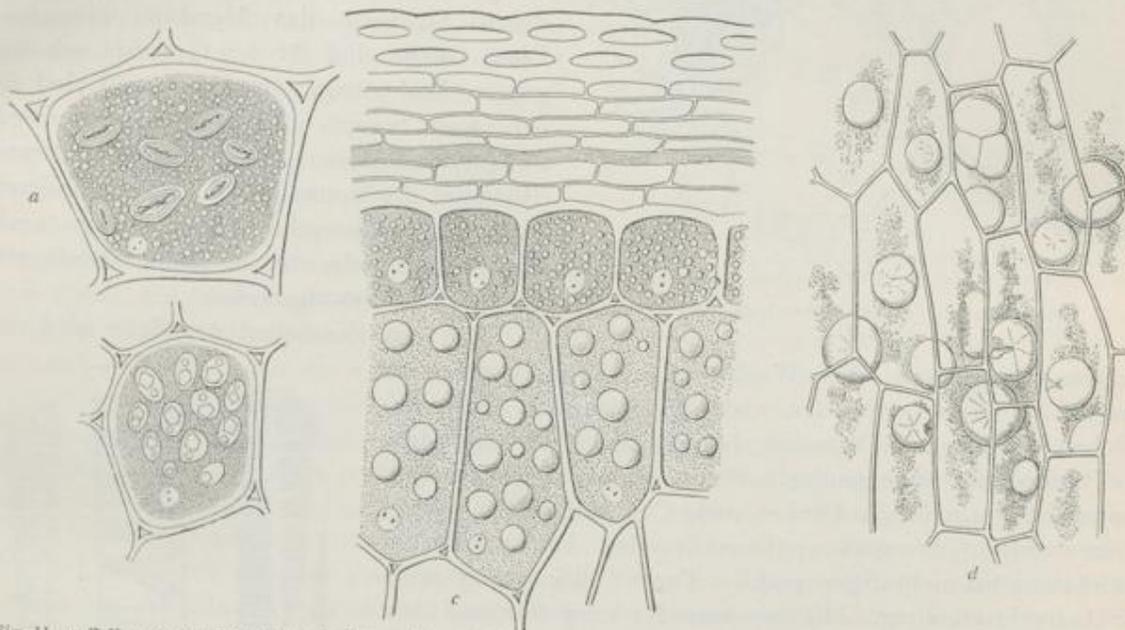


Fig. 11. a Zelle aus dem Keimblatt der Erbse (*Pisum*). Aleuronkörner und Stärke in derselben Zelle abgelagert. b Zelle aus dem Endosperm von *Ricinus communis*. Die sehr grossen Aleuronkörner mit kristallförmigen, eiweisshaltigen Einschlüssen (Kristalloiden) und mit kugeligen Gebilden (Globoiden). c Randpartie des Weizenkornes. Unter der verwachsenen Frucht- und Samenschale liegt die Aleuronkörner führende Kleberschicht, darunter der stärkeführende Teil des Endosperms. d Längsschnitt durch die Wurzel von *Taraxacum officinale* (in Alkohol gelegt) mit Inulinsphaerokristallen.

schiedenen Algen sind Eiweisskristalle den Chromatophoren eingelagert und heissen dann Pyrenoide; in anderen Fällen sind sie in den Zellkernen eingeschlossen. Die Aleuronkörner gehen aus eiweissreichen Vakuolen hervor, die bei der Reife eintrocknen. Ausserdem treten im Zellenplasma häufig organische Einschlüsse, wie z. B. ätherische und fette Oele, auf, die sich als kleine, stark lichtbrechende Tröpfchen leicht zu erkennen geben und oft zu grossen Oeltropfen zusammenfliessen. In Alkohol, Aether u. s. w. sind sie löslich.

Betrachten wir noch die Zellenwand oder Zellhaut, so ist zunächst bezüglich ihrer chemischen Beschaffenheit zu sagen, dass sie in normalem Zustande aus Zellstoff (Cellulose) besteht, ein Körper der gleich der Stärke die Elemente Kohlenstoff (C), sowie Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H) enthält und ein Kohlenhydrat von der Formel $(C_6 H_{10} O_5)_n$ darstellt. Stets sind der Cellulose noch andere Substanzen beigemischt, so vor allem Wasser, verschiedene anorganische Bestandteile und namentlich Pektinstoffe, welche letztere die charakteristischen Reaktionen der Cellulose nicht zeigen. Die Cellulose ist hauptsächlich in der Pflanzenwelt zu finden. Nur bei wenigen Tieren (Manteltiere oder Tunicaten) wird sie ebenfalls erzeugt. Der Nachweis, dass ein Körper aus Cellulose besteht, kann leicht

dadurch geführt werden, dass man konzentrierte Schwefelsäure oder Chlorzink auf das Objekt einwirken lässt, durch deren wasserentziehende Wirkung aus der Cellulose ein

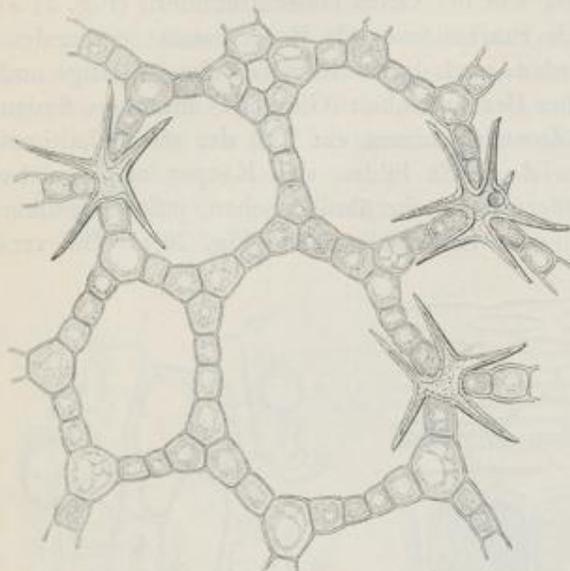


Fig. 12. Intercellularräume aus dem Blattstiele der gelben Teichrose.

der Stärke ähnlicher Körper (Amyloid) hervorgeht, der sich mit Jod intensiv blau-färbt. In jugendlichen Zellen ist die Membran sehr dünn. Die Wandung zweier benachbarter Zellen erscheint einheitlich, nirgends sind Lücken zwischen den einzelnen Zellen vorhanden. Aber schon in wenig älteren Gewebekörpern treten deutlich enge Gänge (Intercellularräume) auf, welche durch Spaltung der Membran entstehen. Diese Gänge sind für den Gasaustausch von grosser Bedeutung. Besonders weit sind sie bei vielen Sumpf- und Wasserpflanzen, wo sie gewissermassen als Luftspeicher dienen (Blattstiel der Seerose, Fig. 12). In anderen später zu erwähnenden Fällen werden auch Harze oder Oele etc. in ihnen abgelagert. (Siehe unter Grundgewebe).

Mit dem Wachstum der Zelle wird die Zellwand vergrössert. Das Wachstum der Wand können wir uns in der Weise vorstellen, dass die einzelnen Cellulose-Teilchen, aus denen die Wandung besteht, durch das Wachstum des Protoplasten voneinander entfernt werden, und dass vom Protoplasten aus in die Lücken neue Cellulose-Teilchen eingelagert werden (Intussusceptionstheorie). Dabei wird die Wand zunächst nicht dicker und der Turgor allein genügt noch zur Aufrechterhaltung. Mit zunehmender Vergrösserung aber genügt der Turgor nicht mehr und es wird nun auch die Wand durch Auflagerung verstärkt. Es werden, der Materialersparnis halber, die Zellen zunächst durch Ringe und Spiralen ausgesteift, sodass noch ein Wachstum in der Länge möglich ist. (Fig. 13 b, c.) In anderen Fällen aber, wo die Zelle ihr Längenwachstum bereits eingestellt hat, wird die Wand allseitig verdickt. Dabei bleiben aber jene Stellen, an denen die Protoplasten benachbarter Zellen durch feine Fortsätze sich berühren, als Lücken in der Verdickungsschicht ausgespart; sie werden als Tüpfel bezeichnet. (Fig. 13 d und e und 14 a.) Die Verdickung wird dann wie in Fig. 13 e, d als netzförmig oder, wie in Fig. 13 a als leiterförmig bezeichnet.

Wenn sich die Verdickungsschicht kuppelförmig über die ursprünglich ausgesparte Tüpfelfläche wölbt, wobei in der Kuppel eine kleine Oeffnung bleibt, so gelangt der Hof-tüpfel zur Ausbildung (bei dem Nadelholz besonders deutlich entwickelt, Fig. 14 b). Verzweigte Tüpfel entstehen dadurch, dass Teile der Verdickungsschichten im Wachstum gegen andere zurückbleiben und seitlich überwallt werden,

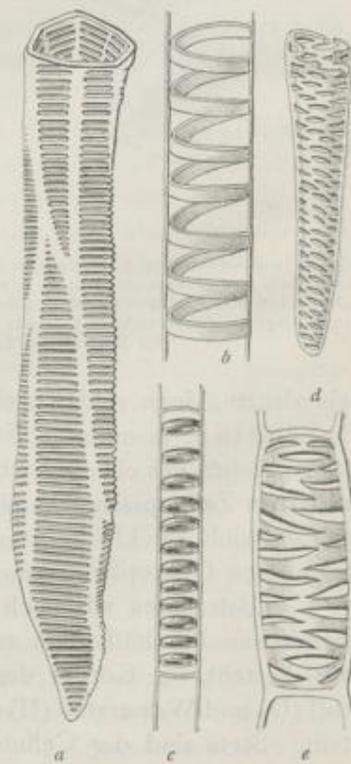


Fig. 13. a Leiterförmige Verdickung an einer Zelle (aus dem unterirdisch kriechenden Rhizom des Wurmfarns), b spiralförmige, c ringförmige, d und e netzförmige Verdickung (aus dem Blatte der Schwertlilie).

Während in den besprochenen Fällen die Ablagerung der Verdickungsschichten von innen her geschah (centripetale Verdickung), gibt es nun auch Fälle, wo die Ablagerung auf die Aussenseite der Membran erfolgt (centrifugale Verdickung). Das ist z. B. bei den Pollenkörnern und Sporen (Fig. 15) der Fall. Aber auch in stofflicher Beziehung wird die Zellmembran verändert. So wird in die Cellulosesubstanz häufig kohlen-saurer Kalk eingelagert. Eine eigentümliche Form dieser Einlagerung sind die sogenannten Cystolithen (Traubensteine). Die Zellmembran treibt dabei in die Höhlung (das „Lumen“) der Zelle eine zapfenförmige Wucherung aus, in welche der Kalk eingelagert wird. Durch Behandlung mit Essigsäure kann der Kalk gelöst werden und man kann dann das Cellulosegerüst durch Zusatz von Chlorzink und Jod deutlich sichtbar machen. Ebenso lässt sich dieses als Grundlage der Cystolithen-

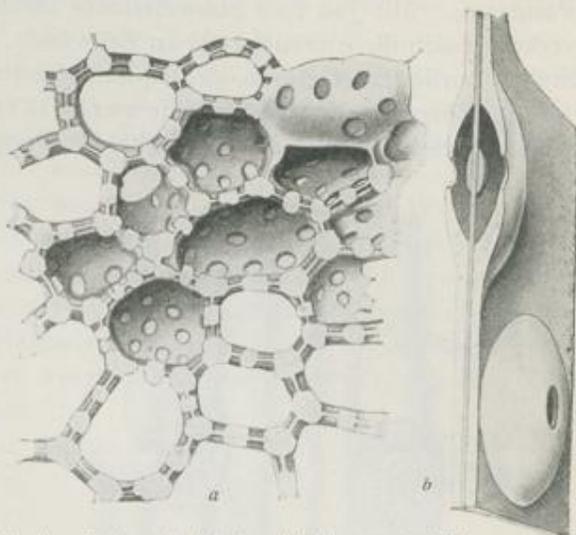


Fig. 14. a Zellen mit einfachen Tüpfeln aus dem Nährgewebe von *Scilla bifolia*. b Hoftüpfel in den Wänden der Zellen eines Nadelholzes.

dienende Gerüst sehr hübsch mit Anilinblau oder mit Pikrinanilinblau färben. Auch in chemischer Hinsicht hat die Cellulose hier eine Veränderung erfahren, indem sie in sogen. „Kallose“ verwandelt worden ist. Die Cystolithen sind für einige Pflanzenfamilien wie die Urticaceen, Moraceen, Ulmaceen, Acanthaceen und für viele Borraginaceen charakteristische Merkmale. (Fig. 16.) Auch oxalsaurer Kalk wird zuweilen in die Cellulosemembran in Form von kleinen Kristallen eingelagert, so bei den eigentümlichen „innern“ Haaren von *Nuphar* (Fig. 16 b). Kieselsäure ist gleichfalls eine oft vorkommende Einlagerung. Besonders reichlich findet sie sich bei einer zu den Algen gehörigen Pflanzengruppe, den Diatomeen, welche oft mächtige Schichten der Erdrinde bilden (Diatomeenerde oder Kieselguhr). Beim Verbrennen der Diatomeen bleiben zierliche Kieselskelette zurück, die genau die Form der Zellen zeigen. Aber auch bei höheren Gewächsen ist Verkieselung der Zellmembran ein häufiges Vorkommen, so besonders in den Oberhautzellen der Schachtelhalme und vieler Gräser. Erstere finden deshalb häufig als Putzmittel für Metall (Zinnkraut) Verwendung. (Fig. 16 a).

Ausserdem kann die Zellwand noch eine Reihe von andern wichtigen, chemischen Veränderungen erfahren. Sehr verbreitet ist die verkorkte Zellwand. Kork (Suberin) ist eine zu den Fetten gehörende Substanz, die für Wasser nur sehr schwer durchlässig ist und sich namentlich da findet, wo ein Schutz gegen Benetzung notwendig

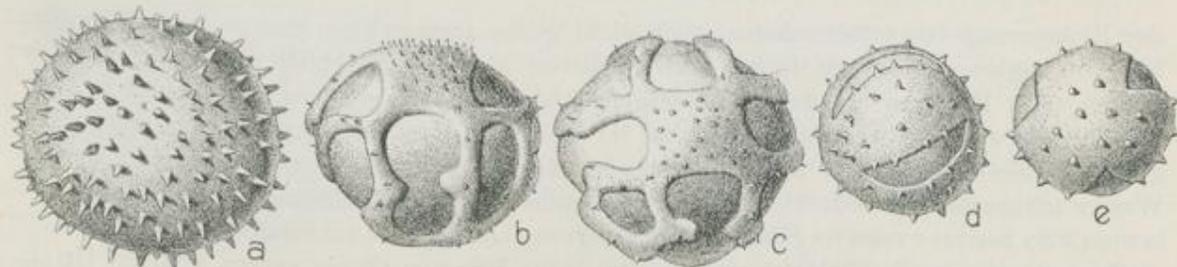


Fig. 15. Centrifugale Wandverdickung. Pollenkörner, a von *Malva*. b c von *Taraxacum*, d e von *Achillea millefolium*.
Hegi, Flora.

ist, oder wo ätherische Oele in besonderen Zellen gegen die umgebenden Zellen abgegrenzt werden sollen. Besonders stark verkorkt sind die Zellwände des später zu besprechenden Periderms. Mit Jod und Schwefelsäure färbt sich die verkorkte Zellwand gelb. Ähnlich verhalten sich die cutinisierten Zellwände, die sich vor allem an oberflächlich gelegenen Stellen vorfinden (Cuticula der Epidermiszellen von lederartigen Blättern. Fig. 18 und 23).

Ebenso verbreitet sind die verholzten Membranen, die für Wasser und Gase leicht durchdringbar sind, jedoch kein starkes Quellungsvermögen besitzen. Die Verholzung beruht auf

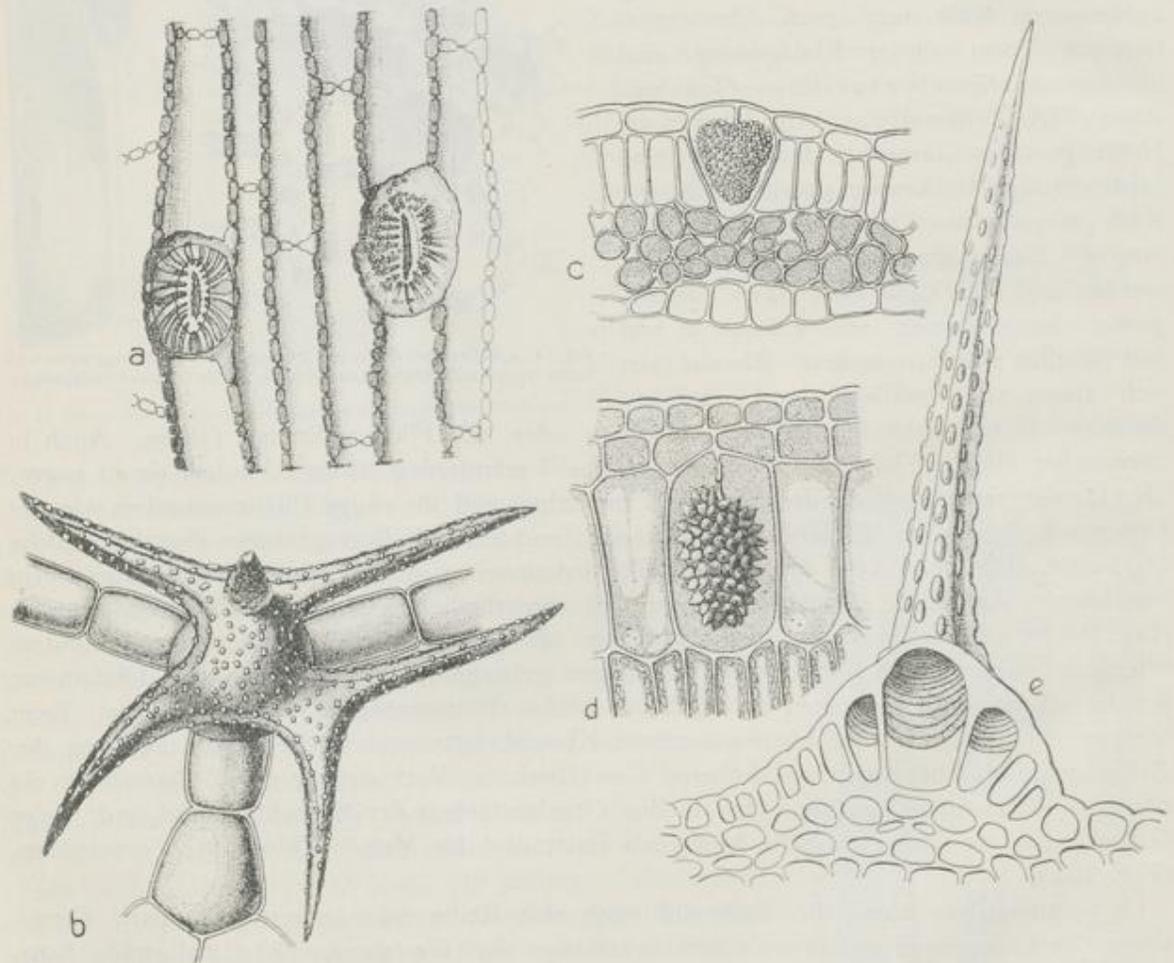


Fig. 16. Einlagerungen in die Zellmembran. *a* Schachtelhalm (*Equisetum heleocharis*), Einlagerung von Kieselsäure. *b* Gelbe Teichrose (*Nuphar*), Inneres Haar aus dem Blattstiele mit Einlagerung von oxalsaurem Kalk. *c d e* Cystolithen (Traubensteine) aus kohlensaurem Kalk, *c* von der Brennessel (*Urtica*), *d* vom Gummibaum (*Ficus elastica*), *e* vom Acker-Steinkraut (*Lithospermum arvense*).

der Einlagerung von verschiedenen, noch nicht genau festgestellten Stoffen in die Membran. Mit Phloroglucin-Salzsäure färben sich verholzte Membranen lebhaft kirschrot. Bei der Prüfung von Papieren auf den Holzfasergehalt ist dieses Reagens von Wichtigkeit.

Die verschleimte Zellhaut ist im trockenen Zustande hart oder hornartig ausgebildet. Sie ist imstande unter bedeutender Zunahme des Volumens grosse Mengen von Wasser aufzunehmen, wodurch sie dann eine gallertartige oder schleimige Beschaffenheit bekommt. So besitzen manche Samen (Flachs, Kresse, Quitte) eine schleimige Epidermis. Auch die Innenwände der Laubblätter von verschiedenen Pflanzen (*Erica carnea*, *Cytisus*, *Betula*, *Salix* etc.) sind stark schleimig verdickt.

Ältere Membranen werden nicht selten nachträglich durch bestimmte Farbstoffe gefärbt, so z. B. die Elemente des Kernholzes verschiedener Farbhölzer.

Wachs findet sich in Form von Körnchen, Stäbchen oder auch als derber, krustiger Ueberzug auf der Oberhaut vieler Pflanzen (Wachsblume, Kohl, Meerkohl etc.) und bildet dann einen leicht abwischbaren, bläulichen Reif (Reif bei Pflaumen, Zwetschgen und Trauben).

Die höheren Pflanzen stellen einen Zellenstaat dar, bei welchem eine weitgehende Arbeitsteilung der einzelnen Zellen stattgefunden hat. Einen Komplex von Zellen nennen wir ein Zellengewebe. Im Wachstum einer Pflanze können wir drei Perioden beobachten, eine, in welcher lediglich die Zahl der Zellen vermehrt wird (embryonales Wachstum), eine zweite, in welcher diese Zellen wachsen und ihre Wände strecken (Streckungsperiode), und endlich eine Periode, in welcher die ausgewachsenen Zellen durch Einlagerungen in die Vakuolen und durch Auf- und Einlagerung von Substanzen in die Membran ihre endgültige Gestalt erreichen (Reifung). Es gibt nun Regionen an der Pflanze, an welchen keine andere Tätigkeit der Zellen beobachtet werden kann, als eine ständige Teilung und Vermehrung. Ein derartiges Gewebe bezeichnet man als Teilungsgewebe (Meristem oder Cambium). Teilungsgewebe finden wir an allen Zweigenden an den sogen. Vegetationspunkten (siehe später beim Spross). Aus Teilungsgewebe besteht auch der leicht zerstörbare Teil im Stamme der Bäume und Sträucher, der es ermöglicht, Rinde und Holz leicht voneinander zu trennen. Der grösste Teil des Zellengefüges aber befindet

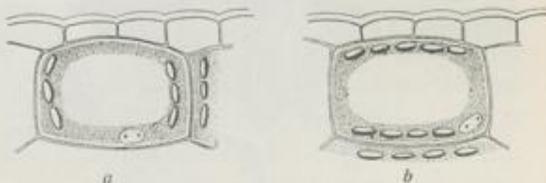


Fig. 17. Schema der Lagerung der Chlorophyllkörner.
a Tagstellung. b Nachtstellung.

sich im zweiten und dritten Stadium des Wachstums und wird als Dauergewebe bezeichnet. Durch Druck und Zug und andere Einwirkungen kann eine ausgewachsene Zelle zu weiterer Teilung veranlasst werden, sodass auch Teile von Dauergewebe zuweilen wieder in Teilungsgewebe zurückgeführt werden. Derartige sekundär entstandene Meristeme nennt man dann Folgeristeme (vide unter Interfascicularcambium beim Spross).

Nach der Funktion kann man das Dauergewebe in drei Gewebesysteme, in das Haut-, Grund- und Stranggewebe gliedern.

Zum Hautgewebe rechnen wir die Oberhaut (Epidermis), das Hypoderm und den Kork.

Bei den Thallophyten ist das Hautgewebe von dem darunter liegenden Gewebe nicht scharf geschieden und wird eigentlich nur von den äusseren Schichten des letzteren gebildet. Auch an den Wurzeln und an den Blättern vieler Wasserpflanzen weichen die Epidermiszellen von den Zellen tiefer gelegener Schichten noch wenig ab. Wesentliche Verschiedenheiten zeigen vor allem die an der Luft wachsenden Sprosse und Blätter der Phanerogamen, wo die Epidermis meist noch durch besondere Bildungen, wie Spaltöffnungen, Wasserspalten und Haare, ausgestattet ist.

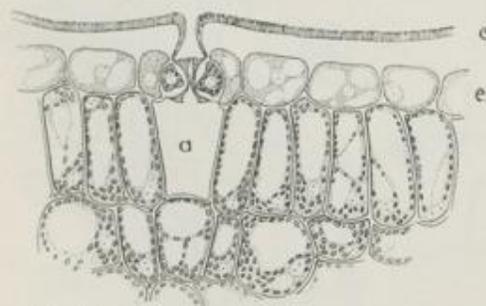


Fig. 18. Stück eines Blattquerschnittes der Nelke.
c Cuticula. e Epidermis. a Atemhöhle.

Die Oberhaut oder Epidermis (Fig. 18 e und 19) besteht meistens aus einer einzigen Lage von lückenlos (mit Ausnahme der Spaltöffnungen) aneinander schliessenden Zellen, deren nach aussen gerichtete Cellulosemembranen häufig stark verdickt sind und in ihren äussersten Partien durch Korkstoffeinlagerungen zuweilen stark verändert werden. Diese äusserste dünne Schicht heisst Cuticula (Fig. 18 c). Gewöhnlich sind in den Epidermiszellen keine Chlorophyllkörner enthalten. Weil nämlich das Chlorophyll

durch eine zu intensive Beleuchtung geschädigt wird, findet es sich nur in den tiefer gelegenen Teilen der Pflanze. Einzig bei Schattenpflanzen führt auch die ganze Epidermis Chlorophyll, so besonders bei vielen Farnen. Häufig wird durch den gefärbten Zellsaft die Intensität des Lichtes gemindert (Blutbuche, Blaukraut etc.). Ausserdem ist die Lagerung der Chlorophyllkörper nach der Intensität des Lichtes verschieden, was durch die Reizbarkeit des Protoplasten bedingt wird. Bei starker Besonnung werden die Chlorophyllkörper an die Seitenwände gezogen, während sie sonst ihre ganze Breitseite nach aussen legen (Fig. 17 a u. b). Ist diese Bewegungsfähigkeit durch Herabsetzung der Temperatur gemindert, so tritt auch hier ein Schutz durch Dunklerfärbung ein (Braunfärbung der Koniferen im Winter).

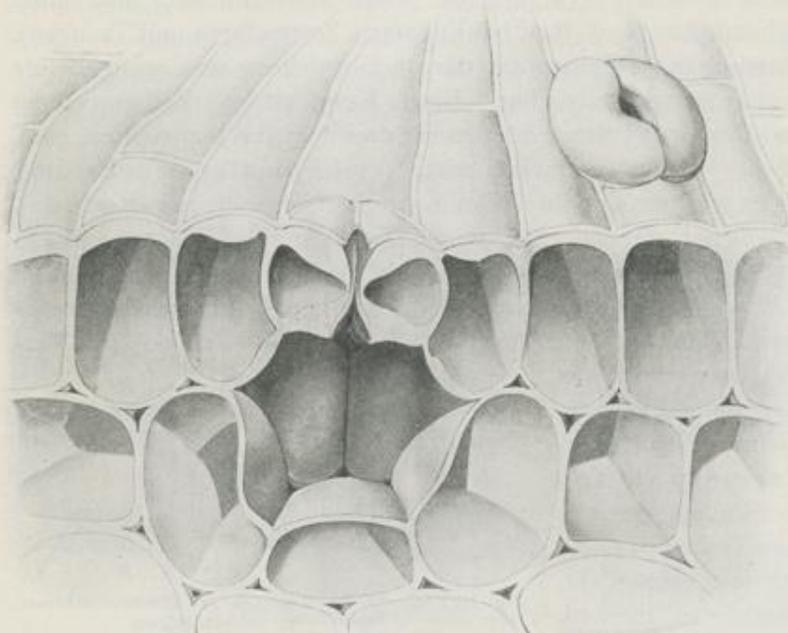


Fig. 19. Epidermis mit Spaltöffnungen vom Blatte der Tulpe (Zellen ohne Inhalt gedacht).

Die Zellen im Innern der Pflanze müssen mit der umgebenden Luft in Verbindung stehen, damit überflüssig gewordene Gase ausgeschieden und andere wiederum aufgenommen werden können. Deshalb finden sich in der Epidermis spaltenförmige Oeffnungen (Spaltöffnungen, Stomata, Fig. 18 und 19), die über einer Höhle, der Atmungshöhle, liegen, in welcher letztere zahlreiche Intercellulargänge einmünden. Durch eine eigentümliche Einrichtung ist es ermöglicht, den Gasaustausch zu regulieren. Die Oeffnungen werden von zwei, in der Oberansicht bohnenförmigen, an der Aussen- und Innenwand stark verdickten Zellen, den beiden Schliesszellen, umgeben. Unter normalen Verhältnissen ist die Spalte offen; wird jedoch den Zellen Wasser entzogen, so sinken diese zusammen und die der Spalte zugekehrten Seitenwände

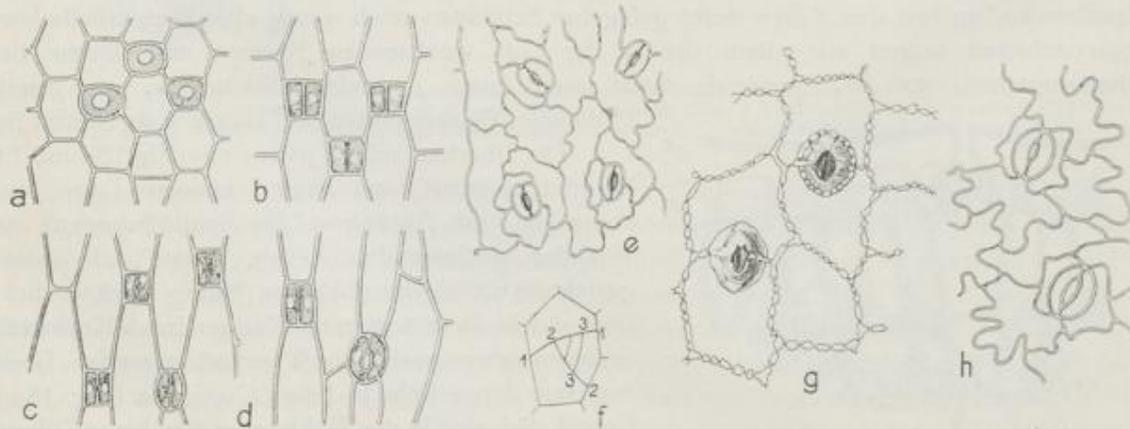
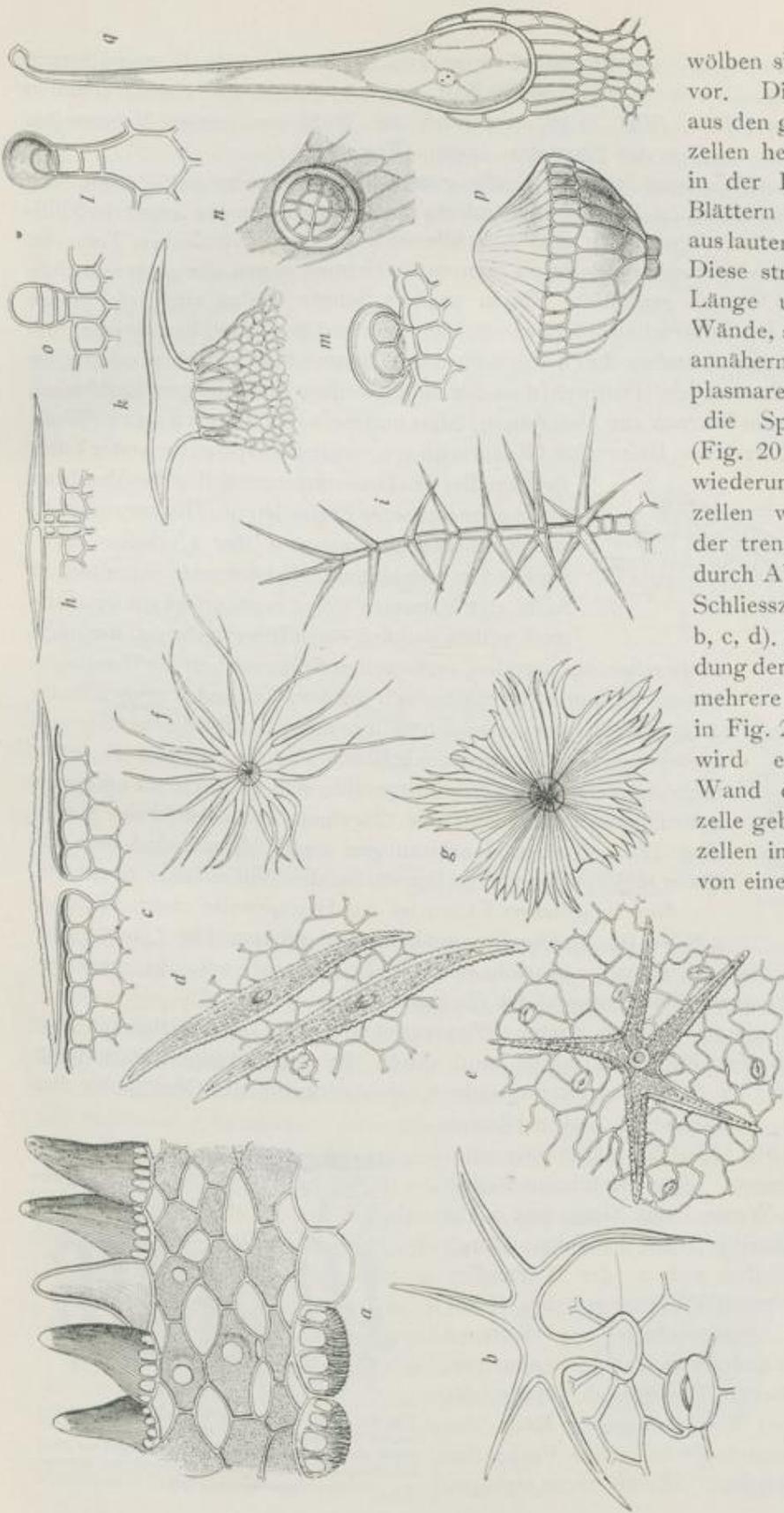


Fig. 20. Entwicklung der Schliesszellen von Iris (a b c d). e Nebenzellen bei Cruciferen (*Capsella bursa pastoris*). f Schema der Entwicklung derselben. g Nebenzellen der Nelkengewächse (Gartennelke). h Nebenzellen der Rubiaceen (*Gallium*).



wölben sich gegeneinander stark vor. Die Schliesszellen gehen aus den gewöhnlichen Epidermiszellen hervor. An jungen, noch in der Entwicklung begriffenen Blättern besteht die Oberhaut aus lauter gleichgestalteten Zellen. Diese strecken sich etwas in die Länge und es werden durch Wände, senkrecht zur Oberfläche annähernd quadratische, sehr plasmareiche Zellen abgegliedert, die Spaltöffnungsmutterzellen (Fig. 20 a). Diese teilen sich wiederum und die beiden Tochterzellen werden durch Spaltung der trennenden Membranen und durch Abrundung zu den beiden Schliesszellen ausgebildet (Fig. 20 b, c, d). Mitunter gehen der Bildung der Spaltöffnungsmutterzelle mehrere Teilungen voraus, wie in Fig. 20 f dargestellt ist. Hier wird erst durch die dritte Wand die Spaltöffnungsmutterzelle gebildet, sodass die Schliesszellen im ausgebildeten Zustande von einer Gruppe von drei Zellen umgeben werden, die man als Nebenzellen bezeichnet. Solche Gruppen von Nebenzellen sind für manche

Fig. 21. Haarformen (Trichome). a Papillen vom Blumenblatt des Veilchens, b Rinzelliges verzweigtes Haar der Levkoje (Matthiola), c d vom Goldlack (Cheiranthus cheiri), e Querschnitt des Blattes, d Oberansicht, e Haar vom Hirtentäschel (Capsella bursa pastoris) f g h Schülferhaare vom Sanddorn (Hippophaë rhamnoides), h Optischer Querschnitt, i Tannenbaumhaar der Wollblume (Verbascum), k Klimmhaar vom Hopfen, l Einfaches Drüsenhaar der Taubnessel (Lamium), m n Mehrzelliges Drüsenhaar derselben Pflanze, o Schleimhaar der gelben Teichrose (Nuphar), p Vielzelliges Drüsenhaar des Hopfens (Humulus lupulus), q Brennhaar der Brennnessel (Urtica dioica).

Pflanzenfamilien charakteristisch. So ist eine Gruppe von drei Nebenzellen kennzeichnend für die Kreuzblütler (Fig. 20 e f). Zwei Nebenzellen quer zur Spalte der Stomata finden sich bei den Nelkengewächsen (Fig. 20 g), während die Rubiaceen zwei Nebenzellen parallel zur Richtung des Spalten der Stomaten zeigen (Fig. 20 h).

Die Zahl der Spaltöffnungen ist häufig sehr gross, 100 und mehr auf 1 qmm. So besitzt ein mittelgrosses Kohlblatt ca. 11 Millionen und ein Blatt der Sonnenrose sogar 14 Millionen von diesen kleinen Oeffnungen. Sie sind ausschliesslich auf die oberirdischen Teile der Pflanze beschränkt und häufig durch besondere Lagerung in Gruben gegen die austrocknende Wirkung von Wind und Wärme geschützt. Einen solchen Schutz stellen auch die Haare (Trichome) dar, die sich bei zahlreichen Pflanzen von sonnigen und trockenen Standorten vorfinden (Fig. 21). Die Haare entstehen durch Vorwölben und Auswachsen einzelner oder einer ganzen Gruppe von Epidermiszellen. Dadurch, dass dann noch weitere Zellteilungen stattfinden, kommen die mannigfachsten Formen zur Ausbildung. Man unterscheidet Deckhaare (Wollhaare, Schülferhaare etc.), Drüsen-, Brenn- und Klimmhaare, sowie Fühlpapillen oder Fühlborsten. Bei den Drüsenhaaren wird in der Membran einer oder mehrerer Endzellen des Haares zwischen der Cellulosesubstanz und der Cuticula ätherisches Oel abgelagert. Brennhaare enthalten im Saft der Vacuolen einen noch unbekanntes Giftstoff, wahrscheinlich einen Eiweisskörper, der nach

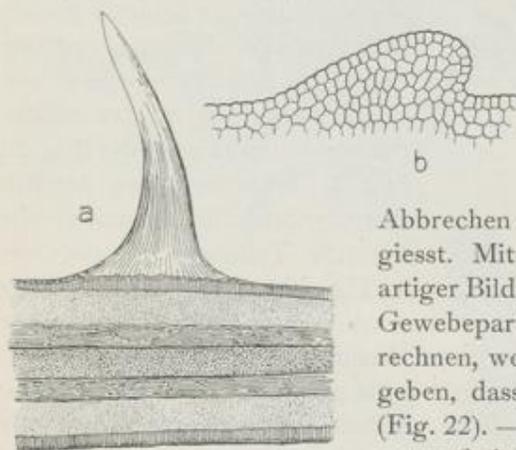


Fig. 22. a Stachel der Rose, b junges Entwicklungsstadium desselben.

Abbrechen der spröden, verkieselten Spitze sich in die Wunde ergiesst. Mitunter beteiligen sich an dem Zustandekommen haarartiger Bildungen auch noch weitere unter der Epidermis liegende Gewebepartien (Emergenzen). Hierzu sind die Stacheln (Rose) zu rechnen, welche als Epidermisgebilde sich dadurch zu erkennen geben, dass sie sich mit der Oberhaut leicht entfernen lassen (Fig. 22). — Zu den Haarbildungen der Epidermis sind auch die später (bei der Wurzel) zu besprechenden Wurzelhaare zu zählen.

Nur in seltenen Fällen ist das Hautgewebe mehrschichtig, z. B. bei der Stechpalme und beim Gummibaum (Fig. 23 und 16 d).

Das unter der Oberhaut liegende Gewebe bezeichnet man als Hypoderm. In manchen Fällen ist dasselbe als Wasserspeicher ausgebildet (Sedum).

An Stelle der Epidermis tritt in älteren Pflanzenteilen der Kork (Periderm), der sich aus Zellen unterhalb der Epidermis bildet und durch die regelmässige Anordnung seiner Zellen kenntlich ist. Er besteht aus tafelförmigen, rechtwinkelig zur Oberfläche des Pflanzenteiles stehenden, reihenweise angeordneten Zellen, den Korkzellen (Fig. 27), die ohne Interzellularräume aneinanderschliessen. Ihre Membranen sind verkorkt und daher für Wasser und Gase fast nicht durchdringbar. Sehr frühzeitig wird der Inhalt durch Luft ersetzt. Zuweilen finden sich in den Korkzellen noch Plasmareste oder rot oder braun gefärbte Gerbstoffe (bezw. deren Zersetzungsprodukte) vor. Seltener sind auch Einschlüsse von Calciumoxalat zu beobachten (Korkeiche = *Quercus suber*). Gewöhnlich erfolgt die Korkbildung an einjährigen Zweigen gegen Ende des Sommers, wodurch die ursprüngliche grüne Farbe der Sprosse ins bräunliche übergeht. Nur bei recht wenigen

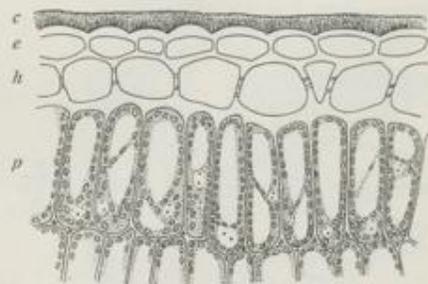


Fig. 23. Querschnitt durch das Blatt der Stechpalme (*Ilex aquifolium*). Epidermis (e) mit sehr stark entwickelter Cuticula (c), darunter ein einschichtiges Hypoderm (h), p Chlorophyllführende Palisadenzellen.

Holzpflanzen (z. B. bei der Mistel) unterbleibt die Korkbildung vollständig oder tritt erst an mehrjährigen Sprossen auf. Die Zellschicht, aus welcher beständig nach aussen durch tangentielle Teilung neue Korkzellen hervorgehen, heisst Korkcambium (Phellogen) (Fig. 24 a Ph). Gewöhnlich bildet sich das Korkgewebe direkt unter der Epidermis aus; seltener wird die Epidermis selbst zum Korkcambium oder das letztere tritt gar in tieferen Rindenschichten auf. Hie und da fügt das Phellogen auch nach innen zu der Rinde neue paren-

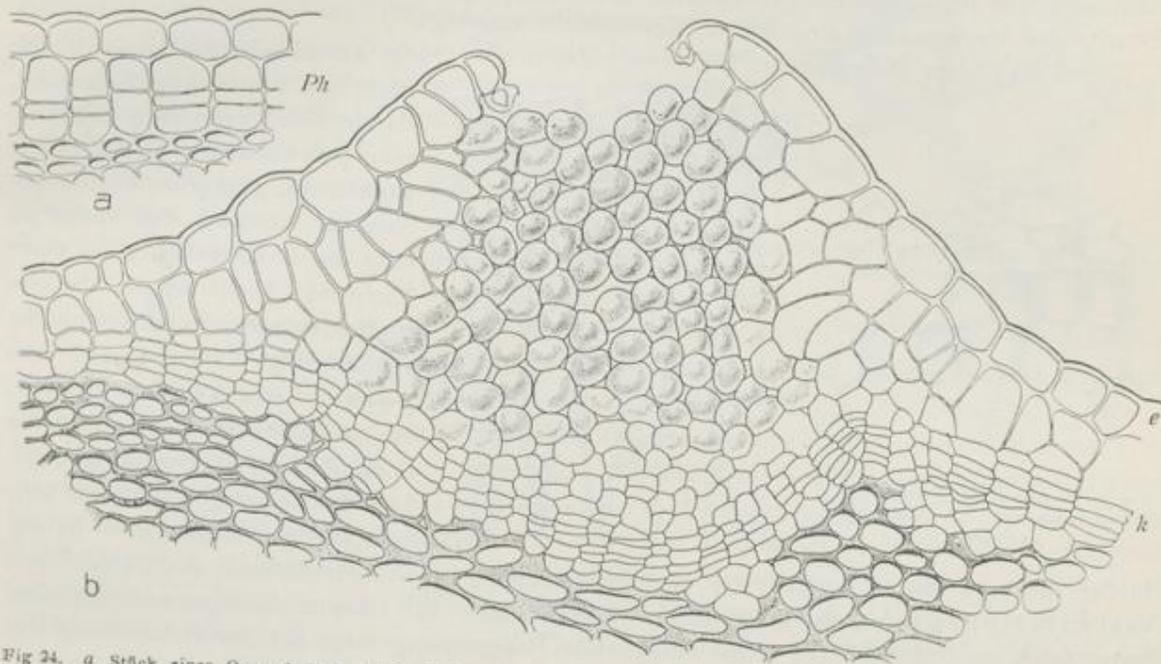


Fig. 24. a Stück eines Querschnittes durch den jungen Spross des Hollunders (*Sambucus nigra*). Ph. Phellogen oder Korkcambium. b Korkwarze oder Lenticelle von derselben Pflanze, k Korksicht, e Epidermis, (Ueber der Lenticelle sind noch die Reste der Schliesszellen sichtbar).

chymatische, chlorophyllreiche Zellen zu (Phellderm). In dem Korkmantel sind Lücken für den Gasaustausch (Korkwarzen, Rindenporen oder Lenticellen) vorhanden. Sie werden gewöhnlich unter den Schliesszellen der Epidermis angelegt (Fig. 24 b) und sind bei verschiedenen Sträuchern leicht mit blossem Auge zu erkennen. Die Korkzellen sind, da ihnen die Korksubstanz (Suberin, ein fettartiger Körper) eingelagert ist, für Wasser undurchlässig. Gewebeteile, welche ausserhalb des Korkes liegen, müssen deshalb absterben. Während nun die Korkhaut aus lückenlos miteinander verbundenen Zellen besteht, zeigen die Zellen der Korkwarzen (Füllzellen) grosse Interzellularräume, die mit Leichtigkeit ein Durchströmen der Luft ermöglichen. Da der Korkmantel periodisch zu enge wird, wird er gesprengt und abgeworfen, wobei auch andere Gewebeteile sich mit ihm entfernen können. Man bezeichnet diesen Vorgang als Borkenbildung. Und zwar unterscheidet man Ringelborke (*Weinstock*, *Clematis*, *Falscheborke*, *Thuja*) und Schuppenborke (*Platane*, *Eiche*, *Bergahorn*, *Kiefer*), je nachdem der Kork rings um den Stamm als Cylindermantel gebildet wird (Fig. 25 a) oder uhrglasförmig (Fig. 25 b) sich an die Aussenrinde oder an schon vorhandene Korksichten ansetzt. Bei verschiedenen sträuchigen Rosaceen lösen sich die abgestorbenen Mäntel in grösseren, papierartigen

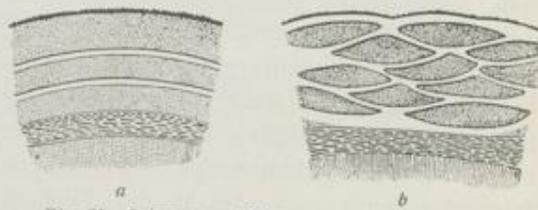


Fig. 25. Schema der Bildung von Ringelborke (a), von Schuppenborke (b).

Fetzen von der inneren Rindenschicht ab. — Wundkork entsteht sehr häufig bei Verletzungen. In dem nicht beschädigten lebenden Zellengewebe bildet sich dann nahe unter der Oberfläche eine Phellogenschicht aus, die durch Zellteilung in kurzer Zeit eine Korkschicht erzeugt, welche die blossgelegten Teile des Pflanzenkörpers gegen äussere Einflüsse schützt. (Eine durchgeschnittene Kartoffelknolle überkleidet sich recht bald mit einer neuen bräunlichen Korkhaut). In solchen Fällen, wo in dem natürlichen Entwicklungsgange durch Abstossen von Pflanzenteilen (herbstlicher Laubfall) Wunden entstehen, wird schon vor dem Eintritt der Verwundung eine innere Korkschicht angelegt.

Unter dem Hautgewebe finden wir Zellen von recht verschiedenen Formen. Die

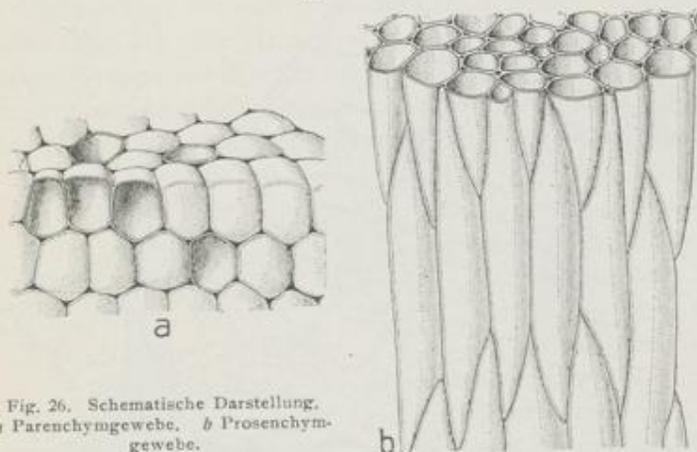


Fig. 26. Schematische Darstellung. a Parenchymgewebe, b Prosenchymgewebe.

Mehrzahl ist von kugelig oder, da sie sich gegenseitig drücken, von polyedrischer Gestalt. Sie stossen mit stumpfen Enden aneinander an und sind meist so lang als breit, seltener in einer Richtung $\frac{1}{2}$ mal länger. Solche isodiametrische, stumpfaneinander schliessende Zellen nennt man parenchymatische Zellen, ein aus ihnen gebildetes Gewebe daher ein Parenchym (Fig. 26a). Das Parenchymgewebe kann sehr verschiedene Funktionen haben.

Häufig dient es den Zwecken der Kohlensäurezerlegung (Assimilation) und wird dann Assimilationsparenchym genannt. Die Zellen des Assimilationsparenchyms sind immer reich an Chlorophyll. (Eine eingehende Besprechung folgt bei der Behandlung des Blattes). In anderen Fällen dient es als Speichergewebe; es finden sich dann in solchen Zellen reichlich Fette, Stärke, Eiweisskörner u. s. w. vor, wie z. B. in den Knollen der Kartoffel (Fig. 27), in unterirdischen Sprossen, sowie in Wurzeln. Auch andere Stoffe treten zuweilen im Grundgewebeparenchym auf, so z. B. ätherische Oele (Fig. 28), Harze, Schleim-, Gummi- und Gerbstoffarten und Fermente (Diastase, Myrosin, Invertin, Emulsin).

Andere Zellen wiederum führen Milchsaft. Der Milchsaft ist in den meisten Fällen eine weiss (Wolfsmilcharten, Löwenzahn), seltener eine gelb oder rotgelb (Schöllkraut) gefärbte wässrige Flüssigkeit, die bei Verletzungen aus den Wunden in mehr oder weniger reichlicher Masse herausgepresst wird. (Die Flüssigkeit steht unter dem Drucke der umgebenden, turgeszierenden Gewebe). Durch kleine Tröpfchen und Körnchen erhält der Milchsaft eine milchartige Beschaffenheit. Im Milchsaft sind — teils gelöst, teils in Körnchen- oder in Tropfenform — die verschiedensten Stoffe vorhanden, so verschiedene mineralische Salze, Zucker, Gummi, eiweissartige Substanzen, organische Säuren, eigentümliche, narkotisch wirkende Alkaloide, Wachs und Fette. Einige Produkte der Milchröhren finden in der Medizin (z. B. das morphiuhaltige Opium von *Papaver somniferum*) oder in der Technik (Kautschuk) Verwendung. Kautschuk wird

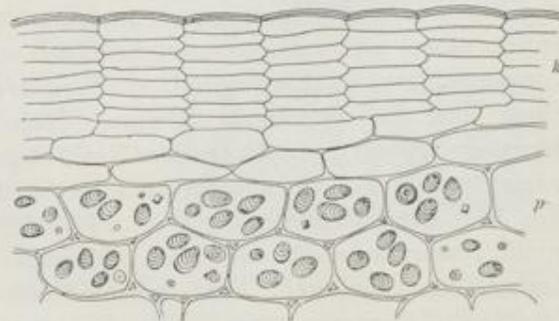


Fig. 27. Speicherparenchym der Kartoffel. k Kork, p Parenchym mit Stärkekörnern und kleinen Würfeln aus Eiweisssubstanz.

von einigen baumartigen Euphorbiaceen (Hevea), Ficusarten, von einigen Apocynaceen und Asclepiadaceen gewonnen. Bei den Wolfsmilchgewächsen sind auch eigentümlich gestaltete Stärkekörner in den Zellen vorhanden (Fig. 29 c). Diese Milchsaft führenden Zellen sind häufig recht lang und von schlauchförmiger Gestalt, sodass sie den Charakter der Zelle fast gänzlich einbüßen. Deshalb hat man sie auch als Milchsaftgefäße oder Milchsaft-röhren (viele Euphorbiaceen, Moraceen, Apocynaceen und Asclepiadaceen) bezeichnet. Dabei sind sie mannigfach verzweigt und gehören zu den grössten Zellen, die im Pflanzenreiche überhaupt vorkommen. Diesen aus einer einzigen Zelle gebildeten Milchsaftschläuchen mit einheitlicher Wand, die man als ungegliederte Milchröhren (Fig. 29 c d) bezeichnet hat, stehen die gegliederten Milchsaft-röhren gegenüber. Sie entstehen dadurch, dass in über- oder nebeneinanderliegenden, Milchsaft produzierenden Zellen die trennenden Wände aufgelöst werden. Es werden auf diese Weise gleichfalls Schläuche gebildet, deren Wand aber nicht einheitlich ist, sondern sich aus den stehenbleibenden Wandresten verschiedener Zellen zusammensetzt. Diese Röhren sind miteinander reichlich durch Anastomosen verbunden (Compositen, Campanulaceen, Papaveraceen. (Fig. 29 a b). Die Membran der Milchröhren ist stets unverholzt und niemals verkorkt; sie besteht aus Cellulose. An der Luft gerinnt der Milchsaft sehr schnell und bildet dann einen provisorischen Wundverschluss. Die physiologische und biologische Bedeutung des Milchsaftes ist noch nicht genau festgestellt. So fragt es sich, ob die im Milchsaft enthaltenen Stoffe lediglich als ausgeschiedene Endprodukte des Stoffwechsels anzusehen sind oder ob sie auch bei der Ernährung der Pflanze als Baustoffe Verwendung finden. Biologisch kann der Milchsaft mitunter als Schutzmittel gegen Tierfrass (besonders gegen Schnecken) nützlich sein.

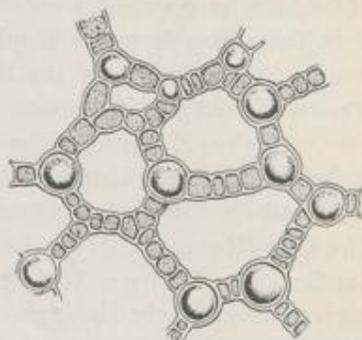


Fig. 28. Aetherisches Oel führende Zellen aus dem Rhizom von *Acorus calamus*.

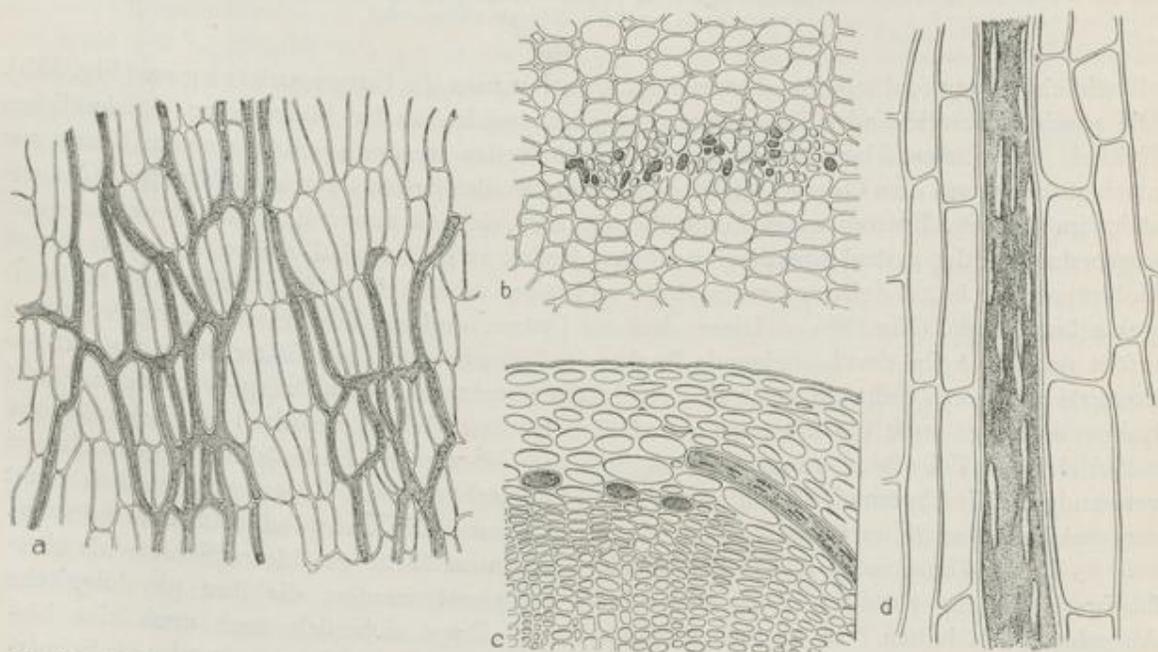


Fig. 29. *a* Gegliederte Milchsaft-röhren vom Löwenzahn (*Taraxacum officinale*). *a* auf dem Längsschnitt, *b* auf dem Querschnitt der Wurzel. *c* Ungegliederte Milchsaft-röhren von der Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*). Querschnitt, *d* Längsschnitt.

Hegi, Flora.

Da xerophil gebaute Formen häufig sehr reich an Milchsaft sind, kommt ihm vielleicht noch eine weitere Funktion als Schutzmittel gegen zu weit gehende Transpiration zu.

Als weitere Sekretdrüsen können die Kristall-, Gummi-, Schleim- und Gerbstoffdrüsen genannt werden. In den Kristalldrüsen sind die Einzelkristalle und die in Schleim eingebetteten Raphidenbündel enthalten (Fig. 10). Sie treten besonders häufig in der Aussenrinde und im Bastteile der Leitbündel auf, weshalb Rinden zuweilen einen grossen Gehalt an Kalkasche aufweisen.

Neben diesen cellulären Sekreten findet man im Grundgewebe auch solche, welche in den Intercellularräumen enthalten sind, vor allem Harze und ätherische Oele. Der Gestalt nach sind die Intercellularräume entweder rundliche, ringsum geschlossene Höhlungen bzw. Lücken (Rutaceen, Hypericaceen) oder langgestreckte, auf weite Strecken sich hinziehende Kanäle oder Gänge (Harzgänge bei vielen Coniferen, Umbelliferen, Araliaceen). Die ersteren sind meist lysigenen, die letzteren schizogenen Ursprunges. Allerdings bilden sich viele lysigene Sekretbehälter anfänglich auf schizogenem Wege. Entstehen diese Intercellulargänge auf dem gewöhnlichen Wege dadurch, dass die Zellenwände sich

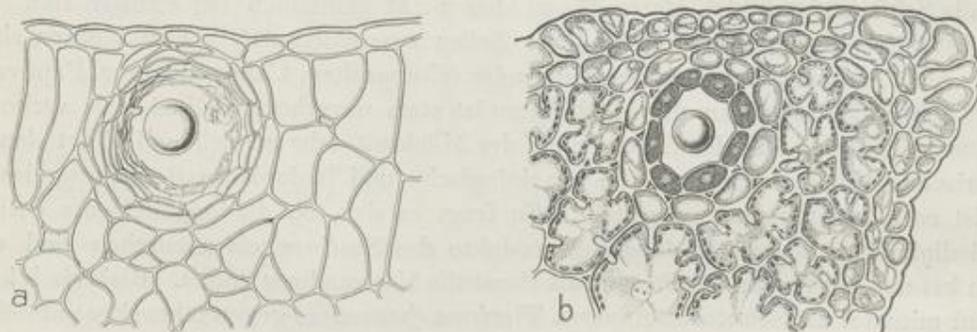


Fig. 30. a Lysigener Sekretbehälter von *Dictamnus albus* (Querschnitt durch das Blatt). b Schizogener Sekretbehälter aus der jungen Nadel von *Pinus silvestris* (Querschnitt).

allmählich spalten und auseinanderweichen, so nennt man die Gänge schizogen (Fig. 30 b). Die auseinanderweichenden, lebenden, protoplasmareichen Zellen bilden dann ein deutliches Epithel. Die zarten, Harz ausscheidenden Epithelzellen werden noch von einem Kranz von mechanischen, auf dem Querschnitt stark lichtbrechenden Zellen umgeben (Prinzip der Mauersteine im Tunnel). Entstehen die Gänge aber dadurch, dass ein ganzer Komplex von reihenweise angeordneten oder nesterbildenden, rundlichen Zellen aufgelöst wird, sodass die entstandenen Hohlräume von lauter Zellfragmenten umgeben sind, so werden die Sekretbehälter als lysigene bezeichnet. (Fig. 30 a). Diese „innern“ Drüsen sind mit den Ausscheidungsprodukten erfüllt und als helle, durchscheinende Punkte ins Gewebe der Laubblätter oder des saftigen Stengels versenkt. Sehr zahlreich sind sie in der Fruchtschale der Orange vorhanden. Echt lysigen entstehen auch die mit Gummi erfüllten Lücken vieler Prunoideen und Leguminosen, wobei sich die Zellwände ganzer Zellenkomplexe — besonders im Holzkörper — in Gummi verwandeln (Kirschgummi, Gummi arabicum, Tragantgummi). Rhezigen endlich nennt man solche Intercellularräume, welche durch Zerreißen der Zellwände zustande kommen.

In der Hauptsache dürfen die cellulär und intercellulär gebildeten Sekrete als überflüssig gewordene Produkte des Stoffwechsels aufgefasst werden, die ihre physiologische Aufgabe erfüllt haben. In einzelnen Fällen kommt ihnen sicherlich auch noch eine biologische Bedeutung zu. So können sie gegen Fäulnisprozesse wirksam sein oder als Schutzmittel gegen Tierfrass (Borkenkäfer, Schnecken u. s. w.) dienen. In den Milchröhren der

Euphorbien sind neben den Sekreten auch noch plastische Baustoffe in Gestalt von Stärkekörnern vorhanden. Durch ihren intensiven Geruch können ätherische Oele Insekten anlocken und dadurch die Fremdbestäubung begünstigen. Bei einigen Arten (Rutaceen) scheint das aus den innern Drüsen ausgeschiedene Sekret auch zur Herabsetzung der Transpiration beizutragen. Denn Luftschichten, die mit ätherischen Dünsten durchschwängert sind, lassen die strahlende Wärme in viel geringerem Masse durch als reine Luft. Wenn sich also eine Pflanze mit einer von ätherischen Oelen reichlich durchsetzten Luftschicht umgibt, so wird sie tagsüber im Sonnenschein gegen allzu grosse Erwärmung (resp. Transpiration), sowie nachts bei heiterem Himmel gegen allzu grosse Abkühlung geschützt sein. Beim Diptam (*Dictamnus albus*) ist an heissen Sommertagen die die Pflanze umgebende Luftschicht so sehr mit ätherischem Oel erfüllt, dass sie mittelst eines Streichholzes in Flammen gebracht werden kann.

Das Grundgewebe füllt im Pflanzenkörper den Raum zwischen dem Hautgewebe und den Leitbündeln meistens vollständig aus. Im Blatte ist es hauptsächlich als Assimilationsgewebe ausgebildet. In den ältern Sprossen vieler höhern Pflanzen (Dikotyledonen) bilden die einzelnen Leitbündel einen mehr oder weniger vollkommen geschlossenen Mantel (Hohlzylinder), wodurch dann das Grundgewebe in zwei Partien, in das Mark und in die primäre Rinde oder Aussenrinde geschieden wird. (Fig. 31). Einzelne Streifen von Grundgewebe, die zwischen den Leitbündeln liegen, stellen eine Verbindung von Mark und Rinde her; es sind dies die Markverbindungen. Da im Sprosse der Monokotyledonen die Leitbündel ungleichmässig über die Querschnittsfläche verteilt sind, kommt es daselbst nicht zu einer scharfen Scheidung von Mark und Aussenrinde. Auch in solchen Pflanzenteilen, wo — wie z. B. bei der Wurzel — die einzelnen Leitbündel sich zu einem geschlossenen, zentral gelegenen Strange vereinigen, kann sich natürlich kein Mark entwickeln; das Grundgewebe ist dann nur als Aussenrinde entwickelt. Was die Gestalt der einzelnen Elemente des Grundgewebes anbetrifft, so handelt es sich in der Hauptsache um parenchymatische Zellen; daneben kommen in vielen Fällen auch prosenchymatische Zellen in grösserer Menge vor (vgl. Fig. 26 a und b). Andererseits kann man nach der Art der physiologischen Leistung im Grundgewebe mehrere Gewebesysteme unterscheiden. Die wichtigsten davon sind:

a) Das Assimilationsgewebe (wird später bei der Anatomie des Sprosses und des Blattes ausführlich besprochen werden).

b) Das Speichergewebe. Es besteht in der Regel aus polyedrischen, lebenden Parenchymzellen, zwischen denen keine oder doch nur sehr kleine Intercellularräume vorhanden sind und die sich durch den Gehalt an verschiedenen Reservestoffen (Stärke, Eiweiss, Reservecellulose, Zucker, Fett, Wasser etc.) kennzeichnen (Fig. 27). Meistens sind die Zellen des Speichergewebes dünnwandig; dickwandig sind sie z. B. im Endosperm der Samen von vielen Palmen. Hier ist es die Reservecellulose, welche die Wandverdickung bedingt (Fig. 32). Seiner Funktion entsprechend finden wir das Speichergewebe vor allem in den Reservestoffbehältern ausgebildet, so in den Wurzel- und Sprossknollen, in den Keimblättern (z. B. der Leguminosen), sowie im Endosperm (z. T. auch im Perisperm) vieler Samen (Fig. 14a). In den Laubblättern ist das Speichergewebe zuweilen recht schwach entwickelt

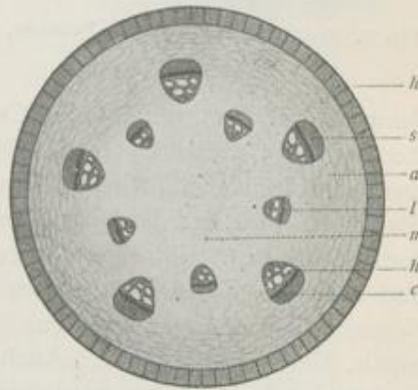


Fig. 31. Schematischer Querschnitt durch einen dikotylen Spross. *h* Hautgewebe, *l* Leitbündel (2×5 Bündel), *a* Aussenrinde, *m* Mark, *s* Sieb- oder Bastteil, *h* Gefäss- oder Holzteil, *c* Cambium.

und beschränkt sich fast ausschliesslich auf eine eine einzige, die Leitbündel umkleidende Schicht (Stärkescheide). In den Stärkescheiden nehmen auch die in den Blättern

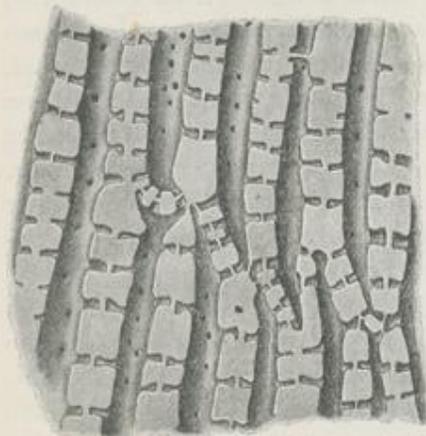


Fig. 32. Speichergewebe aus einem Palmkern.
(Knopf).

erzeugten Assimilationsprodukte ihren Weg zum Spross. In vielen Fällen sind die Stärkekörner in den Stärkescheiden wahrscheinlich auch als reizpercipierende Schwerkraft-Organen tätig. Sie verhalten sich dann in dieser Beziehung ähnlich wie die Stärkekörner im Grundgewebe der Wurzelhauben verschiedener Gefässpflanzen. Bei vielen Pflanzen an trockenen Standorten — vor allem bei vielen Wüsten- und Steppenpflanzen — ist das Speichergewebe als Wassergewebe entwickelt und repräsentiert dann ein Wasserreservoir (Fig. 33). Es besteht in solchen Fällen aus grossen, dünnwandigen, plasmaarmen Zellen, die eine wässrige Flüssigkeit oder einen dünnen Schleim enthalten, welche Stoffe den Pflanzen in Zeiten der Trockenheit zum Unterhalte dienen. Derartige Wassergewebe findet man namentlich bei den „sukkulente“ (Saft-) Pflanzen, wie in den Blättern und Sprossen der Fettkräuter oder Crassulaceen (*Sedum*, *Sempervivum*, *Cotyledon*, *Umbilicus*, *Rochea* etc.), vieler Cacteen (Blatt- und Stammsukkulente), zahlreicher Wolfsmilcharten (besonders bei den kaktusähnlichen Formen, wie z. B. bei *Euphorbia Canariensis*), verschiedener Aizoaceen (bei der Gattung *Mesembryanthemum* = Mittagsblume), *Portulacaceen*, *Chenopodiaceen*, *Amaryllidaceen* (*Agave*), *Liliaceen* (*Aloë*, *Gasteria*, *Apicra*; reich an Schleim sind auch die Zwiebelblätter der Meerzwiebel), *Compositen* (*Kleinia*-Arten aus Südafrika, *Notonia*, *Othonna*, verschiedene *Senecio*-arten), *Asclepiadaceen* (*Stapelia*, *Huernia*, *Echidnopsis*, *Caralluma*) u. s. w. Auch verschiedene Salzpflanzen (*Halophyten*) zeigen ähnliche Verhältnisse und zählen zu den eigentümlich gebauten Sukkulente, so verschiedene *Chenopodiaceen* (*Salicornia herbacea*, *Suaeda maritima*, *Arthrocnemum*, *Salsola soda*), *Batis maritima* (Strandpflanze aus Amerika), die südeuropäische Umbellifere *Crithmum maritimum*, ferner die *Alsinee* *Honkenya peploides*, die *Crucifere* *Cakile maritima* u. s. w.

Die verschiedenen, bereits kurz besprochenen Sekretbehälter wie die Milchsaftschläuche, die Harzgänge, die innern Drüsen, die Kristallzellen u. s. w. werden zuweilen zu einem besondern System des Grundgewebes, dem Sekretionssystem, zusammengefasst. Da diese Sekretbehälter aber sehr oft nicht zu grössern Gewebemassen vereinigt sind, sondern mehr vereinzelt zwischen den Elementen des Grundgewebes auftreten und ausserdem nicht dem Grundgewebe allein zukommen (sie treten auch in den Leitbündeln, sowie im Holzkörper auf), haben wir sie als besondere Gruppe dem eigentlichen Grundgewebe vorangestellt.

c) Das mechanische oder Festigungsgewebe. Während in vielen Fällen (besonders bei jugendlichen Pflanzenteilen) der Turgor der Zellen, d. h. der hydrostatische Druck, der von dem Zellsaft auf die Zell-

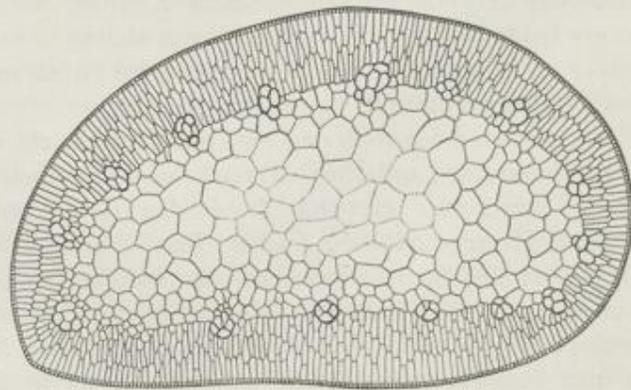


Fig. 33. Querschnitt durch das saftige Blatt von *Aloë arborescens* Mill. Unter der Epidermis liegt das mehrschichtige Assimilationsgewebe. Die grossen, polygonalen Zellen im Innern sind sehr wasserreich.

wandung ausgeübt wird, zur Aufrechterhaltung der Pflanze sowie gegen die Angriffe von äussern Kräften genügt, finden wir bei ältern Pflanzenteilen ein eigenes Festigungsgewebe ausgebildet, das die innere Festigkeit der Organe ermöglicht und die Pflanzen in den Stand setzt, den durch die äussern Einflüsse (Wind, Regen, Schneedruck u. s. w.) ausgeübten Zug-, Druck- und Biegungswirkungen zu widerstehen. Das mechanische System kann deshalb gewissermassen mit dem Skelett der höhern Tiere verglichen werden. Die mechanische Beanspruchung der Pflanzen ist nun eine überaus mannigfaltige und vielseitige. Die im Sturme sich hin und her wiegende Palme wird auf Biegefestigkeit in Anspruch genommen; gleichzeitig muss aber der Stamm, um die schwere Krone tragen zu können, auch strebefest gebaut sein. Die in der Erde liegenden Organe, wie vor allem die Wurzeln, werden auf Zugfestigkeit erprobt, etwa in ähnlicher Weise wie die Ankertaue eines vor dem Hafen liegenden Dampfers, der von einem schweren Orkane gepeitscht wird. Das Gerüst nun, welches dem Pflanzenkörper die nötige Festigkeit verleiht, wird aus besonders,

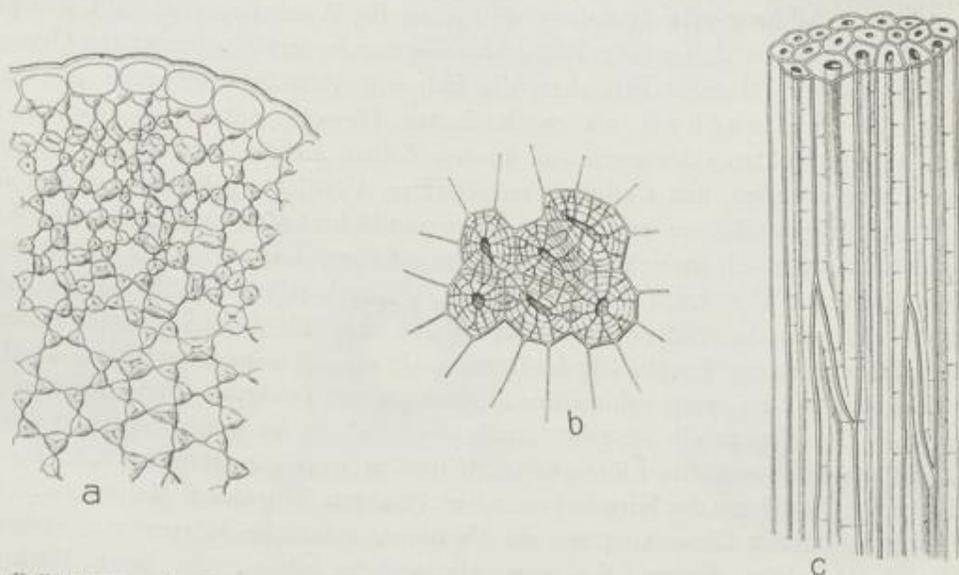


Fig. 34. a Kollenchym aus den Stengelkanten des kleinen Sauerampfers (*Rumex acetosella*). b Steinzellen aus dem Fruchtfleisch der Birne. c Sklerenchymfasern.

oft eigentümlich geformten Zellen (Stereiden) gebildet, die wiederum zu bestimmten Konstruktionsteilen (Stereomen) vereinigt sind. Alle mechanischen Zellen haben das gemeinsame, dass sie durch stark verdickte Wände ausgezeichnet sind. Zu den spezifisch mechanischen Elementen gehören: die Bastzellen oder Sklerenchymfasern, die Holzfasern oder Libriformzellen, die Kollenchymzellen und die Steinzellen oder Sklereiden. Die beiden ersten Gruppen — Bastzellen und Holzfasern — unterscheiden sich streng genommen nur durch ihre topographische Lage. Die in den Sprossen ausserhalb des Verdickungsringes (Cambium) gelegenen mechanischen, prosenchymatischen Zellen werden als Bastzellen, die innerhalb des Ringes gelegenen Fasern im allgemeinen als Holzfasern bezeichnet. Die Bastfasern treten nicht selten unter dem Hautgewebe in grössern Gruppen auf oder schliessen sich, wie bei verschiedenen Schlingpflanzen (z. B. bei *Aristolochia siphon*), zu einem vollständig geschlossenen Ringe zusammen. Bastzellen und Holzfasern sind im allgemeinen von sehr langgestreckter, spindelförmiger Gestalt (Fig. 35 c) mit beidseitig zugespitzten Enden, die sich fest ineinander verkeilen, wodurch die Festigkeit des Ganzen natürlich wesentlich erhöht wird. Zuweilen erreichen die Fasern eine recht beträchtliche Länge (sie gehören

überhaupt zu den längsten Zellen des Pflanzenkörpers); die Bastfasern des Hanfes (*Cannabis sativa*) werden bis über 10 mm lang, die des Leins 20 bis 40 mm und die der grossen Brennessel (*Urtica dioica*) bis über 77 mm lang. Die Wandungen der Bast- und Holzfasern sind stets mehr oder weniger stark verdickt, sodass die Zellhöhlungen (*lumina*) nicht selten vollständig verschwinden. Bei stärkerer Vergrösserung kann man leicht feststellen, dass diese einzelnen Fasern von zahlreichen spaltenförmigen, schief stehenden Tüpfeln durchsetzt werden und zwar entspricht die Stellung derselben in der Regel einer linksläufigen Schraubelinie. Aus dieser Anordnung der Tüpfel kann nun auch auf die Richtung der Molekularreihen geschlossen werden. Darnach würde die Wandung der Fasern aus zarten, mehrfach gedrehten Fibrillen bestehen, die ihrerseits aus reihenweise aneinander geordneten Membranteilchen aufgebaut erscheinen. Diese letztern lassen sich jedoch auch mit unsern besten optischen Hilfsmitteln nicht mehr erkennen. Wie bei einem Schiffstaue verlaufen also in den Bastzellen die einzelnen Fibrillen in Schraubelinien; durch diese Tordirung wird die Festigkeit der Bast- und Holzfasern sicherlich wesentlich erhöht. Sobald die Fasern ihre endgültige Ausbildung erlangt haben, stellen sie ihr Wachstum ein. Mit wenigen Ausnahmen repräsentieren sie daher tote Elemente, die nur in fertig entwickelten Organen sich vorfinden. In solchen Pflanzenteilen aber, die sich wie viele Sprosse noch im Wachstum befinden, ist das *Kollenchym* als mechanisches Gewebe entwickelt (Fig. 34 a). Es besteht aus langgestreckten oder auch aus kurzen Zellen, welche nur an den Kanten mit einer stark lichtbrechenden, aus Cellulose aufgebauten Verdickungsmasse versehen sind und zuweilen noch Chlorophyllkörner enthalten. Diese ungleichmässige Verdickung der Wandung erlaubt einen Säfteaustausch zwischen den einzelnen Zellen, sowie Streckung der nicht verdickten Wandpartien. Die dritte Gruppe endlich, die Steinzellen der Sklereiden (Fig. 34 b), unterscheiden sich von den Sklerenchymfasern durch ihre allermeist isodiametrische (Zellen mit gleichem Durchmesser) Gestalt. Sie besitzen stark verdickte und verholzte, deutlich geschichtete Zellwände, die von zahlreichen, sehr oft verzweigten Tüpfelkanälen durchzogen werden. Der Plasmaleib ist gewöhnlich abgestorben; an seiner Stelle erscheint eine wässrige, farblose oder gefärbte Flüssigkeit. Steinzellen treten in der Borke, in Rinden, in Blättern, Früchten (Steinkern der Kirsche) mancher Pflanzen in grosser Menge auf. In dem weichen Fruchtfleisch der Birne kommen sie als harte, rundliche Körper vor, während sie an der Peripherie vieler Samen die sog. Hartschicht bilden. In ihrer Wirkung als mechanische Zellen kann man sie mit den Sandkörnern vergleichen, die der Maurer dem weichen Lehm beimischt, um dessen Kohäsion zu erhöhen, oder dem Glaspulver, das der Guttapercha eingestreut wird, um diese inkompressibler zu machen.

Die Anordnung des mechanischen Gewebes kann dafür Vorbildlich sein, wie mit äusserster Materialersparnis ein möglichst hoher Nutzeffekt erzielt werden kann.

Man kann verschiedene Lagerungen des mechanischen Gewebes unterscheiden. Das mechanische Element ist ganz aussen, direkt unter der Epidermis gelagert (wie beim Schachtelhalm Fig. 35, Type I), oder es liegt etwas tiefer im Grundgewebe, wie bei *Cucurbita* (Fig. 35, Type II) oder es ist dem noch zu besprechenden Stranggewebe angegliedert (Fig. 35, Type III). Meist sind aber zwei oder gar drei dieser Typen miteinander kombiniert, so bei der Taubnessel (Fig. 35 b) und Nelke Type I mit Type III; bei *Molinia caerulea* sind alle drei Typen miteinander vereint. (Fig. 35 d).

Die Verteilung der mechanischen Gewebe steht nun mit ihren Leistungen in engem Zusammenhange. Und zwar ordnet die Pflanze ihre Stereome nach den gleichen Prinzipien an, welche der Bautechniker in der Praxis bei seinen Konstruktionen zur Anwendung bringt. Die verschiedenen Pflanzenorgane werden bald auf Biegefestigkeit, bald auf Zug- und Druckfestigkeit in Anspruch genommen. Dazu kommt noch die Gefahr des Ein-

reissens der Laubblätter, d. h. die Inanspruchnahme auf Schubfestigkeit. Allseitig biegungsfest müssen natürlich die Mehrzahl der oberirdischen Organe wie die Blattstiele, Stämme, die Zweige, Grashalme etc. gebaut sein. Während nun flache Organe wie z. B. die Blätter ihre Biegungsfestigkeit dadurch erreichen, dass die kräftig entwickelten Bastbeläge der Leitbündel sich mit verbreiterten Enden an die Epidermis der Ober- und Unterseiten (Prinzip der T-Träger) anlehnen (Fig. 35 a), sehen wir bei den Halmen der Monokotyledonen und krautigen Dikotyledonen das Festigungsgewebe zu einem peripheren, röhrenförmigen Mantel (Prinzip der Hohl säule) angeordnet, welcher auf dem Querschnitte des Organes als ein der Oberfläche genäherter, mehr oder weniger vollkommen geschlossener, konzentrischer Ring erscheint. Das Mark pflegt dann in solchen Fällen häufig teilweise oder vollständig zu fehlen (Fig. 35 d). Bei vielen anderen Stengeln findet an der Peripherie

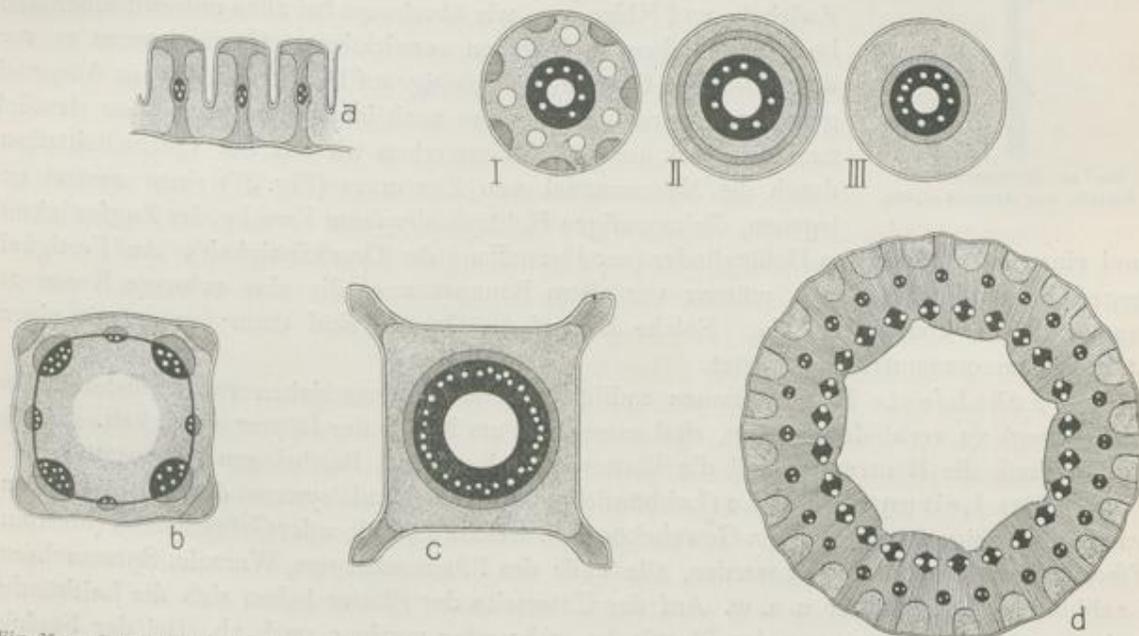


Fig. 35. a Querschnitt durch ein Grasblatt (Molinia). Das mechanische Gewebe ist schraffiert, das Assimilationsgewebe punktiert, das Leitungs-gewebe schwarz mit weissen Oeffnungen dargestellt. b Schematisierter Querschnitt durch den Stengel der Taubnessel, c durch den Stengel des Labkrautes (Galium), d durch den Halm eines Grases (Molinia caerulea). I, II, III. Typen, Verschiedenartige Anordnung des mechanischen Gewebes.

das System der subepidermalen Rippen Verwendung (Fig. 35 b und c). Solche Stengel erscheinen dann äusserlich gestreift, d. h. mit längsverlaufenden Rippen versehen (Lamium, Galium, Equisetum, Anthriscus, Hypericum quadrangulum u. s. w.) In den meisten Fällen hat das Festigungsgewebe auch noch lokal-mechanischen Zwecken zu dienen, namentlich das zarte Leitungs-gewebe zu schützen. Sehr oft teilt sich an der Peripherie das Assimilationsgewebe, das ja zu seiner Arbeit unbedingt der Mitwirkung des Lichtes bedarf, in seiner Ausdehnung mit dem Festigungsgewebe. So wechseln am Rande vieler Halme dicht unter der Epidermis grüne Streifen des Assimilationsgewebes mit hellen, stark lichtbrechenden Streifen von Sklerenchymfaserbündeln ab (Fig. 35 d).

Nach dem Princip der Hohl säule ist auch die nach unten offene Scheide der Grassenarten (Armeria) gebaut (Fig. 36). Dieselbe befindet sich dicht unterhalb des kopfigen Blütenstandes und ist gleichzeitig ein Schutzorgan für die hier befindliche interkalare Wachstumszone des Blüten-schaftes. Wird der Schaft dieser Scheide beraubt, so vermag er sich nicht mehr länger aufrecht zu erhalten.

Für die Inanspruchnahme auf Zug ist die Vereinigung aller widerstandsfähigen Elemente zu einem einzigen kompakten Stränge von zentraler Lagerung die vorteilhafteste und zweckmässigste Anordnung (Fig. 35, Type III). Aus diesem Grunde finden wir sie auch in allen auf Zugfestigkeit in Anspruch genommenen Organe, so in den Wurzeln und Rhizomen, in den Stielen hängender Früchte, sowie in den Sprossen von untergetauchten, im fließenden Wasser lebenden Blütenpflanzen (Potamogeton, Ranunculus fluitans etc.).



Fig. 36. Blütenstand (mit Scheide) von *Armeria alpina*.

Zur Herstellung der Druckfestigkeit (gegen radialen und longitudinalen Druck) muss ein vollkommen geschlossener Mantel von festem Material vorhanden sein. Wir finden das Bauprinzip gegen radialen Druck in der Konstruktion der Samenschalen, vieler Fruchtschalen (Compositen, Gramineen, Haselnuss), in den Wurzeln, Zwiebeln und Rhizomen, wie überhaupt bei allen unterirdischen oder im Wasser lebenden Organen verwirklicht. Häufig kommt es vor, dass derartige Organe gleichzeitig auf Druck und Zug in Anspruch genommen werden, was dann auch im anatomischen Baue deutlich zum Ausdruck kommt. So bemerken wir auf der Querschnittsfigur durch die Nebenwurzel von *Zea mays* (Fig. 37) einen zentral gelegenen, dickwandigen Hohlzylinder (zum Zwecke der Zugfestigkeit)

und einen subepidermalen Hohlzylinder (zur Herstellung der Druckfestigkeit). Auf Festigkeit gegen longitudinalen Druck müssen vor allem Baumstämme, die eine schwere Krone zu tragen haben, konstruiert sein. Solche säulenfeste Organe sind dann immer mit einem starken Stereomantel ausgerüstet.

Schubfeste Konstruktionen endlich, welche ein Verschieben von kleinsten Teilen (Scheerung) zu verhindern suchen, sind namentlich am Rande der Blätter entwickelt. Häufig sind deshalb die Blattränder und die Blattenden mit starken Bastbelegen ausgestattet.

Das Leitungsgewebe (Leitbündel- oder Gefäßbündelsystem) durchzieht in Form von fadenförmigen strangartigen Gewebekörpern, welche als Leit- oder Gefäßbündel (Mestom, Fibrovasalstränge) bezeichnet werden, alle Teile des Pflanzenkörpers, Wurzeln, Sprossachsen, Laubblätter, Staubblätter u. s. w. Auf der Unterseite der Blätter heben sich die Leitbündel meistens als Blattnerven von der Blattfläche mehr oder weniger stark ab. Bei der Fäulnis der Blätter, bei welcher die zarteren Gewebepartien verwesen, bleibt das ganze Leitbündelsystem als zartes Adernetz erhalten. Den einfach organisierten Pflanzen (Thallophyten und Musci) kommen noch keine echten Leitbündel zu. Allerdings finden sich bereits bei vielen Moosen — im Stengel, Blatt und Fruchtsiel — Andeutungen dazu, indem einzelne Komplexe von lang gezogenen Zellen von dem übrigen Gewebe stark verschieden sind. Bei den Gefäßpflanzen treffen wir die einfachste Anordnung in den Wurzeln, wo ein einziger, in der Axe gelegener Leitbündelstrang, der sich aus mehreren einzelnen Leitbündeln zusammensetzt, ausgebildet ist; von diesem aus gehen dann ähnliche Stränge in die Seitenwurzeln ab. Im Sprosse dagegen ist der Verlauf der Leitbündel ein anderer, oft ein sehr komplizierter. Zuweilen stehen dieselben so dicht gedrängt, dass sie eine einzige mächtige Masse darstellen. (Holz der Bäume.) Die Leitbündel der Blätter und der Sprossachsen stehen in einem engen Zusammenhange. Die in dem Stengel verlaufenden Stränge stellen daher in der Hauptsache nur die Fussstücke der von den Blättern herablaufenden

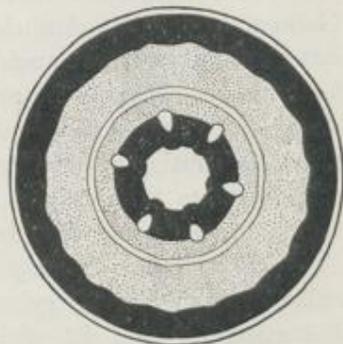


Fig. 37. Querschnitt durch die Nebenwurzel vom Mais. (Das mechanische Gewebe ist schwarz gehalten).

Stränge dar und werden als Blattspurstränge bezeichnet. Meistens wird das ganze Leitbündelnetz der Sprosse ausschliesslich aus Blattspursträngen dargestellt. Stammeigene Leitbündel, die nur den Sprossachsen allein angehören, kommen seltener vor. In den Sprossachsen der Dikotyledonen stellt das vom Leitbündel gebildete Maschenwerk in der Regel einen Zylindermantel dar, der einerseits das Mark umhüllt und andererseits von der Aussenrinde und dem Hautgewebe (Epidermis, Kork) umgeben wird. Auf dem Querschnitt (vgl. Fig. 31) sehen wir deshalb die Leitbündel zu einem oder mehreren Kreisen angeordnet. Ähnlich verhalten sich die Gymnospermen und viele Farnpflanzen. Bei den Monokotyledonen treten die Leitbündel nicht direkt aus der Sprossachse in die Blätter ein, sondern nähern sich zuerst der Stengelmitte, um weiter oben unter allmählicher Verdünnung bogenförmig zur Blattinsertion zu verlaufen. Aus diesem Grund erscheinen die Leitbündel auf dem Querschnitt eines monokotylen Sprosses regellos zertreut angeordnet; die grösseren Leitbündel liegen nach der Mitte, die kleineren nach der Peripherie zu.

Anfänglich besteht jedes Leitbündel aus gleichartigen, zartwandigen, plasmareichen Zellen (Procambium). Mit zunehmendem Alter gehen die einzelnen Zellen allmählich in den Dauerzustand über. Häufig behält aber eine bestimmte Schicht des Leitbündels seinen teilungsfähigen, meristematischen Charakter bei; es ist das Teilungsgewebe (Cambium). Solche Leitbündel, die ein Cambium enthalten (Dikotyledones, Gymnospermae) heissen offene, solche ohne Cambium dagegen (Monokotyledones, Pteridophyta) geschlossene Leitbündel.

Das Stranggewebe oder Leitungssystem (Mestom) hat nun die Aufgabe, die Stoffe, welche die Pflanze zum Aufbau ihres Körpers nötig hat, zu leiten und zu verarbeiten. Das Endziel dieser Tätigkeit ist die Erzeugung protoplasmatischer Substanz. Dieser Körper setzt sich zusammen aus Kohlenstoff (C = Carboneum), Sauerstoff (O = Oxygenium), Wasserstoff (H = Hydrogenium), Stickstoff (N = Nitrogenium) und Schwefel (S = Sulfur). Die Elemente dieser Verbindung (C, O, H, N, S) werden zum grössten Teil (C 50 bis 55 %) der Atmosphäre entnommen, indem durch das Chlorophyll unter der Einwirkung des Lichtes das Kohlendioxyd zerlegt wird, wobei C als Stärke gebunden und Sauerstoff O wieder an die Atmosphäre abgegeben wird (Assimilationsprozess); aus der Stärke wird dann wiederum Zucker gebildet. Die Elemente des Wassers H und O, sowie der Stickstoff und der Schwefel werden von der Wurzel dem Boden entnommen und im Stranggewebe in die Höhe geschafft. Sie werden durch die Tätigkeit der Protoplasten mit dem assimilierten Kohlehydrat zu Eiweissstoffen vereinigt, welche zu den Stellen des Verbrauches oder zu den Reservestoffbehältern — den älteren Stammteilen, Wurzelknollen u. s. w. — zurücktransportiert werden. Auch andere Stoffe, welche für die Ernährung der Pflanze nötig sind, wie Kali, Kalk, Magnesia, Eisen und Phosphorsäure, werden im Stranggewebe nach aufwärts geleitet. Den zweierlei Aufgaben entsprechend, dem Aufwärtstransport der Rohstoffe und den Rücktransport von Eiweissstoffen, finden wir im Stranggewebe auch zweierlei Elemente vor, nämlich: 1. den Gefässteil (Holzteil, Vasaileil, Hadrom oder Xylem), welcher der Leitung der gelösten Nährsalze dient und 2. den Siebröhrenteil (Leptom, Phloem oder Cribralteil), welcher Eiweissstoffe führt. Zwischen beiden liegt in den offenen Leitbündeln meist als eine schmale Zone von zartwandigen, reihenförmig angeordneten, gleichartigen Zellen das Cambium. Der Gefässteil besteht aus dickwandigen, verholzten Röhren (Gefässen oder Tracheen) mit mannigfachen Verdickungen. In jugendlichen, rasch wachsenden Pflanzenteilen weisen sie ring- oder spiralförmige Verdickung auf, während sie in älteren Partien netz-, treppen- und leiterförmig verdickt sind. Im Gefässteil finden sich oft auch gefässähnliche, gestreckte Zellen vor, die sich ebenso wie die Gefässe an der Nährsalzleitung beteiligen, auch gleiche Verdickung zeigen, aber allseitig geschlossen sind (Trachëiden). Gefässe und Trachëiden

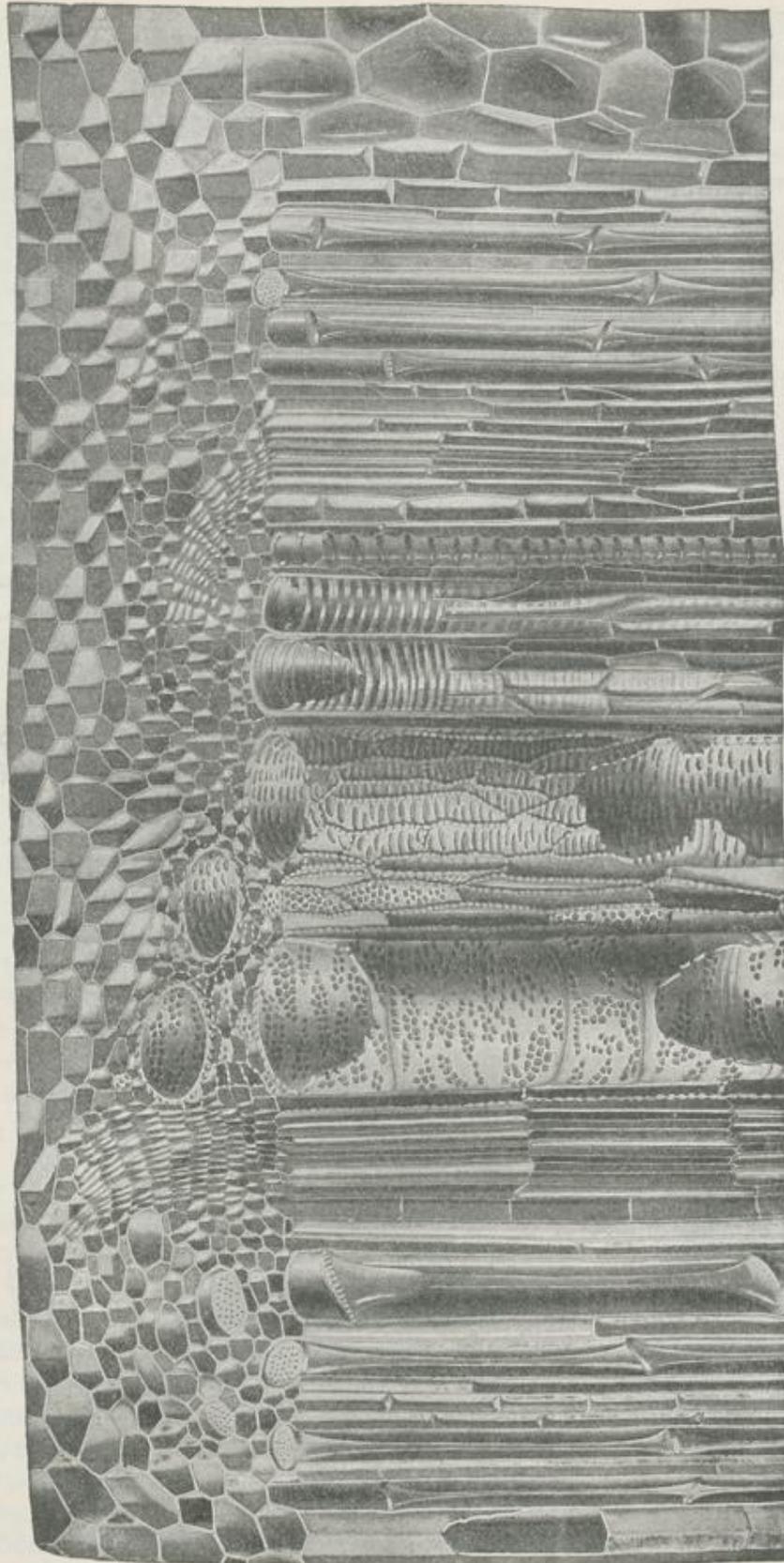


Fig. 38. Bikkollaterales Leitbündel aus dem Stengel vom Kürbis (*Cucurbita pepo* L.). Kombinerter Quer- und Längsschnitt. *gr* Grundgewebe der Aussenrinde, *s* Siebröhren, *g* Geleitzellen, *c* Cambium, *n* Netzelefas, *t* Tracheide, *r* Ringgefäss, *h* Holzaparenchym, *gm* Grundgewebe des Markes.

füh
Tur
Tra
Aus
red
spä
sich
teil
ode
Zu
Aus
Spe
Pfla

Si
abe

kör
wä
sind
star
löst
nich
Sie

Par
im
for
par
Ph
Ca
Saf
die
Ha
mit
zwi
bür
bür

führen kein Protoplasma mehr; sie sind tote Zellen und bedürfen deshalb, da ihnen kein Turgor mehr zukommt, der Aussteifungen. Der Grad der Ausbildung der Trachëen und Trachëiden steht mit der Wasserleitung, mit der Transpiration in engem Zusammenhange. Aus diesem Grunde finden wir bei den Wasserpflanzen die wasserleitenden Elemente stark reduziert. Bei verschiedenen Wasserpflanzen gehen die ursprünglich angelegten Gefäße später zugrunde oder werden überhaupt nicht mehr angelegt. Diese Reduktion erstreckt sich aber selbstredend nicht auf die Eiweiss leitenden Elemente. Ausserdem spielt im Holzteile das Holzparenchym eine grosse Rolle. Es besteht aus axil gestreckten, verholzten oder nicht verholzten Zellen mit plasmareichem Inhalt und mit einfach getüpfelter Wandung. Zuweilen — z. B. in den Wurzeln der Rübe (*Daucus carota*) — erfährt es eine mächtige Ausbildung. Im Winter sind die Holzparenchymzellen reich an Stärke und stellen ein Speichergewebe für stickstofffreie Stoffe dar. Als mechanische Elemente treten bei vielen Pflanzen (Holzgewächse) im Holzteile noch die Holzfasern (Libriform) auf (vergl. pag. XLIV).

Im Siebröhrenteil (Phloënteil, Bastteil) sind die wichtigsten Elemente die Siebröhren. Es sind zartwandige, langgestreckte Zellen, welche noch Protoplasma führen, aber keinen Zellkern mehr haben. In ihnen sind grosse Mengen Eiweissstoffe oder Stärke-

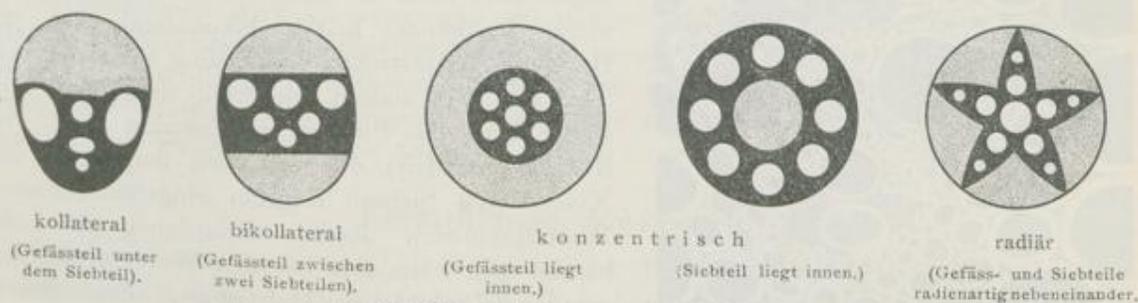


Fig. 39. Schematische Anordnung der Leitbündel.

körner enthalten. Wie die Glieder der Gefäße liegen sie in Reihen übereinander. Die Querwände sind jedoch nicht aufgelöst, sondern als zartwandige Felder, welche siebartig perforiert sind, ausgebildet. Meistens werden die Siebplatten von einer stark lichtbrechenden Substanz (Callus) umgeben, welche die Poren nach Bedarf verstopft, verengt oder sich wiederum löst. Daneben finden sich die sogenannten Geleitzellen, über deren Funktion noch nichts Sicheres bekannt ist. Diese entstehen durch Längsteilung aus den Mutterzellen der Siebröhrenglieder und führen reichlich Protoplasma und auch Zellkerne.

Wie im Gefässenteil, finden sich auch im Siebröhrenteil Stärke führende, dünnwandige Parenchymzellen (Cambiformzellen und Phloëmparenchym) und häufig (nicht immer) mechanische, dickwandige, langgestreckte Elemente (Bastfasern) vor. Die Cambiformzellen sind langgestreckte, dünnwandige, plasmareiche Zellen, die sich von dem Phloëmparenchym nicht immer scharf unterscheiden lassen. Sie stehen unter sich und mit dem Phloëmparenchym durch Tüpfel in Verbindung. Die Gesamtheit der Siebröhren, der Cambiform- und Phloëmparenchymzellen, die alle durch zarte, dünne Zellwände und durch Saftreichtum gekennzeichnet sind, bezeichnet man als Weichbast. Die Bastfasern dagegen, die dem Libriform des Holzteiles entsprechen, repräsentieren in ihrer Gesamtheit den Hartbast (oder schlechthin den Bast). Es sind langgestreckte, tote, lufthaltige Elemente mit dicken, meist wenig verholzten Wänden. Sie keilen sich mit ihren zugespitzten Enden zwischeneinander ein und besitzen spaltenförmige, linksschiefe Tüpfel. Nicht alle Leitbündel weisen jedoch Bastfasern auf. Bei den Monokotyledonen umgeben sie die Leitbündel häufig als eine ringsum geschlossene Scheide, während sie bei den Dikotyledonen

oft als Belege dem Phloëm nach aussen vorgelagert sind. Die Gesamtproduktion des Cambiums an Siebröhren, Bastparenchym usw. bezeichnet man als sekundäre Rinde (siehe später beim sekundären Dickenwachstum).

Gefässteil und Siebteil bilden zusammen das Leitbündel (ungenau Gefässbündel). Bezüglich der gegenseitigen Lagerung der beiden Teile kann man verschiedene Formen unterscheiden (vgl. Fig. 39).

Kollateral und bikollaterale Anordnung zeigen die Leitbündel bei Dikotyledonen. Beim kollateralen Leitbündel liegen Xylem und Phloëm auf Radien übereinander (Fig. 40), sodass das erstere dem Zentrum der Achse, das letztere der Peripherie zugewendet ist. Da die Leitbündel in der Regel ohne Drehungen in die flachen Blätter hinaustreten, ist in den Blättern

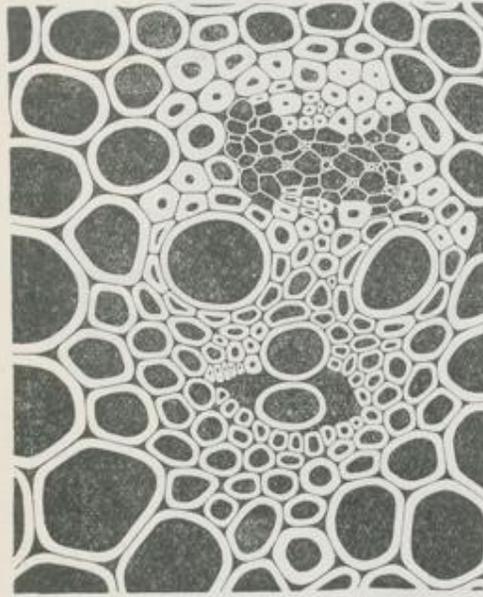
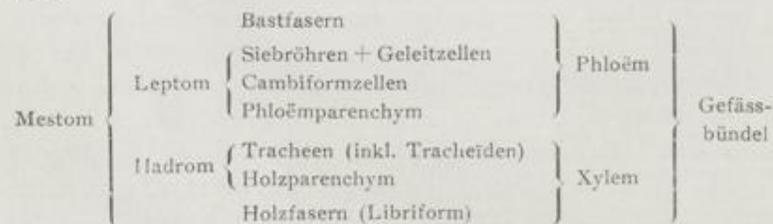


Fig. 40. Kollaterales Leitbündel von *Molinia caerulea* L.

das Phloëm der Blattunterseite, das Xylem der Blattoberseite zugekehrt. Das Cambium trennt im Sprosse und in der Wurzel der Dikotyledonen die beiden Teile voneinander. Bei verschiedenen Pflanzenfamilien (Cucurbitaceen, Solanaceen, Myrtaceen, Apocynaceen etc.) ist auf der Innenseite des Gefässteiles noch ein zweiter Siebteil ausgebildet: solche Leitbündel heissen bikollateral (Fig. 38). Bei der konzentrischen Anordnung wird der eine Teil von dem andern ringförmig umgeben. Entweder liegt das Phloëm im Zentrum (z. B. im Rhizom von *Iris*) oder es wird umgekehrt das Xylem vom Siebteil ringsum eingehüllt (Farne, Wasserpflanzen). Radiale Anordnung der Leitbündel tritt besonders bei den Wurzeln deutlich zutage. Hier bildet der Holzteil zwei oder mehrere, radial vom Zentrum ausstrahlende Bündel, zwischen welchen ebenso viele Phloëmbündel liegen. Der übrigbleibende Raum wird von einem parenchymatischen Verbindungsgewebe eingenommen. In den Wurzeln der Dikotyledonen ist die Anzahl

der Sieb- und Gefässteile meistens eine sehr kleine (2, 3, 4, selten 5 bis 8), bei den Monokotyledonen dagegen bedeutend grösser (bis 50 und mehr). Dementsprechend bezeichnet man die Bündelstränge als diarch, triarch, tetrarch, polyarch. (Ueber den genaueren anatomischen Aufbau siehe bei der Wurzel).

Die oben genannten Begriffe des Leitbündels decken einander nicht vollständig und werden auch in etwas verschiedenem Sinne gebraucht. Das folgende Schema gibt hierüber näheren Aufschluss:



Die Leitbündel sind in ihrer Anlage Stränge von meristematischem Gewebe (Procambiumstränge). An eng begrenzten Stellen treten später einzelne Elemente, die auf Streckung eingerichtet sind, aus dem meristematischem Zustande heraus. Auf der einen Seite sind es

enge, ring- und schraubenförmig verdickte Gefässtracheiden, auf der anderen Seite Siebröhren (bezw. Siebröhren mit Geleitzellen). Die ersteren werden als Erstlinge des Gefässteiles (Vasalprimanen oder Protoxylem), die letzteren als Erstlinge des Siebteiles (Cribralprimanen oder Protophloëm) bezeichnet. Die Vasalprimanen nehmen bei kollateraler Anordnung den Innenrand, die Cribralprimanen den Aussenrand des Procambiumstranges ein. Im fertigen Leitbündel fehlen die Vasalprimanen in der Regel; an ihrer Stelle findet sich dann ein leerer Intercellularraum.

Nur verhältnismässig selten kommen bei den Dikotyledonen vom normalen Typus abweichende Fälle vor. Es sind die sog. mark- und rindenständigen Leitbündel. Die ersteren verlaufen innerhalb des eigentlichen Leitbündelzylinders im Mark und stellen entweder tief in den Stamm eindringende Blattspurstränge (Piperaceen, Cucurbitaceen, Papaver etc.) oder aber stammeigene Leitbündel dar (verschiedene Umbelliferen, Araliaceen, Begonia, Orobanche etc.) Viel seltener dagegen sind die ausserhalb des Leitbündelzylinders verlaufenden rindenständigen Bündel, welche in den meisten Fällen nur Auszweigungen von Blattspursträngen sind.

In den Blättern, speziell in den netzadrigen Laubblättern der Angiospermen, pflegen die Leitbündel sich stark zu verzweigen und sich schliesslich in ein ganz feines Strangnetz aufzulösen. Bei den Gymnospermen dagegen kommt eine derartige Verzweigung nicht vor. Hier wird die ganze Blattfläche vielfach nur von einem einzigen Leitbündel durchzogen. Die letzten Auszweigungen der Leitbündel endigen im Blatte entweder blind oder legen sich an andere Leitbündel an.

Keimpflanze, Keimung.

An dem reifen Samen, der nach erfolgter Befruchtung aus der Samenanlage hervorgegangen ist, können wir drei wesentliche Teile unterscheiden: 1. den Keimling oder Embryo, 2. das Endosperm, ein nährstoffreiches Gewebe, das sich aus dem Embryosack entwickelt und 3. die Samenschale (testa), welche von dem ausserhalb des Embryosackes gelegenen Nucellusgewebe und von den beiden Integumenten gebildet wird.

An dem Keimling der Samenpflanzen, der eine polare Differenzierung seiner Organe aufweist, können bereits die wesentlichsten Organe, die wir an der erwachsenen Pflanze vorfinden, erkannt werden. Derjenige Teil des Samens, welcher der Anheftungsstelle oder der Mikropyle der Samenanlage abgewendet ist, wird zum Sprosspol, während die Wurzel sich an der der Mikropyle zugerichteten Seite entwickelt. Da an der Mikropyle stets viel Wasser durch die Samenschale eintritt, wird hier der Wurzel fortwährend Wasser zugeführt. An einem normalen Embryo lassen sich bereits

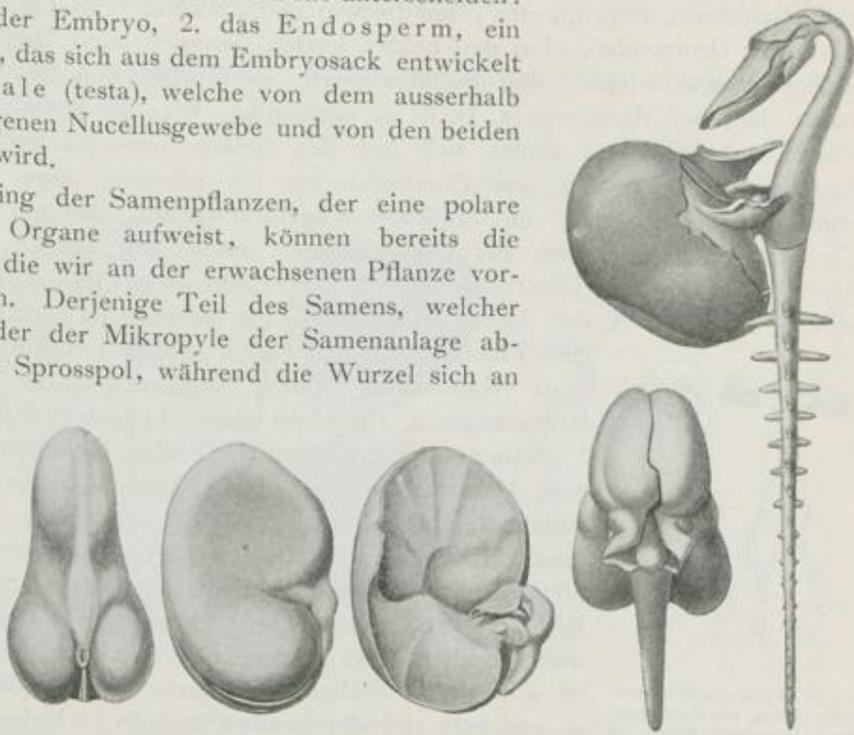


Fig. 41. Entwicklung des Keimlings von der Saubohne (*Vicia faba*).

Wurzel (radicula) und Spross mit dem oder den Keimblättern (cotyledones) unterscheiden. Das die Keimblätter tragende Stengelchen heisst Hypokotyl oder hypokotyles Stengelglied. Morphologisch können die Keimblätter als Niederblätter aufgefasst werden. In den meisten

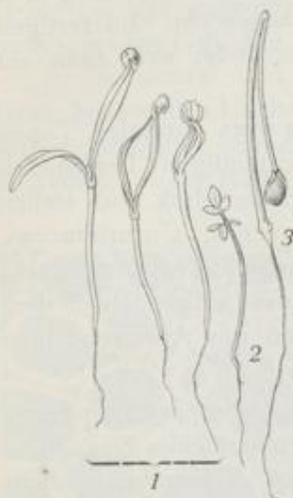


Fig. 42. Keimpflanzen. 1 *Spinacea oleracea*. 2 *Sinapis alba*. 3 *Allium*.

Fällen besitzen sie einen viel einfacheren Bau als die auf sie folgenden Laubblätter. Eine Ausnahme macht z. B. die Linde, bei der die Keimblätter tiefer geteilt sind als die Laubblätter. Normal besitzen die Dikotyledonen zwei Keimblätter und dazwischen ein endständiges Knöspchen (plumula) mit dem Vegetationspunkt; die Monokotyledonen haben nur ein Keimblatt und ein seitlich angeordnetes Knöspchen (Fig. 42). Aus dem Knöspchen entwickelt sich dann später der erste Spross mit den Laubblättern (Fig. 43). Neben dem normalen Verhalten kommen nun gelegentlich Abweichungen vor, die sich vor allem auf die Reduktion der Keimblätter und des Embryokörpers beziehen. Die Samen mit vollständigem Embryo keimen oft (verschiedene Anemonen) schon nach wenigen Wochen, während solche mit unvollständigem Embryo erst im Frühjahr nach der Aussaat keimen. Unvollkommene Keimlinge zeigen verschiedene Frühlingspflanzen mit kurzer Entwicklungsperiode, so *Eranthis hiemalis*, *Ranunculus ficaria*, verschiedene Anemonen (z. B. *Anemone nemorosa*, *hepatica*, *ranunculoides*, *trifolia* und *Apennina*), *Paris quadrifolia*, *Erythronium dens canis*, dann verschiedene Pflanzen mit kleinen Samen (*Juncus glaucus*), verschiedene Humusbewohner (*Pirolaceen* und *Orchideen*), Saprophyten (*Monotropen*) und Parasiten (*Cuscuta*, *Lathraea*, *Orobanche*). Bei den beiden letzten Gruppen stellt der Embryo zuweilen eine völlig undifferenzierte, wenigzellige Gewebemasse dar; bei *Monotropa* z. B. ist er neunzellig. Was die Keimblätter anbetrifft, so findet sich bei den beiden monokotylen Familien *Dioscoreaceen* und *Commelinaceen* ein seitwärts angeordneter Cotyledo und ein terminaler Vegetationspunkt, also ein Verhalten, das sich dem der Dikotyledonen schon sehr nähert. Aber auch unter den Dikotyledonen gibt es verschiedene Pflanzen, welche anscheinend den Monokotyledonen nahe stehen. Es sind dies Pflanzen mit nur einem einzigen Keimblatt (*Ranunculus ficaria*, *Pinguicula*, *Carum bulbocastanum*, *Corydalis* etc.). In einigen Fällen handelt es sich um Verkümmern des einen der beiden Keimblätter, in anderen aber um eine Verwachsung derselben. Verschiedenen Dikotylen (Anemonen) fehlen die Keimblätter überhaupt vollständig. Bei *Cyclamen* (Fig. 44) besitzt das einzige Keimblatt bereits die Gestalt der spätern Laubblätter. Der Cotyledo dient mit seiner Spitze als Saugapparat. Bei der Wassernuss (*Trapa natans*) ist äusserlich nur ein Cotyledo wahrnehmbar. Der andere bleibt in der Nuss drin (Fig. 45); dieser ist sehr gross, enthält viel Stärke und entwickelt einen langen Stiel, an welchem sich der zweite Cotyledo als kleines Schüppchen vorfindet. Recht interessant sind die Embryonen der sog. „viviparen“ Pflanzen,

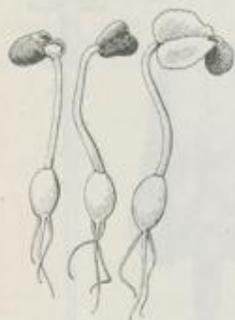


Fig. 44. *Cyclamen Persicum*. Entwicklung des Keimlings. Das hypokotyle Glied ist stark angeschwollen (nach Goebel).

Fig. 43. Entwicklung des Buchen-Keimlings. a Samen. b Keimpflänzchen mit gefalteten Keimblättern. c Junges Pflänzchen mit 2 Keimblättern und dem ersten Laubblattpaar.

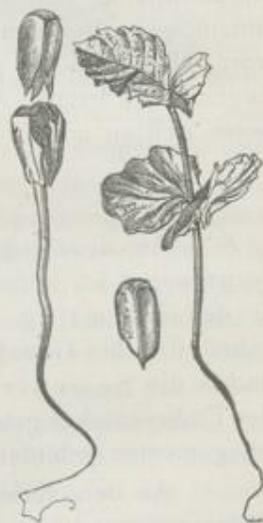


Fig. 43. Entwicklung des Buchen-Keimlings. a Samen. b Keimpflänzchen mit gefalteten Keimblättern. c Junges Pflänzchen mit 2 Keimblättern und dem ersten Laubblattpaar.

wie wir sie bei vielen Mangrovepflanzen (= Strandpflanzen der Tropen) antreffen (bei den Gattungen *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*). Hier keimt der Embryo ohne eine Ruheperiode durchzumachen bereits in der Frucht an der Mutterpflanze. Das hypokotyle Glied, das bei einzelnen Arten über $\frac{1}{2}$ m Länge erreichen kann, ist stark keulen- oder stockförmig angeschwollen. Hier dienen die Kotyledonen überdies nur als Saugorgane, welche dem Keimling in der Mutterpflanze Baustoffe zuführen. Ueberhaupt entwickeln sich bei verschiedenen an feuchten Standorten wachsenden Pflanzen die Keime sofort ohne Ruhezeit weiter. Bei vielen an feuchten Standorten wachsenden Hautfarnen vollziehen sich die ersten Keimungsstadien bereits innerhalb der Sporangien am Mutterindividuum. Die Sporen von Formen trockener Standorte dagegen machen eine Ruheperiode durch. Eigentümliche Veränderungen erfährt nun der Embryo, wenn in ihm während der Samenruhe grössere Mengen von Reservestoffen abgelagert werden.

Bei den Dikotyledonen ist der häufigste Fall der, dass die beiden Keimblätter gleich stark anschwellen und im Verhältnis zu Wurzel und Spross stark entwickelt sind (Fig. 46), so bei vielen Kätzchenblütlern (Cupuliferen) und Hülsenfrüchtlern (Leguminosen), bei der Rosskastanie (*Aesculus*). Die beiden Keimblätter werden dann dick und fleischig. In anderen Fällen ist es das hypokotyle Glied, welches stark anschwillt und viel Reservestoffe aufweist, so vor allem der sog. grossfüssige Embryo (Embryo macropus) bei verschiedenen Monokotyledonen (Potamogetonaceen und Alismataceen). Dadurch bekommen die Embryonen eine eigentümliche gekrümmte Form (Fig. 46 a, b und c). Bei einzelnen Formen ist der Embryo nicht flach, sondern er ist gefaltet (*Acer*, *Malva*, *Convolvulus*). Bezüglich der Zahl der Keimblätter können im Reich der Samenpflanzen drei grosse Gruppen unterschieden werden, die auch bei der systematischen Einleitung die Hauptgruppen sind, nämlich:

1. Pflanzen mit nur einem Keimblatt. Spitzkeimer oder einsamenlappige Blütenpflanzen (Monokotyledones).
2. Pflanzen mit zwei Keimblättern. Blattkeimer oder zweisamenlappige Blütenpflanzen (Dikotyledones) und



Fig. 45.
Keimung von
der Wassernuss
(*Trapa natans*).

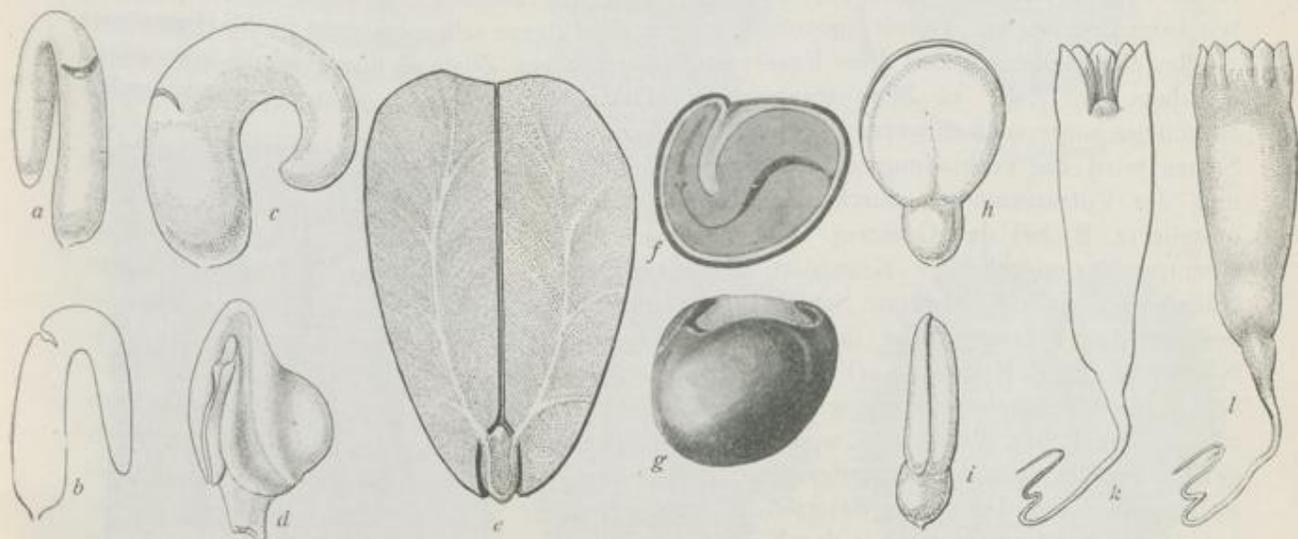


Fig. 46. Verschiedene Keimlinge. a und b *Alisma plantago*, c *Potamogeton*, d *Zea mays*, e *Quercus* (Längsschnitt), f und g *Aesculus*, h und i *Euonymus Europaeus*, k und l *Pinus cembra*.

3. Pflanzen mit mehr als zwei (bis vielen) Keimblättern. Dahin gehören z. B. die Koniferen (Fig. 47) mit 2 bis 15 Keimblättern, verschiedene Loranthaceen und Proteaceen. Ausserdem gibt es verschiedene Dikotyledonen, die gelegentlich statt zwei drei (trikotyle) Keimlinge entwickeln.

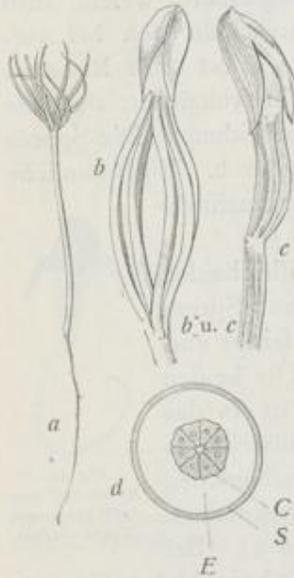


Fig. 47. *Picea excelsa* Link. a Keimpflanze. b u. c Herausziehen der Kotyledonen aus den Endosperm. d Querschnitt durch den Samen. S Samenschale. E Endosperm. C Kotyledonen.

Bei einer grossen Anzahl von Samen findet sich nun dicht unter der Samenschale ein gleichmässig ausgebildetes Zellengewebe, das als Speichergewebe und zur Ernährung des Keimlings dient. (Endosperm, auch Albumen oder Sameneiweiss genannt.) Es besteht gewöhnlich aus einem dünnwandigen Parenchymgewebe, dessen Zellen mit Stärke- und Eiweisskörnern, mit Fetten, Zucker u. s. w. dicht angefüllt sind. In einzelnen Fällen — wie z. B. im Endosperm von verschiedenen Palmkernen (Phytelephas), die wegen der beiharten Beschaffenheit als vegetabilisches Elfenbein technische Verwendung finden — sind die Zellwände, die fast aus reiner Zellulose bestehen, eigentümlich stark verdickt (Fig. 48). Verhältnismässig selten bekommt das Endosperm ein eigentümlich gefächertes Aussehen (ruminates Endosperm). Die Samenschale greift dann (wie bei verschiedenen Palmen) an vielen Stellen tief in das Nährgewebe hinein.

Sind die Zellen mit Kohlenhydraten und Eiweissstoffen vollgepfropft, so erscheint das Endosperm auf dem Querschnitt mehlig und meistens weiss, sind dagegen die Zellwände stark verdickt, so erhält es ein hornartiges, hartes Aussehen. Die Beschaffenheit des Endosperms ist für die Systematik von grosser Bedeutung. Ganze Gruppen von Familien besitzen ein gleichartig ausgebildetes Nährgewebe; so zeigen z. B. alle zu der Reihe der Farinosae gehörenden Familien (Bromeliaceen, Commelinaceen, Pontederiaceen u. s. w.) Samen mit mehligem Endosperm. Nur seiner Entstehung nach (es geht aus dem Knospkern oder Nucellus hervor) verschieden ist das Perisperm, das sich in verschiedenen Samen (z. B. Pfeffergewächse) vorfindet. Der Bau sowie die Aufgabe des Perisperms ist dieselbe, wie beim Endosperm. Durch eigentümliche, von der Pflanze selbst erzeugte Stoffe (Fermente) werden zur geeigneten Zeit diese Reservestoffe in flüssigen Zustand übergeführt, in welchem sie dann von Zelle zu Zelle transportiert (Diosmose) und auch vom heranwachsenden Keimlinge aufgenommen werden können. Bei einzelnen Samen wird die Verbindung zwischen dem Keimling und der Vorratskammer durch das Keimblatt hergestellt (z. B. bei den Gräsern). Hier legt sich das eigentümlich ausgebildete Keimblatt direkt an das Nährgewebe an. Eine dünne Schicht von Saugzellen besorgt das Flüssigmachen und die Zuleitung der Nährstoffe zum Keimlinge (Fig. 49). Sehr einfach liegen die Verhältnisse dann, wenn die Keimblätter wie bei der Erbse, Bohne u. s. w. selbst als Speichergewebe entwickelt sind. Es wandern dann die Reservestoffe, ohne dass besondere Saugzellen nötig wären, aus den Keimblättern direkt in den Keimling hinüber. Bei der weitem Entwicklung wird die Samenhaut gesprengt und der junge Keimling wird allmählich über



Fig. 48. Speichergewebe aus einem Palmkern (Phytelephas).

die Erde emporgehoben. Anfänglich sind die Keimblätter in vielen Fällen (z. B. bei der Bohne) noch imstande zu assimilieren. Nach verhältnismässig kurzer Zeit jedoch verlieren sie ihre grüne Farbe und da die Reservestoffe immer mehr und mehr schwinden, schrumpfen sie schliesslich vollständig ein. Solche Samen, denen im reifen Zustande das Sameneiweiss gänzlich fehlt, so dass sich der Keimling oder Embryo allein innerhalb der Samenschale befindet, heissen eiweisslose (*semina exalbuminosa*). Hieher gehören die Samen vieler Kreuz- und Schmetterlingsblütler. Aeusserlich kann man auf der Rückenseite von vielen jungen Samen eine punkt- oder streifenförmige Stelle erkennen, den Nabelfleck oder Hilum (z. B. bei den Gräsern); es ist diejenige Stelle, wo sich der Nabelstrang vom Samen abgelöst hat.

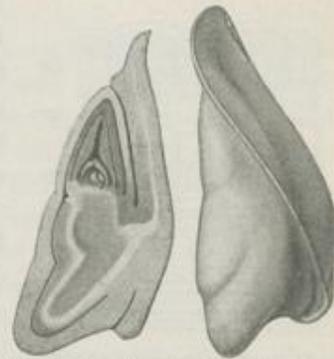


Fig. 49. Keimling der Gerste, im Längsschnitt und von aussen.



Fig. 50. Frucht einer Palme (*Areca catechu*). Same mit ruminatem Endosperm (etwas verkleinert).

In den meisten Fällen ist die Samenhaut von der Fruchtschale deutlich gesondert; einzig bei den Früchten (*Caryopsen*) der Süssgräser sind die beiden Häute miteinander verwachsen. Ihrer Beschaffenheit nach sind die Samenschalen sehr verschieden ausgebildet. Bei solchen Samen, die in einer harten Nuss, in einem Steinkern oder in einer Achaene eingeschlossen sind, sind sie häutig (Mandel, Haselnuss, Eichel, Pfirsich, Pimpernuss, Walnuss). In vielen andern Fällen, wo ihnen von den Fruchtschalen ein Schutz nicht gewährt wird oder wo die Samen frühzeitig die Früchte verlassen, nehmen die Samenschalen eine festere Konsistenz an, sie werden krustenartig (Mohn), knochenhart (Steinsame [*Lithospermum*], Weinrebe) oder lederartig (Erbse, Bohne). Sowohl äusserlich wie in ihrem innern anatomischen Baue zeigen die Samenschalen sehr interessante Verhält-

nisse. Während die Oberfläche bei vielen Samen vollständig glatt (Erbse, Wicke, Kohl, Schaumkraut), zuweilen sogar glänzend (*Amarantus*) ist, besitzen zahlreiche andere Samen rauhe Oberflächen, die allerdings gewöhnlich nur bei Lupenvergrösserung wahrzunehmen sind (Fig. 51). Sehr oft sind es Wärzchen, Höckerchen, kleine Zacken, Riefen, die nicht selten regelmässig zu Linien oder Leisten angeordnet sind und so die Oberfläche in zahlreiche Felder oder Grübchen zerlegen. Zuweilen besitzen die Epidermiszellen nach aussen hin aufquellbare Verdickungsschichten (Fig. 52 *ep* und Fig. 53), sodass bei Benetzung derartige Samen von einer Schleimschicht umgeben werden (Quitte,

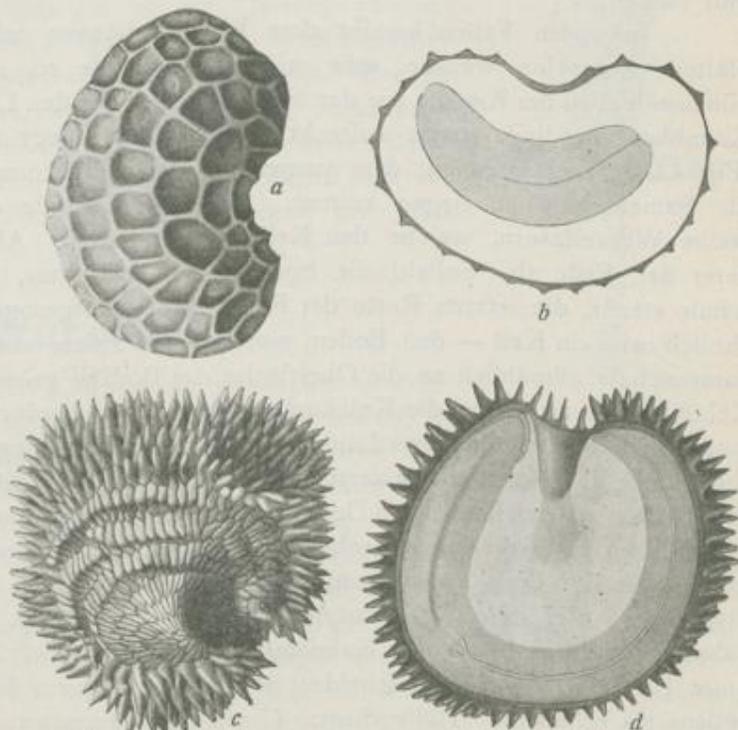


Fig. 51. Same von *Papaver rhoeas*, *a* von aussen, *b* im Längsschnitt. Same von *Agrostemma githago*, *c* von aussen, *d* im Längsschnitt (stark vergrössert).

Kresse, Lein, Leindotter, Plantago). Auf dem Querschnitte durch die Samenhaut (Fig. 52 und 53) kann man konstatieren, dass die Samenschale aus sehr verschiedenen Zellschichten

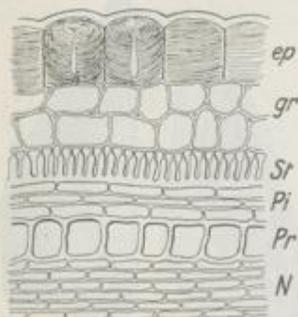


Fig. 52. Querschnitt durch die Samenschale von *Sinapis alba*. *ep* Epidermis, *gr* Grosszellschicht, *st* Steinzellschicht, *pi* Pigmentschicht, *pr* Protéinschicht, *n* Nährschicht. Nach Vuillemin.

besteht, von denen einzelne stark verdickte Zellwände mit engem Lumen aufweisen (Steinzellschicht, Fig. 52 *st* und 53 *s*). Andere Schichten sind sehr dünnwandig oder zeigen stark zusammengedrückte Zellen, die ihren zelligen Charakter fast gänzlich eingebüsst haben. Wieder andere Zellschichten

enthalten Farbstoffe (vgl. die Pigmentschicht *pi* bei Fig. 53). Bei den meisten Pflanzen sind die Samenschalen kahl; höchst selten sind sie auf ihrer ganzen Oberfläche behaart (Baumwolle) oder ringsum mit einem Flügelsaume ausgestattet (Bignoniaceen). Dagegen kommt es nicht selten vor, dass Samen mit

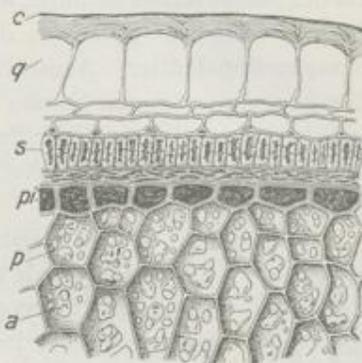


Fig. 53. Querschnitt durch die Peripherie des Samens vom Lein. *q* Epidermis in gequollenem Zustande mit Cuticula (*c*). *s* Steinzellschicht, *pi* Pigmentschicht, *p* Endospermzellen mit Oeiplasma und Aleuronkörnern (*a*). Nach Tschirch.

eigentümlichen, sie selbst an Länge oft übertreffenden Haarschöpfen (Weiden, Pappeln, Weidenröschen, Tamarisken) versehen sind, die aber nicht lediglich als Auswüchse der Schalen betrachtet werden dürfen, da sie auch am Funiculus oder an der Chalaza (hierüber sowie über den Arillus später) entspringen können. Den meisten derartigen Anhängseln und Auswüchsen kommt bei der Verbreitung der Samen durch den Wind oder durch die Tiere (besonders Ameisen) eine grosse biologische Bedeutung zu (siehe später bei den Verbreitungsagentien der Früchte und Samen).

In vielen Fällen kommt dem Keimblattstamm neben der Ernährung der Keimblätter noch eine weitere, sehr wichtige Aufgabe zu, nämlich die Befreiung und das Hinausschieben der Knospe aus der Samenschale. Bei den Lauch-Arten (*Allium*) wächst das Keimblatt allerdings zuerst aufrecht in die Höhe, biegt dann aber bald knieförmig um (Fig. 42, 3), sodass es mit dem vorgeschobenen, die Knospe umhüllenden Ende tiefer als die Samenschale zu liegen kommt. Am untern Ende entwickeln sich sogleich zahlreiche Wurzelfasern, welche den Keimling festhalten. Alle diese Vorgänge spielen sich unter der Erde ab. Sobald die Spitze des Keimblattes, die noch immer in der Samenschale steckt, die letzten Reste der Reservestoffe aufgesogen hat, durchstösst das Knie — ähnlich wie ein Keil — den Boden, wodurch die Spitze aus der inzwischen leer gewordenen Samenschale allmählich an die Oberfläche des Bodens gebracht wird. Alsbald beginnt das Keimblatt zu ergrünen, die Knickung verschwindet, das Keimblatt streckt sich gerade und fungiert wie ein gewöhnliches Laubblatt. In dieser Beziehung verhält sich also das Keimblatt ähnlich wie der Blattstiel von verschiedenen einheimischen Blütenpflanzen mit zarten, geteilten Blattflächen aus den Gattungen *Dentaria*, *Mercurialis*, *Aconitum* und *Lathyrus* (z. B. *L. vernus*). Wie wir im Frühjahr leicht beobachten können, treten diese Pflanzen nicht mit den Blattspitzen aus der Erde hervor, sondern mit dem konvexen Teil des knieförmig gebogenen Blattstieles. Bei vielen Monokotyledonen (*Carex*, *Scirpus*, Schwertlilien, Schneeglöckchen, Palmen, Bananen) bildet das Keimblatt eine deutliche, oft bis $\frac{1}{2}$ m (verschiedene Palmen) lange Scheide (Kotyledonarscheide), welche der jungen Knospe beim Durchbrechen des Bodens als schützende Hülle dient. Gewöhnlich kommen die Keimblätter nur dann vollkommen aus dem Samen heraus, wenn die Samen im Boden in irgend einer Weise fixiert

oder festgeklebt sind. Geschieht dies nicht, so wird die Samenschale von den sich vergrößernden Keimblättern wie eine Mütze emporgehoben, was man z. B. leicht bei den Keimlingen verschiedener Nadelhölzer (Fig. 47 b und c) konstatieren kann. Im allgemeinen tritt das Blattgrün in den Keimblättern erst dann auf, wenn diese die Samenhülle verlassen haben und dem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Nur bei den Koniferen (Kiefer, Fichte etc.), den Ahorn-Arten, bei der Mistel, bei verschiedenen Schotengewächsen, bei *Loranthus* etc. sind die Keimblätter bereits in den Samenhüllen grün gefärbt. Während die meisten Pflanzen — vor allem unsere einheimischen, schnellwüchsigen Unkräuter (*Urtica urens*, *Fumaria officinalis*, *Scandix pecten Veneris*, *Adonis aestivalis* usw.) — fast gleichzeitig mit den Keimblättern auch die nächsten grünen Sprossblätter erzeugen, gibt es daneben Arten, die im ersten Jahre einzig die Keimblätter hervorbringen. Die ersten grünen Laubblätter erscheinen dann im zweiten Jahre. Dieses Verhalten zeigen namentlich verschiedene knollenbildende Pflanzen, wie der Rübenkerbel (*Chaerophyllum bulbosum*), *Bunium bulbocastanum*, die Eisenhut-Arten, der Lerchensporn, *Eranthis*, verschiedene Hahnenfuss-Arten etc. Bei einjährigen Pflanzen können die Keimblätter an Grösse den spätern Laubblättern beinahe gleichkommen. Beim Kürbis erreichen sie eine Länge von 10 cm und eine Breite von 4 bis 5 cm. Gewöhnlich sind die Keimblätter kahl, seltener mit steifen Borsten (*Myosotis*, *Borrago*), mit Drüsenhaaren (Rosen) oder mit Brennhaaren (*Urtica*) besetzt. Gegen den Wärmeverlust und gegen die nächtliche Strahlung kann man bei vielen Keimlingen, vor allem bei solchen mit zwei Keimblättern, eine Schutzvorrichtung beobachten. Diese besteht darin, dass die tagsüber ausgebreiteten Keimblätter sich am Abend aneinanderlegen und dadurch sich selbst, sowie die zwischen ihnen geborgene junge Stammknospe schützen. Am Morgen klappen die Keimblätter dann auseinander und setzen die Breitseite neuerdings dem erwärmenden Sonnenlichte aus. Dieses Auf- und Zuklappen der Keimblätter kann man besonders gut bei den Hülsengewächsen, den Sauerklee-Arten, bei verschiedenen Gurken-Arten, beim Paradiesapfel, bei *Mimulus*, *Mirabilis*, *Agrostemma* usw. verfolgen. Bei den Kakteensämlingen sind noch zwei deutlich erkennbare, vollkommen normale Keimblätter (Fig. 54) vorhanden, obschon die spätere Pflanze gar keine grünen Laubblätter mehr hervorbringt, sondern aus der Stammknospe ein voluminöses, fleischiges Stengelorgan mit stark reduzierten Blättern erzeugt.

Die Wurzel.

Die Wurzel (*radix*), ein mit Leitbündeln versehener Gewebekörper, wächst im Gegensatz zum Spross nach abwärts, besitzt ein unbegrenztes Wachstum und bildet niemals den unmittelbaren Ausgangspunkt von Blättern. Da die Wurzel unter der Erdoberfläche wächst, ist sie für gewöhnlich farblos, wenigstens nicht grün. Allerdings kann die Wurzel in bestimmten Fällen — bei Wasserpflanzen und bei den Luftwurzeln von Epiphyten Chlorophyllkörner enthalten und zwar zuweilen in so grosser Menge, dass man von Assimilationswurzeln sprechen kann. Bei einzelnen tropischen Orchideen (*Taeniophyllum*, *Angraecum*) kann die grüne Wurzel sogar breit-bandförmig, d. h. blattartig werden. Die Aufgabe der Wurzel ist eine doppelte. Einerseits muss sie die Pflanze im Erdboden befestigen, verankern, andererseits soll sie aus der Erde Wasser und Nährstoffe aufnehmen und der Pflanze zuführen. Nicht alle unterirdischen Pflanzenteile sind jedoch



Fig. 54. Keimpflanze von *Opuntia ficus Indica*.

kurzerhand als Wurzeln aufzufassen, sondern nur solche Glieder, welche keine Blätter tragen und die an ihrem Scheitel von einem eigentümlichen Gewebe, der Wurzelhaube, umgeben sind. Das letzte Merkmale fehlt z. B. dem unterirdisch wachsenden Rhizom. In den verschiedenen Abteilungen des Pflanzenreiches zeigen die Wurzeln nach Form und Ausbildung ein recht verschiedenes Verhalten. Den Thallophyten und Bryophyten fehlen eigentliche Wurzeln mit Leitungsstrang, Wurzelhaube usw. gänzlich. Echte Wurzeln kommen nur den Gefäßkryptogamen sowie den Samen- oder Blütenpflanzen zu. Allerdings gibt es auch unter den höher organisierten Pflanzen einige Arten, die gar keine Wurzeln aufweisen, so einige Wasserpflanzen wie *Wolffia arrhiza*, *Utricularia*, *Ceratophyllum* und *Salvinia*. Bei *Salvinia natans* (vgl. Taf. 8, Fig. 5) wird je ein Blatt des 3-zähligen Blattquirles zu feinzerschlitzen, nicht grünen Wasserblättern umgebildet, welche letztere allerdings eine grosse äusserliche Ähnlichkeit mit Wurzeln haben und diese in der Tat auch ersetzen. Den beiden einheimischen Orchideen *Epipogon aphyllum* und *Coralliorrhiza innata* (Taf. 77) fehlen ebenfalls eigentliche Wurzeln; die Funktion derselben wird hier von einem korallen- oder geweihartig verzweigten, kriechenden Rhizome übernommen.

Die Keimwurzel des Embryo entwickelt sich zur Hauptwurzel der Pflanze und stellt gleichsam die Fortsetzung des Hauptsprosses nach unten dar. In der Ausbildung des Wurzelsystems macht sich zwischen den Mono- und Dikotyledonen ein deutlicher Unterschied bemerkbar. Bei den Dikotyledonen gilt im allgemeinen als Regel, dass das im Samen angelegte Würzelchen sich zur Haupt- oder Pfahlwurzel des Keimpflänzchens entwickelt, an welcher als seitliche Anhängsel die Neben- oder Seitenwurzeln entstehen (Fig. 56 d). Bei vielen Arten (z. B. bei den Eichen, Buchen) gelangt die Pfahlwurzel zu mächtiger Entfaltung. Bei den Monokotyledonen dagegen (auch bei den mächtigen Palmenbäumen!) stirbt die Hauptwurzel frühzeitig ab oder entwickelt sich nicht weiter; dagegen erscheint am untern Ende der Keimachse eine verhältnissmässig grosse Zahl von büschelig angeordneten Seitenwurzeln (Fig. 56 a). Allerdings kann auch bei verschiedenen Monokotylen die Hauptwurzel eine beträchtliche Länge erreichen und wie beim Mais (Fig. 55) Seitenwurzeln hervorbringen. Umgekehrt gibt es auch dikotyle Bäume (z. B. die Pappeln) mit schwach ausgebildeter Pfahlwurzel, wobei die flach auf dem Boden hinstreichenden Seitenwurzeln ein weit ausgreifendes Wurzelwerk darstellen.

Nach der Form kann man fadenförmige, zylindrische oder walzenförmige und spindel- oder möhrenförmige Wurzeln unterscheiden, nach der Art der Verzweigung einfache und ästige und nach der Festigkeit holzige und fleischige.

Im allgemeinen ist die Wurzel ein stielrunder Körper von radiärem Bau, bei welchem ursprünglich alle Teile allseitig gleichmässig um die Mittelachse angeordnet sind. Nur wenige Wurzeln zeigen einen dorsiventralen Bau, d. h. lassen deutlich Ober- und Unterseite erkennen (verschiedene tropische, auf Felsen wachsende Orchideen, Araceen etc.). Bei einigen kriechenden Farnen, z. B. auch bei dem Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*), sitzen die Laubblätter im Zickzack auf der Oberseite des horizontalen Wurzelstockes (Rhizomes), während die Wurzeln auf dessen Unterseite entspringen (Taf. 7, Fig. 2).

Am leichtesten lässt sich der Bau der Wurzeln studieren, wenn man Samen in feuchten Sägespänen oder auf nassem Asbestpapier keimen lässt. An den jungen, frisch ausgewachsenen Teilen der Wurzel kann

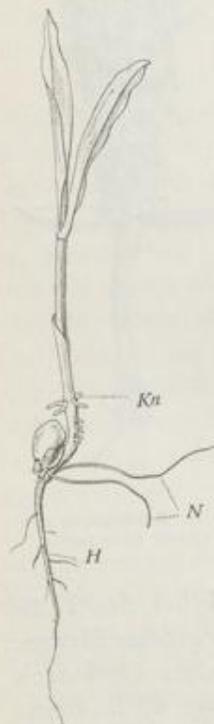


Fig. 55. Keimpflanze vom Mais. H Hauptwurzel, N Nebenwurzel, Kt Knoten.

man hinter der Wurzelspitze stets eine Zone mit ausserordentlich dünnen Haaren — den Wurzelhaaren — beobachten, die in ungestörter Lage wagrecht abstehen und dem Wurzelende das Aussehen einer Flaschenbürste verleihen (Fig. 56a).

Diese Wurzelhaare sind für die Nahrungsaufnahme von Wasser und löslichen Nährstoffen von grösster Bedeutung. Es sind lange, dünne, einzellige, auffallend stark verlängerte, schlauchförmige Gebilde, die aus dem Hautgewebe der Wurzel hervorgehen und denen Querwände vollständig fehlen (Fig. 74). Schon wenige Tage nach ihrer Entstehung sterben die Wurzelhaare ab, um dann hinter der immer tiefer ins Erdreich eindringenden Wurzelspitze stets neu erzeugt zu werden. Dies ist deshalb von Wichtigkeit, weil die Wurzel mit immer neuen Bodenpartikelchen in Berührung kommt (Fig. 57). Die Wurzelhaare haben das Vermögen aus den Bodenteilchen und aus der zwischen diesen vorhandenen Feuchtigkeit direkt (durch Diösmose) anorganische Nährstoffe in gelöstem Zustand aufzunehmen und dem Wurzelkörper der Pflanze zuzuführen, durch dessen Leitungsbahnen die gelösten Stoffe in den Spross und in die Blätter gelangen. Die Nahrungsaufnahme wird auch dadurch erleichtert, dass die Wurzelhaare eine Flüssigkeit (eine organische Säure; vielleicht Citronensäure) abgeben, welche imstande ist, die mineralischen Bestandteile (Kalisalze, Phosphate, ammoniakhaltige Substanzen etc.) des Bodens aufzulösen. Denn das ins Erdreich sickende Regenwasser allein genügt nicht, um alle diese Stoffe aufzulösen



Fig. 57. Stück einer Faserwurzel mit Wurzelhaaren, die in das Erdreich eindringen.

und zur Aufnahme für die Wurzeln vorzubereiten. Da die äussersten Wandschichten mit den Erdpartikelchen fest verkleben (Fig. 58b), ist es leicht verständlich, dass man auch bei sorgfältigem Waschen die Wurzeln nicht leicht vollständig von der Erde befreien kann. Lässt man das Wurzelwerk einer Pflanze über eine glatt polierte Marmorplatte wachsen, so wird dieselbe an den Berührungsstellen geätzt, was wohl mit Bestimmtheit auf die Anwesenheit einer Säure schliessen lässt. Für die Erbse sind pro mm² 232, für den Mais 425 Wurzelhaare berechnet worden. Allerdings gibt es auch einige Blütenpflanzen, die gar keine Wurzelhaare aufzuweisen haben. Dies ist besonders bei vielen Schmarotzern der Fall. Aber auch bei einigen andern Arten, wie bei der Schwanenblume (*Butomus umbellatus*), bei den Wasserlinsen (*Lemna*), bei der Wassersäge (*Stratiotes aloides*), beim Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*), beim Biberklee (*Menyanthes trifoliata*) usw. gelangen die Wurzelhaare nicht zur Ausbildung. Es sind dies Wasser- oder feuchte Standorte bewohnende Arten, wo Wasser



Fig. 56. a Büschelwurzel einer Monokotylen. b und c jüngere Stadien in der Entwicklung des Wurzelsystems, Keimung des Weizens. d Keimpflanze von der Eiche, mit Haupt- und Nebenwurzel. e und f Quer- und Längsschnitt (schematisiert) durch eine Wurzel, um die endogene Entstehung der Seitenwurzeln zu zeigen.

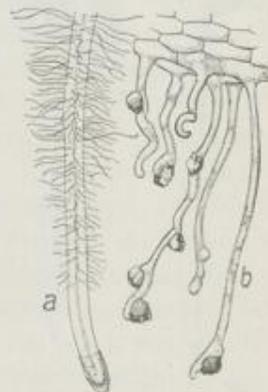


Fig. 58. a Faserwurzel mit Wurzelhaaren und Wurzelhaube, b Wurzelhaare (stark vergrössert).

stets in genügender Menge vorhanden ist und wo es also nicht auf eine möglichst vergrösserte Oberfläche des Absorptionssystemes ankommt. Aber auch einigen Koniferen (*Abies* und *Pinus silvestris*) fehlen die Wurzelhaare. Bei diesen Nadelhölzern wird die Wasserverdunstung durch die nadelförmigen, steifen und lederartigen Blätter stark vermindert. Interessant ist es auch, dass bei Wasserkulturen solche Pflanzen, die normalerweise

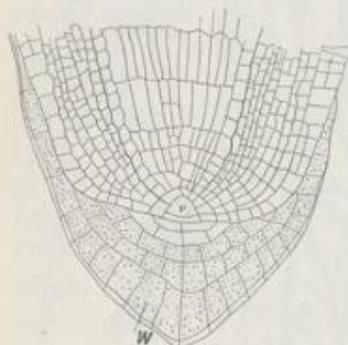


Fig. 59. Wurzelspitze eines Farnes (Längsschnitt).
W Wurzelhaube, v Scheitelzelle.

Wurzelhaare erzeugen, dieselben nicht zur Ausbildung bringen. Bei den Moosen und den Prothallien der Farne fehlen eigentliche Wurzelhaare. An ihre Stelle treten die Rhizoïden, feine, haarförmige, oft gegliederte, verzweigte, mannigfach verfilzte oder auch zusammengedrehte Gewebekörper, die bis 2 cm Länge erreichen können. In andern Fällen dagegen sind die Rhizoïden den Wurzelhaaren ganz ähnlich gebaut.

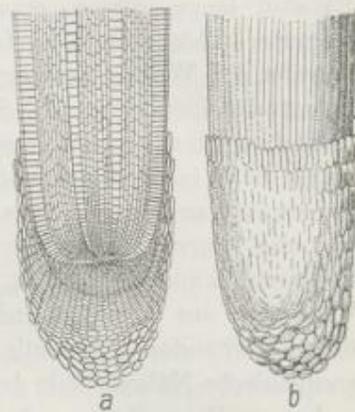


Fig. 60. Wurzelspitze mit Wurzelhaube.
a im Längsschnitt, b von aussen.

Das Längenwachstum der Wurzel wird durch ein embryonales, teilungsfähiges Gewebe, den Vegetationspunkt der Wurzel, vermittelt. Dieser liegt nahe der äussersten Spitze der Wurzel und wird nach aussen von der Wurzelhaube oder Wurzelmütze (Fig. 59 und 60), die meist schon von blossen Auge sichtbar ist, überdacht. Wie eine Kappe oder ein Fingerhut überzieht diese das zarte, weiche Gewebe des Vegetationspunktes und schützt es gegen mechanische Verletzungen. Mit dem Vegetationspunkt der Wurzel ist die Wurzelhaube fest verwachsen; von diesem aus erhält die letztere auch stets neue Zellen, so dass sie sich beständig ergänzen kann. Die Wurzelhaube steht nicht, wie vielleicht angenommen werden könnte, im Dienste der Nahrungsaufnahme, sondern dient lediglich zum Schutze der Wurzelspitze, welche mit ziemlicher Kraft den Boden durchdringt. Bringt man ein Staniolblatt in die Wachstumsrichtung einer Wurzel, so wird es von der fortwachsenden Wurzelspitze durchbohrt. Dadurch, dass die oberflächlichen, äusseren Zellen der Wurzelhaube verschleimen, bekommt die Wurzelspitze eine schlüpfrige Oberfläche, welche das Eindringen

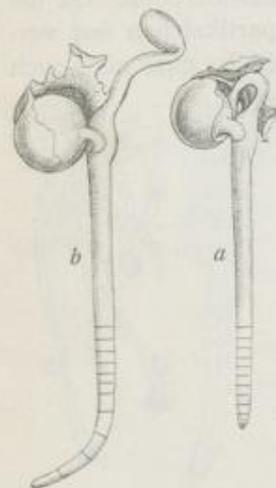


Fig. 61. Längenwachstum der jungen Hauptwurzel.

der Wurzel in den Boden wesentlich erleichtert. Die Zone mit dem Sitz des lebhaftesten Längenwachstums liegt gewöhnlich gleich hinter der Wurzelspitze und besitzt etwa eine Ausdehnung von 2 bis 10 mm. Sie trägt gewöhnlich keine Wurzelhaare. Dadurch, dass man auf der Wurzel in gleichen Abständen (z. B. 1 mm) Striche mit Tusche anbringt und diese von Zeit zu Zeit beobachtet, kann man sich leicht von dem ungleichen Wachstum der Wurzelspitze überzeugen. An den Stellen des lebhaftesten Wachstums werden die Abstände nämlich beständig grösser (Fig. 61 a und b).

Das Wachstum der Hauptwurzel wird durch die Schwerkraft der Erde bestimmt. Die Wurzel hat nämlich das Bestreben in der Richtung des Erdradius in den Erdboden einzudringen (positiver Geotropismus). In welcher Stellung man das Keimpflänzchen auch in die Erde einbettet, immer hat das Würzelchen das Bestreben nach abwärts zu wachsen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass besondere in der Wurzelhaube gelegene Organe (Statolithen)

vorhanden sind, welche auf die Schwerkraft reagieren und deren Wirkung als Reiz weiterleiten. Vielleicht wird der feine statolithische Apparat in der Wurzelhaube durch Stärkekörner vermittelt, die in den Zellen frei beweglich sind und die je nach der Stellung der Wurzelhaube auf diese oder jene Wand der Zellen der Wurzelhaube einen Druck ausüben, der dann als Reiz empfunden und weitergeführt wird. In Ruhestellung befinden sich die Stärkekörner nur dann, wenn die Wurzel genau senkrecht in die Tiefe wächst. Neben der Schwerkraft wirkt beim Vordringen der Wurzel im Erdreich auch die Feuchtigkeit des Bodens auf sie bestimmend ein (Hydrotropismus).

Die Länge und die Anzahl der Wurzeln richtet sich nach dem Bedürfnis und nach den lokalen Bodenverhältnissen, d. h. nach der Grösse und der Anzahl der Blätter sowie nach der zur Verfügung stehenden Wassermenge. Denn das Wasser, welches durch die Blätter verdunstet, muss durch die Wurzeln aufgenommen werden. Beim Kürbis beträgt die Länge aller Wurzeln ca. 25 km. Bei Topfpflanzen können wir häufig beobachten, dass sich ein dichter Wurzelbelag der inneren Wand des Topfes anlegt. Auch in Wasserleitungsrohren kommen zuweilen derartige haarzopfähnliche Bildungen von Wurzeln vor. Im allgemeinen ist das Verhältnis zwischen der Belaubung und der Grösse des Wurzelsystemes ein festes. Schmarotzerpflanzen (Parasiten) und Fäulnisbewohner (Saprophyten), bei denen die Blätter und Sprosse — also die transpirierende Oberfläche — oft stark reduziert sind, besitzen ein wenig ausgebildetes Wurzelsystem. Hier kommt allerdings noch hinzu, dass solche Pflanzen sich ausserdem von fertig gebildeten, organischen Stoffen von anderen Pflanzen ernähren. Aber auch viele Wasserpflanzen zeigen ein schwach entwickeltes Wurzelwerk. Hier sind gelöste Stoffe meist in reichlicher Menge vorhanden; ausserdem ist die Verdunstung keine so grosse wie bei den Landpflanzen. Eine Reihe von Kies-, Sand- und Geröllpflanzen besitzt deshalb ein äusserst tiefgehendes und starkes Wurzelsystem, weil sie das Wasser aus grossen Tiefen heraufholen müssen. Verschiedene Geröllpflanzen der Alpen, wie der Feld-Spitzkeil (*Oxytropis campestris*), das kleine Seifenkraut (*Saponaria ocymoides*), verschiedene Mannsschildarten (*Androsace*), das violette Täschelkraut (*Thlaspi rotundifolium*), die alpinen Mohnarten (*Papaver alpinum*, *Sendtneri*, *aurantiacum*), verschiedene alpine Rapunzeln (*Phyteuma*), das breitblättrige Hornkraut (*Cerastium latifolium*) etc. leben auf steilen, trockenen Geröllhalden, wo die atmosphärischen Niederschläge infolge der porösen Beschaffenheit des Bodens rasch in die Tiefe versiegen. Die Pfahlwurzeln solcher Geröllpflanzen sind dementsprechend stark ausgebildet und können die Höhe der beblätterten Pflanze oft um das 10 und 20fache (z. B. bei *Oxytropis campestris*) übertreffen. Aehnlich starke und weitverzweigte Wurzelsysteme weisen verschiedene Blütenpflanzen des sandigen Meeresstrandes und der Dünen auf, vor allem einige Süssgräser wie *Elymus arenarius*, *Ammophila arenaria* und *Agriopyrum junceum*, weiter *Carex arenaria*, die bläuliche Strand-Distel (*Eryngium maritimum*), *Lathyrus maritimus*, der Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*), *Salix repens*, *Rosa pimpinellifolia* etc. Alle diese Arten gehören zu den sog. sandbindenden Arten, welche eine Verschüttung durch den zuffliegenden Dünensand ohne Schaden ertragen können. Ebenso leicht vermögen sie den Sandboden zu durchwachsen und neue Sprosse zu erzeugen.

Bei den meisten Pflanzen existieren zwischen dem Wurzelwerk und der Krone bzw. dem Blattwerk gewisse Beziehungen, d. h. die Wurzelenden dringen im Boden für gewöhnlich (z. B. bei den Bäumen) nur so weit vor als der Baum seine Aeste ausladet. Je nach der Ausbildung des Wurzelwerkes erfolgt die Zuleitung des Wassers nach aussen oder nach innen (zentripetale und zentrifugale Zuleitung). Viele Pflanzen mit stark ausgebildeter Pfahlwurzel (*Löwenzahn*, *Wegetritarten*, *Rhabarber*, *Runkelrübe*, *Meerrettich*, *Veilchen*, *Pfingstrosen*, *Aruncus silvester*, *Arum maculatum*) sammeln auf ihren Blättern Regenwasser und führen dasselbe — zuweilen in besonderen Rinnen — der bodenständigen Blattrosette zu, von wo es

dann lotrecht dem Wurzelstock zufliesst (zentripetale Wasserzuleitung). Dagegen lassen zahlreiche andere kraut- und baumartige Pflanzen mit horizontalem, weitausgebreitetem Wurzelwerk das Regenwasser an den nach aussen und abwärts gerichteten Laubblättern auf den Boden niederträufeln, so unsere Laubhölzer, die Königskerzen usw. (zentrifugale Zuleitung).

Bei den meisten einheimischen Waldbäumen, sowie bei vielen im Heide- oder im

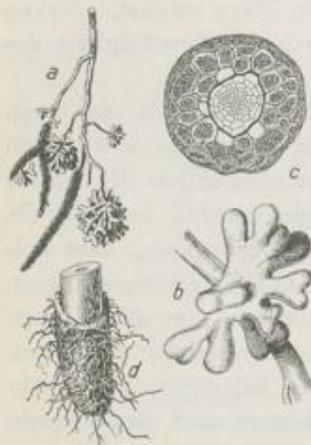


Fig. 62. *a* Langwurzel mit Wurzelhaaren und seitlichen, zu Mykorrhizen ausgebildeten Kurzwurzeln von *Pinus cembra* (nach v. Tubeuf). *b* Wurzel mit dichotomen Mykorrhizen von *Pinus montana* (nach P. E. Müller). *c* Querschnitt einer Wurzel mit ekto- und endotropher Mykorrhiza von *Pinus cembra* (nach v. Tubeuf). *d* Wurzelspitze von der Buche, dicht mit Pilzfäden überzogen.

Humusboden wachsenden Sträuchern (z. B. bei vielen Ericaceen) stehen die Wurzeln mit Pilzfäden in einem eigentümlichen gesellschaftlichen Verhältnis (Symbiose). Die äusseren Spitzen der Wurzeln sind mit einem dichten Mantel von Pilzfäden überzogen (Fig. 62*a*), welche das Wachstum der Wurzeln oft in eigentümlicher Weise beeinflussen. Die Wurzel steckt in dieser Wurzelhülle ähnlich wie ein Finger im Handschuh. Derartige mit Pilzen vergesellschaftete Wurzelbildungen bezeichnet man als Mykorrhiza. Wenn der Pilz die Wurzeln nur äusserlich als ein ziemlich dichter Mantel umhüllt, spricht man von einer ekto-trophischen Mykorrhiza. Diese ist bei vielen Koniferen, bei den Pappel-, Birken-, Weiden- und Lindengewächsen, den Myricaceen, Elaeagnaceen etc. nachgewiesen worden. Oft aber dringt der Pilz ins Innere der Wurzel ein und bildet dann in der Epidermis oder in den äusseren Rindenpartien knäuelartige Bildungen. In solchen Fällen spricht man von einer endotrophischen Mykorrhiza. Diese letztere findet sich bei verschiedenen den Humus- und Heideboden bewohnenden Orchideen (z. B. bei *Neottia*, *Coralliorrhiza*), bei den meisten Ericaceen, bei der Rauschbeere (*Empetrum nigrum*), bei *Monotropa* usw. Daneben gibt es auch Fälle, wo bei derselben Pflanze eine endo- und ektotrophe Mykorrhiza gleichzeitig auftritt (z. B. bei der Arve, Fig. 62*c*). Eine Schädigung erleiden die Pflanzen durch dieses symbiotische Verhältnis nicht. Im Gegenteil ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Pilzfäden die im Humus vorhandenen Eiweissverbindungen zersetzen und den Pflanzen Stickstoffverbindungen leicht zugänglich machen. Die Pilzfäden dienen mit grösster Wahrscheinlichkeit der Assimilation von freiem Stickstoff.

Auffällige knollenförmige Bildungen finden sich konstant an den Wurzeln der Hülsenfrüchtler (Leguminosen) aller Zonen (Fig. 63*a*). In ihrer Grösse verhalten sich dieselben allerdings sehr verschieden. Bei der Lupine und der Saubohne (*Vicia faba*) können diese — besonders an der Hauptwurzel — fast walnussgross werden; bei den Kleearten bleiben sie gewöhnlich klein. Solche Wurzelknöllchen, welche bald einzeln, bald in traubiger Anordnung an den Wurzeln auftreten, stehen in enger Beziehung mit einem Spaltpilze, allgemein als *Bacillus radialis* oder *Rhizobium Leguminosarum* bezeichnet. Wahrscheinlich handelt es sich jedoch bei den Leguminosen um verschiedene Varietäten dieser Bakterienpezies oder ev. um mehrere verwandte Bakterienformen. Die Bakterien, die in Form von kleinen Stäbchen im Erdboden leben, dringen — vielleicht in Gestalt von Schwärmzellen — durch die Wurzelhaare in die Wurzel ein und rufen an derselben diese eigentümlichen Wucherungen (Hyper-trophien) hervor. Im Innern der Knolle findet sich ein

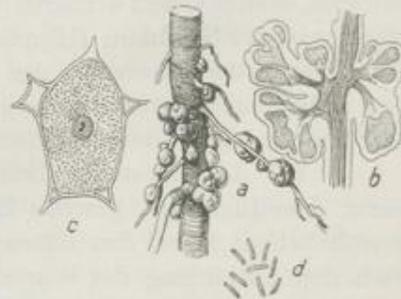


Fig. 63. Wurzelknöllchen der Lupine (natürliche Grösse). *b* Schnitt durch ein Wurzelknöllchen (schwach vergrössert). *c* Eine Zelle des Knöllchens mit Bakterien erfüllt, *d* Bakterien (ca. 1500fach vergrössert). Fig. *b* bis *d* nach Woronin und Fischer.

charakteristisches Gewebe von dünnwandigen, plasmareichen Zellen, die mit Bakterien vollgepfropft sind (Fig. 63 c). Diese zeigen zuweilen etwas abnorme Formen; sie können zu runden oder unregelmässig verzweigten Gebilden anschwellen, die man früher, bevor man ihre Natur genauer kannte, als Bakteroïden bezeichnete. Die Bakterien vermögen ähnlich wie die Pilzfäden den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu binden. Auf experimentellem Wege wurde nachgewiesen, dass das Gedeihen der Leguminosen durch die Anwesenheit der Wurzelknöllchen mit diesen Bakterien wesentlich gefördert wird. Durch die in den Boden zurückbleibenden Wurzelknöllchen wird der Boden an Stickstoff stark bereichert, was für die Landwirtschaft von grosser Bedeutung ist. Auch ist es gelungen, die Bakterien ausserhalb des Bodens in Reinkulturen zu züchten. Derartige Kulturen sind sogar im Handel (Nitragin) käuflich. Die Bakterien leben einzig in den Wurzeln und verbreiten sich nicht weiter im Pflanzenkörper.

Solange die Wurzel keine Nebenfunktion übernimmt, behält sie ihre zylindrische Gestalt bei. Bei den Holzgewächsen verholzt sie im späteren Alter. Nicht selten beobachten wir aber, dass die Wurzel ihre Aufgabe ändert und zu einem ganz andern Organ werden



Fig. 64. *Vitis pterophora* Bak. aus Brasilien mit Luftwurzeln.

kann. Hand in Hand mit der veränderten Aufgabe und Lebensweise geht dann eine Veränderung in der Gestalt der Wurzel. Bei vielen tropischen Pflanzen (besonders Epiphyten und Strandpflanzen) können die Wurzeln zu Luft-, Stelz- und Stützwurzeln von mannigfaltiger Form werden. Einen ähnlichen Stelzenapparat besitzen im kleinen auch einige einheimische Gewächse, wie z. B. das Ruprechtskraut (*Geranium Robertianum*), die Vogelmiere oder der Hühnerdarm (*Stellaria media*) u. s. w. Mit diesen merkwürdigen Stützwurzeln suchen sich diese Pflanzen an den steilen Standorten Halt zu verschaffen. Luftwurzeln (Fig. 64) sind besonders bei vielen epiphytisch (d. h. auf anderen Pflanzen lebenden, wo sie nicht nur einen geschützten Standort, sondern auch günstige Lichtverhältnisse vorfinden) vegetierenden, tropischen Orchideen, Araceen etc. anzutreffen. Bei diesen Wurzeln, die frei in der Luft hängen, finden sich besondere Einrichtungen zum

Aufsaugen von Wasser aus der atmosphärischen Luft, weshalb sie vom Typus der gewöhnlichen Erdwurzeln ziemlich stark abweichen. Luftwurzeln finden sich nur bei Pflanzen, die in Gebieten mit grosser Luftfeuchtigkeit leben. Vor allem zeigen sie ein eigentümlich entwickeltes Hautgewebe, die Wurzelhülle oder das Velamen (Fig. 65 v), das aus toten, luftführenden Zellen besteht, von denen einzelne mit eigenartigen Verdickungsleisten (Fig. 65 a) oder mit offenen Poren ausgestattet sind. In trockenem Zustande erscheint die Wurzelhülle wegen ihres Luftgehaltes glänzend weiss; wird sie jedoch befeuchtet, so saugt sie wie ein Stück Fliesspapier begierig

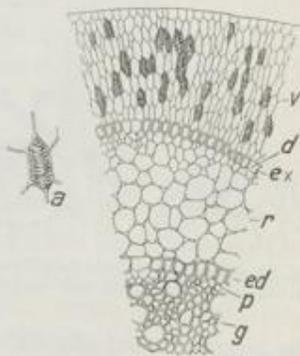


Fig. 65. Querschnitt durch die Luftwurzel einer tropischen Orchidee (*Dendrobium nobile*). v Wurzelhülle, ex Exodermis mit Durchlasszellen (d), r Rinde, ed Endodermis, p Perizykel, g Leitbündel, a Zelle mit Verdickungsleisten.

Wasser auf und wird später durch Verdrängen der Luft grün. Auf diese Weise können diese Pflanzen die ihnen durch Nebel, Tau und Regen zugeführte Feuchtigkeit ausnützen. Die Abgabe des aufgesogenen Wassers aus dem Velamen an das Innere der Wurzel erfolgt durch die sog. „Durchlasszellen“, die als dünnwandige, lebende, unverkorkte Elemente zwischen den verkorkten Exodermiszellen liegen (Fig. 64 d). Ganz ähnliche Gewebe weisen auch die Sprosse der Sumpf- oder Torfmoose (*Sphagna*) auf.

Bei einzelnen Arten können die Wurzeln zu Reservestoffbehältern umgebildet werden, in denen organische Stoffe (Zucker, Stärke, Inulin, Eiweissstoffe etc.), die während einer Vegetationsperiode gebildet worden sind, abgelagert und aufgespeichert werden. Die Verdickung gehört dem Rindenparenchym an. Derartige Wurzeln werden dick und fleischig; besonders die Hauptwurzeln können eine rüben- oder spindelförmige Gestalt annehmen. So entwickeln die gelbe Speiserübe (*Daucus carota* f. *sativa*, Fig. 66), die weisse Rübe (*Brassica rapa* var. *rapifera* f. *communis*) die rote Rübe wie auch die Zuckerrübe (*Beta vulgaris* var. *rapa* f. *alba* und var. *altissima*) im ersten



Fig. 66. Wurzel als Reservestoffbehälter (*Daucus carota*).

Jahr einen sehr kurzen, mit rosettenartig gruppierten Laubblättern besetzten Stamm und eine dicke, fleischige, mit Reservestoffen erfüllte Pfahlwurzel. Im kommenden Frühjahr wird dann auf Kosten dieser Reservestoffe ein Spross mit Laubwerk und Blüten hervorgebracht. Aehnliche, z. T. ungleichmässige, knotige Auftreibungen (Wurzelverdickungen) zeigen *Spiraea filipendula*, *Lathyrus Pannonicus*, *Hemerocallis flava*, das Frühlings-Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*, Fig. 67) und die Georgine (*Dahlia variabilis* (Fig. 69). Nach starkem Regen finden sich die Wurzelknöllchen vom Scharbockskraut oft in so grosser Zahl auf dem Boden, dass sie zu der Sage Veranlassung gegeben haben, es seien Weizenkörner vom Himmel gefallen („Getreidereggen“.) Auch die Knollen vieler unserer einheimischen Orchideen, die bald kugelig gestaltet, bald handförmig (Fig. 68) geteilt sind und den officinellen Salep des Handels liefern, sind als umgewandelte (metamorphosierte) Wurzeln aufzufassen. Hier sind zwar immer mehrere



Fig. 67. Wurzelknollen von *Ranunculus ficaria*.

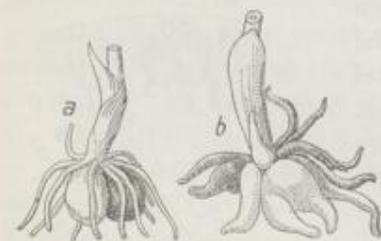


Fig. 68. Kugelige (a) und handförmig geteilte (b) Wurzelknolle von Orchideen.

Wurzeln miteinander verwachsen. Zur Zeit der Fruchtreife findet man bei unsern einheimischen Arten eine Doppelknolle vor, eine ziemlich helle, kräftige Knolle, die im Frühjahr zu einer neuen Pflanze wird und eine dunklere, alte (sie werden im Volksmunde zuweilen als „Teufelhände“ oder „Satansfinger“ bezeichnet), die der diesjährigen Pflanze angehört.

Die letztere wird allmählich entleert, schrumpft zusammen und wird schliesslich abgestossen.

Bei einigen tropischen Wasserpflanzen (*Jussiaea repens* und *grandiflora*), die in stagnierendem, sauerstoffarmem Wasser leben, treten eigenartige, weissliche, schwammige, im Wasser flottierende Wurzeln auf, deren

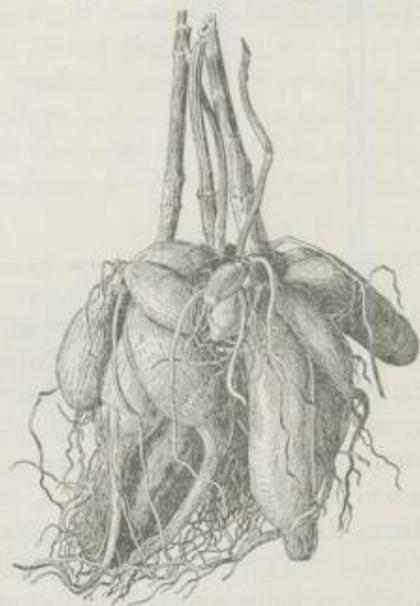


Fig. 69. Wurzelknollen von *Dahlia bilis, varia*

Spitzen bei festgewurzelten Exemplaren durch den Auftrieb nach oben gerichtet werden. Sie sind weder als Haft- noch als Ernährungsorgane tätig, sondern bilden Luftreservoirs und werden dementsprechend als Atemwurzeln bezeichnet. Bei einigen wenigen Palmen (*Acanthorrhiza aculeata*, *Iriartea*) sind die Wurzeln in scharfe, stechende Dornen umgebildet.

Starke Veränderungen erleiden die Wurzeln bei den Schmarotzern oder Parasiten und zwar im Zusammenhange mit der vereinfachten, eigentümlichen Lebensweise dieser Pflanzen. Die Wurzeln erzeugen nämlich sehr oft besondere Saugorgane (Haustorien), welche mehr oder weniger tief in das Gewebe der befallenen Pflanze (Wirtspflanze) eindringen. Bei der immergrünen Mistel (*Viscum album*), die in drei Formen (Laubholz-, Tannen- und Föhrenmistel) auf den Zweigen unserer einheimischen Laub- und Nadelbäume auftritt, ist das ganze Wurzelsystem in dem Gewebe der Wirtspflanze verborgen. Bei der Keimung (die klebrigen Samen werden bekanntlich durch Vögel verschleppt) befestigt sich die junge Pflanze dadurch an den Zweigen der Nährpflanze, dass das Würzelchen zu einem scheibenförmigen Köpfchen anschwillt, aus dessen Mitte die kurze Hauptwurzel herauswächst. Von der Hauptwurzel gehen später Seitenwurzeln (Rindenwurzeln) ab, die sich in horizontaler Richtung in dem

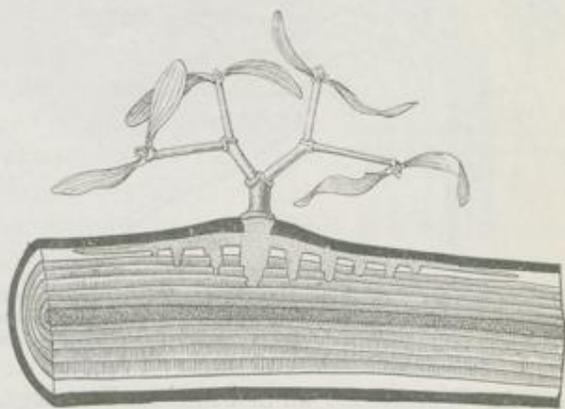


Fig. 70. Junge Mistel, in den Stamm eingedrungen (Längsschnitt).

saftigen Rindengewebe ausbreiten, jedoch nicht tiefer eindringen. Von den letzteren bilden sich dann auf der dem Holz zugewandten Seite Seitenäste aus, die sogenannten Senker, die keilförmig in radialer Richtung ins Holz eindringen (Fig. 70). Wahrscheinlich entnimmt die Mistel der Nährpflanze nur Wasser; ob sie dieser auch organische Stoffe entzieht, ist noch nicht genau bekannt. Bei der Gattung *Cuscuta*, die bei uns in mehreren Arten (besonders Klee-Seide) auftritt, sterben die eigentlichen Erdwurzeln nach der Keimung bald ab. Dafür entwickeln sich an dem fadenförmigen, windenden Stengel (Fig. 99) reichlich Adventivwurzeln, welche zu besonderen Saugorganen umgebildet werden. Die Haustorien entstehen immer nur auf der der Nährpflanze zugekehrten Seite, wohl infolge eines Reizes, den die Wirtspflanze auf den Schmarotzer ausübt. Das entwickelte Haustorium liegt dem Stengel der Nährpflanze dicht an und erzeugt einen Saugfortsatz, der in das lebende Gewebe der Nährpflanze hineinwächst und sich hier mehr oder weniger stark pinselartig verbreitert. Die plasmareichen, langgestreckten Zellen dieses Fortsatzes stellen das Absorptionsgewebe der Seidenpflanzen dar. Später kommt in dem Saugfortsatz auch noch ein Gefäßstrang zur Ausbildung (Fig. 71). Ähnliche Haustorien, die sich vom Typus echter Wurzeln stark entfernen, zeigen auch verschiedene Scrophulariaceen (z. B. viele *Euphrasia*-, *Melampyrum*- und *Alectorolophus*-Arten, *Lathraea squamaria*), die Orobanchaceen und viele Santalaceen (*Thesium*). Anfänglich besitzen alle diese Pflanzen normale Wurzeln. Wenn dieselben jedoch später mit Wurzeln anderer Pflanzen-Arten in Berührung kommen, treten warzenförmige Haustorien auf, die sich in ähnlicher Weise an die Wurzeln der Nährpflanzen anlegen wie die umgewandelten Saugwurzeln der Gattung *Cuscuta* an die Sprosse der Wirtspflanzen. Doch kann bei diesen Arten derselbe Schmarotzer meist verschiedene Nährpflanzen befallen. So tritt das Sumpf-Läusekraut (*Pedicularis palustris*) auf 11 verschiedenen Pflanzen als Schmarotzer auf, nämlich auf 6 Cyperaceen, auf 2 Gramineen (*Phragmites communis* und *Molinia caerulea*), auf der kriechenden Weide (*Salix repens*), auf *Succisa pratensis* und auf

dem Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*). Andere Läusekräuter dagegen zeigen eine ausgesprochene Vorliebe nur für gewisse Arten. So bevorzugt *Pedicularis recutita* in den Alpen die Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*), die sie nicht selten zum vollständigen Absterben bringt, *Pedicularis verticillata* dagegen das Blaugras (*Sesleria caerulea*).

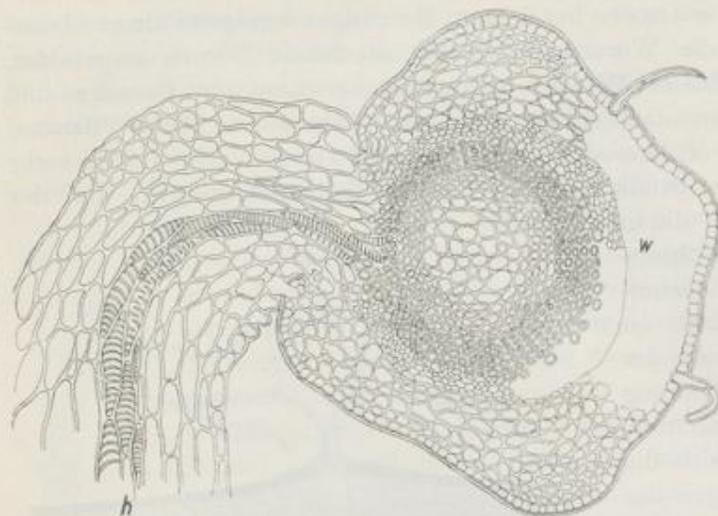


Fig. 71. Querschnitt durch das Haustorium (*h*) von *Cuscuta* und den Stengel (*w*) der Wirtspflanze. In der Mitte des Haustoriums der Leitbündelstrang. (Das Rindengewebe ist rechts nicht vollständig ausgezeichnet.)

von der Wurzelzone an den Sprosstheil verlegt. Derartige erst sekundär an den Pflanzen entstehende Wurzeln werden als *Adventivwurzeln* bezeichnet (Fig. 72).

Sie gehen gewöhnlich aus Knoten, die dem Boden genähert oder in diesen versenkt sind, hervor. Ab und zu entspringen sie auch aus den Achseln von Blättern (*Pirola*, *Dentaria*, *Sedum*, *Cardamine amara*, *Campanula*-Arten). Besonders häufig sind Adventivwurzeln bei denjenigen Pflanzen anzutreffen, welche Ausläufer oder kriechende Stengel erzeugen (Fig. 72). Eine eigentümliche Ausbildung erlangen die Adventivwurzeln beim Epheu (*Hedera helix*). Auf der der Unterlage (Mauern, Bäume) zugekehrten Seite entspringen dem schlanken Sprosse einzelne Büschel von Wurzeln, die sich dem Substrate fest anschmiegen und so der Pflanze ermöglichen immer höher hinauf zu klettern. Derartige Wurzeln werden als *Haftwurzeln* bezeichnet. Beim Epheu schmiegen sich diese der Unterlage so fest und innig an, dass eher das Wurzelwerk zerreißt als dass die Wurzeln sich von der Unterlage losrennen lassen. In dem Wurzelsystem des Epheu ist gleichsam eine Arbeitsteilung eingetreten.

Während nämlich die im Boden befindlichen Wurzeln der Aufnahme von Wasser und der gelösten Nährstoffe dienen, befestigen die Haftwurzeln die kletternde Pflanze an der Unterlage. Aehnliche Wurzelkletterer zeigen zahlreiche tropische Vertreter aus den Gattungen *Piper*, *Philodendron*, *Ficus*, *Marcgravia*, sowie einzelne Kakteen. Auch die früher besprochenen Büschelwurzeln der Monokotyledonen, die Luft-, Stelz- und Stützwurzeln sind ihrer Entstehung nach als Adventivwurzeln aufzufassen. Ebenso stellen die Wurzeln der Weidenstecklinge, die nur ausnahmsweise zur vollständigen Ausbildung gelangen, Adventivwurzeln dar. Nebenwurzeln können in seltenen Fällen auch an Blättern auftreten, besonders wenn man dieselben als Stecklinge behandelt. Die Adventivwurzeln haben vor allem für die vegetative Vermehrung eine grössere Bedeutung. So treiben z. B. die Spitzen der bogenförmig verlaufenden Sprosse vieler Brombeersträucher, sobald diese mit dem Erdreich in Berührung kommen, zahlreiche Adventivwurzeln aus. Früher oder



Fig. 72. Junge Pflanze von *Veronica anagallis* mit Adventivwurzeln

Bereits bei der Gattung *Cuscuta* haben wir gesehen, dass die eigentlichen Erdwurzeln frühzeitig verkümmern und absterben. An den schlanken Sprossen entstehen darauf eigentümliche Wurzeln, die sich zu den bereits besprochenen Haustorien umbilden. Das Absorptionssystem wird also bei diesen Pflanzen bald nach der Keimung

später stirbt dann der verbindende Spross mit der Mutterpflanze ab und die bewurzelte Sprossspitze wächst zu einem neuen, selbständigen Stocke heran. Auf höchst seltsame Weise gelangen beim Hain-Rispengras (*Poa nemoralis*) gelegentlich Adventivwurzeln zur Ausbildung (Fig. 73). Sie entstehen nämlich infolge eines Reizes, welcher von einer oberhalb des Stengelknotens sitzenden Larve eines kleinen Insektes (eine Gallmücke [Mayetiola oder *Hormomyia poae* Bosc.]) ausgeübt wird.

Schliesslich mag noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass viele Wurzeln sich nachträglich bedeutend — einzelne um 30 bis 40, ja bis 70% ihrer ursprünglichen Länge — verkürzen können (kontraktile Wurzeln). Das Hautgewebe derartiger Wurzeln zeigt dann eine Querrunzelung, die dadurch entstanden ist, dass die innern Gewebe der Wurzel sich verkürzen, während dies bei dem Hautgewebe nicht der Fall ist. Da nun die Wurzelhaare an den Erdpartikelchen festkleben und dadurch die Wurzelenden in der Erde fest verankern, müssen infolge der Verkürzung, welche die kontraktilen Wurzeln erfahren, die Wurzelstöcke, Knollen, Zwiebeln usw. allmählich immer tiefer in die Erde gezogen werden. Diese Verkürzung geht aber nicht bis ins Unendliche weiter. Sie hört auf, wenn die Pflanze eine bestimmte Tiefe (Normaltiefe) erreicht hat.

Wenn wir einen Querschnitt durch eine junge Wurzel unter dem Mikroskop genauer betrachten, so können wir an ihm im allgemeinen drei verschiedene Gewebesysteme unterscheiden: 1. die Epidermis mit den Wurzelhaaren, 2. das Rindengewebe und 3. den Zentralzylinder mit den Leitbündeln und dem Festigungsgewebe. Im allgemeinen zeigen die Wurzeln der Gefässkryptogamen und der Blütenpflanzen ziemlich den gleichen Bau. Allerdings besitzen nur die Wurzeln der Dikotyledonen und der Nadelhölzer ein sekundäres Dickenwachstum. Bei den Monokotyledonen wächst die Wurzel (mit wenigen Ausnahmen) nachträglich nicht mehr in die Dicke.

Stets sind die jüngsten Teile der Wurzel von der dünnen, einschichtigen Epidermis überzogen, die dem Hautgewebe zuzählen ist. Die Epidermiszellen sind gewöhnlich reich an Protoplasma; ihre Aussenwände sind nicht oder nur sehr wenig verdickt (cutinisiert). Die Wurzelhaare gehen als Ausstülpungen aus den Epidermiszellen hervor (Fig. 74), wodurch die absorbierende Oberfläche der Wurzel bedeutend vergrössert wird. Gewöhnlich stirbt die Epidermis mit ihren Haaren nach kurzer Zeit ab und wird dann durch die Exodermis ersetzt, die aus der Rindenschicht oder aus dem Perizykel durch Verkorkung der Zellwände hervorgeht.

Die Wurzelrinde, zwischen der Epidermis und dem Zentralzylinder gelegen, besteht fast ausschliesslich aus farblosen Parenchymzellen, die meistens ganz regelmässig, zuweilen auch radienartig oder in konzentrischen Ringen, angeordnet sind. Im Herbst ist das Rindenparenchym nicht selten dicht mit Stärkekörnern erfüllt (vgl. Bd. II, pag. 6, Fig. 173 a). Bei Wasserpflanzen treten im Rindenparenchym oft zahlreiche Interzellularräume auf. Einen stark abweichenden Bau zeigt nicht selten die innerste und häufig auch die äusserste Zellschicht; diese beiden Schichten werden dann als Endodermis bzw. Exodermis bezeichnet. Die Endodermis besteht stets nur aus einer einzigen Lage von oft sehr stark verdickten (besonders bei vielen Monokotyledonen) und im Alter verkorkten, häufig tangential gestreckten Zellen, die ohne Zwischenräume fest aneinander schliessen. An den radialen Seitenwänden

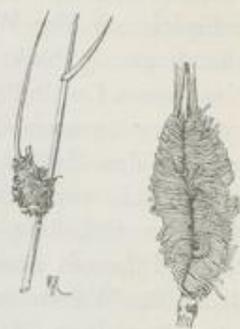


Fig. 73. Stengelgallen (Adventivwurzeln) an *Poa nemoralis*. (Figur rechts nach Ross).

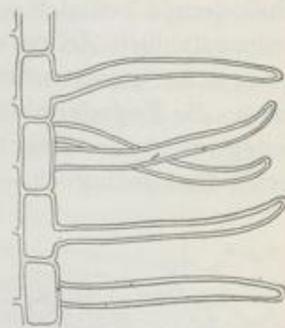


Fig. 74. Epidermis und Wurzelhaare (stark vergrössert). Einzelne Wurzelhaare gehen aus tiefer gelegenen Epidermiszellen hervor.

kann man zuweilen kleinere oder grössere Flecken („Caspary'sche Punkte“) beobachten, die jedoch nicht etwa einer Verdickung der Zellwand entsprechen. Es handelt sich hier lediglich um eine Wellung der Seitenwände, die im Schnitt gesehen allerdings als Punkt oder kurzer Strich erscheint. Ähnlich wie das Netz eines Luftballons hält die Endodermis die Gewebe des Zentralzylinders zusammen. Andererseits werden dadurch die Leitungsbahnen des Zylinders gegen die Rinde hin abgegrenzt, wodurch namentlich verhindert wird, dass der Wasserstrom, der in dem Zylinder zirkuliert, nach aussen hin versickert. Während bei einzelnen Pflanzen sämtliche Zellen der Endodermis stark verdickt und damit für Wasser mehr oder weniger undurchdringbar sind, können wir bei anderen Arten in gewissen Abständen zwischen den stark verdickten Zellen solche mit dünnen Wänden konstatieren. Es sind dies die sog. Durchlasszellen (Fig. 75), die zwischen der Rinde und dem Zentralzylinder einen Stoffaustausch erlauben. Stets liegen diese über den Gefässen, bezw. über den Holzteilen, niemals aber über den Siebteilen. Ähnliche Verdickungen sowie Durchlasszellen können auch in der Exodermis auftreten.

Alle zelligen Elemente, die innerhalb der Endodermis liegen, gehören dem Zentralzylinder an. Normalerweise nimmt dieser die Mitte der Wurzel ein (axillärer Leitbündelstrang) ein, was mit der Zugfestigkeit der Wurzel in engster Beziehung steht. Die Elemente des Zentralzylinders sind sehr verschiedener Natur; stets aber sind es langgestreckte Zellen, sowohl langgestrecktes Parenchym als eigentliches Leitungsgewebe, Bast oder ähnliche mechanische Zellen, die vor allem im Zentrum des Organes als Verbindungsgewebe (besonders deutlich bei den Monokotylen) häufig zu beobachten sind. Zuweilen sind die Zellen dieses Gewebes stark verholzt. Unter der in vielen Fällen sehr deutlich hervortretenden Endodermis befindet sich zunächst eine einzige (selten mehrere) Schicht von dünnwandigen, teilungsfähigen Zellen, die als Perikambium oder Perizykel zusammengefasst werden und sehr lange in meristematischem Zustande erhalten bleiben. Die Gefässteile grenzen also nicht unmittelbar an die Endodermis an. In dem Perikambium entstehen vor allem die ersten Anlagen der Seitenwurzeln und zwar fast stets vor den Holz- oder Xylemteilen (Fig. 56e, f). Es sind daher — wenigstens anfänglich — an einem Wurzelstrange stets so viele Reihen von Seitenwurzeln vorhanden

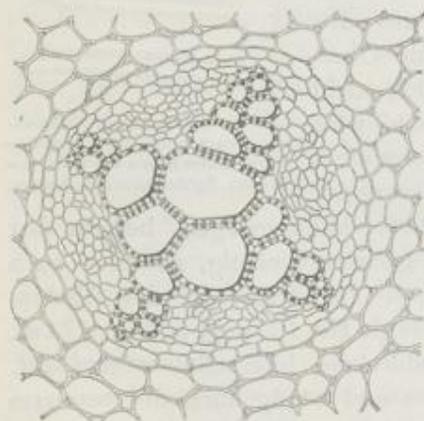


Fig. 76. Querschnitt durch den Zentralzylinder einer tetraarchen Wurzel von *Vicia faba*.

weniger Leitungsstränge als die Hauptwurzeln. So weist z. B. die Hauptwurzel von *Vicia faba*

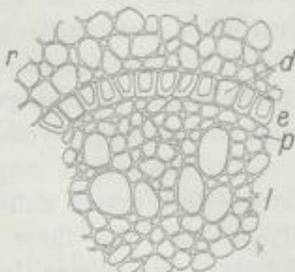


Fig. 75. Schnitt durch die Endodermis (e) mit Durchlasszellen (d), p Perizykel, l Leitbündel.

als der Strang Leitbündel aufweist. Innerhalb des Perizykels liegen die unverzweigten, parallel verlaufenden Leitbündel, die auf dem Querschnitt zu einem Ringe, in Wirklichkeit zu einem Rohre angeordnet sind. Die Leitbündel der Wurzeln sind als radiäre zu bezeichnen (vgl. Fig. 39, pag. XLIII); die Holz- und Siebteile, die zusammen den eigentlichen Leitbündelstrang bilden, liegen radienartig in mehr oder weniger grosser Zahl nebeneinander. In den Wurzeln der Dikotylen (Fig. 76) ist die Anzahl der Gefässtränge eine sehr kleine (2 bis 4, selten bis 8), bei den Monokotylen dagegen eine bedeutend grössere, bis 50 und mehr (Fig. 77). Die Wurzeln der Dikotylen sind deshalb hinsichtlich der Leitungsstränge als 2-, 3-, 4-, 5- strahlig oder als diarch, triarch, tetrarch, pentarch zu bezeichnen, diejenigen der Monokotylen als polyarch. Im allgemeinen zeigen die Nebenwurzeln

Fig. 75
se
so
St
fle
mi
tri
zw
ni
en
pe
Ca
ei
Ri
ze

5 Stränge, die Nebenwurzel nur deren 4 auf. Oft werden die einzelnen Stränge durch langgestreckte Parenchymzellen von einander getrennt. Die Entwicklung der Stränge geht in der Wurzel von aussen nach innen (zentripetal) vor sich, d. h. die äussersten, zugleich kleinsten Gefässe die ältesten sind. Nach der Mitte zu liegen die jüngeren, die weitleumig und meist stark verdickt sind. Während in vielen Fällen die Holzstränge in der Mitte zusammen-treten (Fig. 76), wird in andern Fällen die Mitte von einem markartigen Gewebe oder einem Festigungsgewebe (letztere besonders bei dickeren Monokotylenwurzeln) eingenommen (Fig. 77).

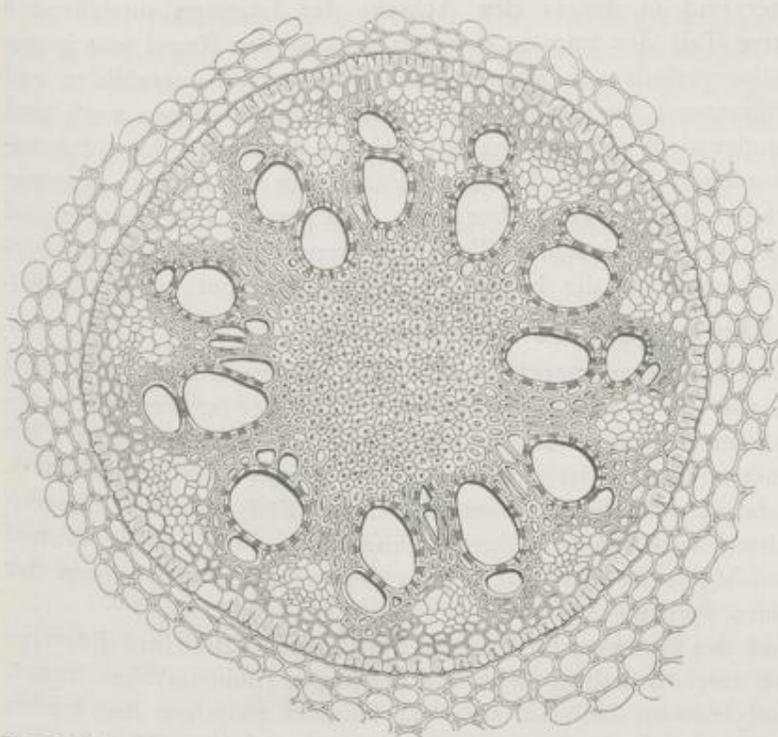


Fig. 77. Polyarcher Leitbündelstrang aus der Wurzel von *Veratrum album*. Endodermis stark ausgebildet, über den Holzteilen die nicht verdickten Durchlasszellen, im Zentrum das mechanische Verbindungsgewebe.

serpflanzen (Helodea, Potamogeton etc.), bei denen besonders der Holzteil schwach ausgebildet ist (Fig. 78). An Stelle der Gefässe treten schizogene Hohlräume.

Einen stark abweichenden Bau weisen die Pflanzen mit fleischigen Wurzeln auf. Auf einem Schnitt durch die fleischige Wurzel der roten Rübe (Beta) können wir schon mit blossem Auge leicht eine grössere Zahl von konzentrischen Zonen feststellen. Da es sich hier um eine ein- oder zweijährige Pflanze handelt, können die Ringe natürlich nicht etwa als Jahresringe angesprochen werden. Die Ringe entstehen vielmehr dadurch, dass in derselben Vegetationsperiode nacheinander in konzentrischer Anordnung neue Cambien ausgebildet werden. Wenn nämlich ein Cambium eine Zeitlang als solches tätig gewesen ist, stellt es sein Wachstum ein. Weiter aussen in der Rinde erscheint dann ein neues Cambium. Auf diese Weise können bis zu zehn konzentrische Ringe gebildet werden. In vielen andern fleischigen Wurzeln (Runkel- und

Auch die Entwicklung der Siebstränge erfolgt von aussen nach innen; diese erreichen jedoch niemals die Mitte der Wurzel. In älteren Wurzeln kommt es nicht selten vor, dass das ganze Gewebe, welches zwischen den Gefässsträngen liegt (selbst der Perizykel) verholzt. Bei den Dikotylen und den Gymnospermen schiebt sich zwischen die Sieb- und Holzteile das Cambium ein, welches das sekundäre Dickenwachstum dieser Gewächse ermöglicht. Selten (bei Gräsern und Cyperaceen) kommt es gelegentlich vor, dass die Gefässe den Perizykel durchbrechen und dann unmittelbar an die Epidermis anstossen. Stark reduzierte Leitbündel besitzen die monokotylen Was-

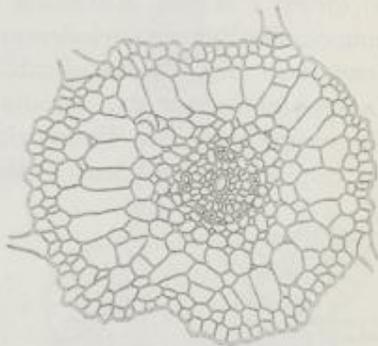


Fig. 78. Querschnitt durch die Wurzel von *Potamogeton*. In der Mitte der stark reduzierte Leitbündelstrang.

Zuckerrübe, Kohlrübe etc.) besteht die Hauptmasse der Gewebe aus dünnwandigem Parenchym, in welchem die Leitbündel zerstreut eingelagert erscheinen.

Der Spross.

An dem Sprosse der höheren Pflanzen können wir nach der Form und der Funktion zwei verschiedene Parteien unterscheiden, nämlich den vegetativen und den reproduktiven Sprosstheil oder die Blütenregion. Der erstere bildet während der ganzen Vegetationszeit den Hauptteil des Pflanzenkörpers und gliedert sich in den Hauptspross oder die Hauptachse, in die Blätter und in die in den Achseln der letzteren entstehenden Seitensprosse. Der reproduktive Teil der Sprosse dagegen tritt in der Regel erst gegen Ende einer bestimmten Vegetationsperiode auf, um die Geschlechtsorgane auszubilden und damit die Vermehrung der Pflanzenart zu ermöglichen. Ihrem inneren Wesen nach sind die beiden Sprossarten voneinander nicht verschieden; vielmehr ist der reproduktive Sprosstheil nur als eine mit einer besonderen Aufgabe betrauten Partie des vegetativen Sprosses anzusehen. Mit der veränderten Funktion geht aber auch eine grosse Veränderung und Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der einzelnen Teile des reproduktiven Sprosstückes Hand in Hand, sodass es am besten ist, die beiden Sprosstheile getrennt zu behandeln.

Der vegetative Spross.

An der aus der Samenschale herausgetretenen Keimpflanze lassen sich leicht zwei wichtige Organe unterscheiden, die Wurzel, die unter dem Einfluss der Schwerkraft senkrecht nach abwärts wächst und der Spross, der sich im allgemeinen aufrecht stellt. An der Spitze dieser beiden elementaren Organe ist stets ein teilungsfähiges (meristematisches), embryonales Gewebe ausgebildet, durch dessen ununterbrochene Tätigkeit das Längenwachstum dieser Organe vermittelt wird. Solche Parteien, die sich sowohl an der Wurzel wie am Spross befinden, heissen Vegetationspunkte. In den meisten Fällen nimmt der Vegetationspunkt die Spitze eines Sprosses ein.

Der jugendliche Zustand des Sprosses, in welchem Spross und Blätter ihre definitive Grösse und Gestalt noch nicht erreicht haben, wird als Knospe (plumula) bezeichnet. Bei der Keimpflanze der Dikotyledonen befindet sich die Plumula zwischen den beiden Keimblättern, bei den Monokotyledonen in der Regel an der Seite des einzigen Keimblattes. Besonders deutlich sind die Knospen bei mehrjährigen Kräutern, bei Sträuchern und Bäumen ausgebildet, welche in periodischem Wechsel ihr grünes Kleid verlieren. In der bei diesen Pflanzen alljährlich wiederkehrenden Ruhepause (in unsern Breiten Winterruhe) sammeln die Pflanzen wiederum Kräfte zur Ausbildung von neuen Knospen. Bei einjährigen Gewächsen tritt die Knospenbildung nicht so deutlich hervor. Ueberhaupt findet sich ein Knospenschutz nur da, wo die Vegetation eine Unterbrechung erleidet, also in Klimaten mit ausgesprochener Periodizität, wo eine grosse Gefahr gegen Austrocknung besteht. Bei tropischen Gewächsen fehlen deshalb im allgemeinen die Knospenhüllen. In der Regel wird eine Knospe aus einer grösseren Anzahl von kleinen, dachziegelartig einander sich deckenden Blättern gebildet, welche dicht um die verkürzte Sprossachse gruppiert sind. Beim Durchschnitt durch eine Knospe können wir in der Grösse der Knospenblättchen ein Abnehmen nach dem Zentrum zu wahrnehmen. Die Knospenschuppen stellen ungebildete, eigentümlich modifizierte Blätter dar, die statt als Ernährungsorgane als Schutzorgane funktionieren. Es sind kleine, ungestielte, ungeteilte, schuppenförmige Blätter mit breiter Basis, die kein oder nur sehr wenig Chlorophyll enthalten. Ihre Zellen sind dick-

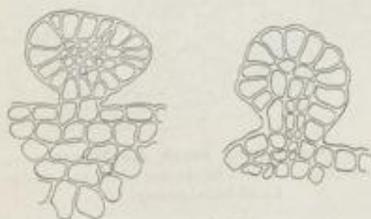


Fig. 79. Zottenschuppen der Rosskastanie.

wandiger als diejenigen der Laubblätter, häufig verkorkt oder verholzt. Sie besitzen keine lange Lebensdauer, sondern werden bei der Entfaltung der Laubblätter gewöhnlich abgeworfen. Häufig, wie z. B. bei der Rosskastanie, sind die äussersten Blätter der Winterknospen braun gefärbt und mit einer klebrigen Substanz, die in besonderen Organen in den sog. Leimzotten oder Zottenschuppen gebildet wird (Fig. 79), überzogen. Diese harzige Substanz schützt die jugendlichen, zarten Blätter gegen Witterungseinflüsse, gegen starke Besonnung, gegen zu starke Wasserverdunstung wie auch gegen Austrocknung, welchen Gefahren diese Pflanzen besonders im Winter, wo die Pflanzen dem gefrorenen Boden keine Feuchtigkeit entnehmen können, ausgesetzt sind. Neben Harz kann auch Gummi ausgeschieden werden oder die Knospenschuppen zeigen einen schwachen Wachsüberzug.

Bei dem Grossteil der perennierenden Pflanzen der gemässigten und arktischen Zonen sind die Knospen mit einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Knospenschuppen bedeckt. Doch gibt es auch sog. nackte Knospen (*gemma nuda*), wo eigentliche Knospenschuppen fehlen. Hier übernehmen die jugendlichen Laubblätter, die mit einem dichten, gegen Kälte und Austrocknung etc. wirksamen Kleide von weissen, luftgefüllten, zuweilen Harz führenden Haaren bedeckt sind, die Aufgabe der Knospenschuppen. Von einheimischen Sträuchern besitzt z. B. der wollige Schneeball (*Viburnum lantana*, Fig. 80) derartige nackte Knospen. Ähnliche Verhältnisse zeigen *Cornus sanguinea*, Epheu (*Hedera helix*), *Rhamnus frangula* und der Wacholder (*Juniperus*). Zuweilen kommt es auch vor (Erle), dass die Nebenblätter die Knospendeckung übernehmen. Jedenfalls stellen die nackten Knospen die ursprüngliche Knospenform dar, die einem gleichmässig warmen und feuchten Klima entspricht. Bei einzelnen Holzpflanzen (z. B. bei der Platane) ist der Blattstiel am Grunde ausgehöhlt und umschliesst haubenartig die in der Blattachsel stehende Knospe. Dadurch gelangt diese erst beim Blattfall zum Vorschein.

Im Innern der Knospe liegt wohlgeborgen der flach-kegelförmige bis zylindrisch-kegelförmige Vegetationspunkt. In seiner Gestalt deutet er bereits die Form des neuen Sprosses, der sich aus ihm gliedert, vorbereitend an. Denn flache und breite Sprosse besitzen einen breiten, schwach konvexen Vegetationspunkt, langgestreckte Sprosse dagegen einen solchen von mehr zylindrischer Gestalt (Fig. 81). Der Vegetationspunkt ist aus meristematischem Gewebe auf-



Fig. 80. Nackte Knospen vom wolligen Schneeball (*Viburnum lantana*)

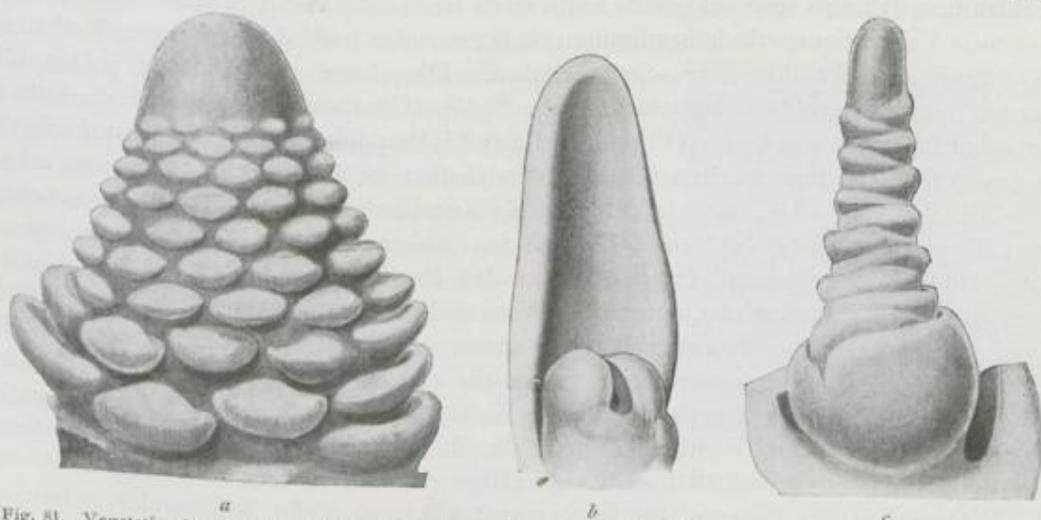


Fig. 81. Vegetationskegel, a vom Tannenwedel (*Hippuris*), b vom Flieder (*Syringa*), c vom Ruchgras (*Anthoxanthum*). Bei a sind die jungen Blattanlagen deutlich zu sehen.

gebaut, das sich aus kleinen, dicht mit Plasma erfüllten, zartwandigen Zellen zusammensetzt. In Form von kleinen Erhöhungen lassen sich an demselben bereits die ersten Blattanlagen erkennen. Diese wachsen dann später zu den Blättern aus, in deren Achseln sich in der Regel Knospen ausbilden. Die jüngsten Blattanlagen befinden sich stets am nächsten vom Vegetationspunkt. Das Wachstum der höheren Pflanzen ist also im Gegensatz zu den Tieren ein unbegrenztes. Denn bei den letztern kommt das Wachstum in einem gewissen Stadium zum Stillstande. Eine besondere Gruppe von Knospen stellen die sog. Winterknospen oder Hibernakeln (auch Turionen geheissen) verschiedener Wasserpflanzen



Fig. 82. Winterknospe vom Wasserschlauch (*Utricularia vulgaris*).

dar, wie wir sie bei verschiedenen Potamogeton- und Utricularia-Arten (Fig. 82), bei der Wasserfeder (*Hottonia palustris*), bei *Hydrilla* (vgl. Taf. 20, Fig. 3) leicht beobachten können. Es sind dies Knospen von länglicher oder rundlicher Gestalt, welche bald an der Spitze des Stengels stehen, bald aus kurzen Seitenzweigen hervorgehen. Diese Winterknospen trennen sich im Herbst von der Mutterpflanze los, bohren sich mit ihren spitzen Enden in den Schlamm der Gewässer ein oder werden von der auf den Boden sinkenden Pflanze in die Tiefe gezogen. Erst im Frühjahr des folgenden Jahres lösen sie sich von den inzwischen abgestorbenen Resten los und wachsen rasch zu neuen Pflanzen aus. In den Knospen sind die für die nächste Vegetationsperiode bestimmten Organe bereits angelegt, weshalb eine Reihe von Stauden und Holzgewächsen schon im zeitigen Frühjahr zur Blüte gelangen kann, so z. B. die Frühlings-Heide (*Erica carnea*), die Kornelkirsche (*Cornus mas*), der Seidelbast (*Daphne mezereum*), der gelbe Winterling (*Eranthis hiemalis*), das Leberblümchen (*Anemone hepatica*), der Pfirsich, der Schlehdorn (*Prunus spinosa*) usw. Andererseits ist es auch leicht verständlich, dass die für die folgende Vegetationsperiode bestimmten Anlagen unter besonders günstigen Verhältnissen schon früher zur Entfaltung gelangen können. Dies kann man fast in jedem milden Winter bei der Erdbeere, beim blauen Frühlings-Enzian (*Gentiana verna*), beim Leberblümchen, bei der schaftlosen Schlüsselblume (*Primula acaulis*), bei *Polygala chamaebuxus* usw. beobachten. Auch das Auftreten einer zweiten Blüte im Spätherbst ist in ähnlicher Weise zu erklären.

Nicht immer bilden sich jedoch alle als Knospen angelegten Seitensprosse wirklich auch zu Zweigen aus. So bleiben z. B. bei den meisten Bäumen die Achselknospen der untersten Blätter eines jeden Jahrestriebes in der Entwicklung zurück. Bei den Caryophyllen entwickelt nur das eine der zwei gegenständigen Blätter Achselknospen und Triebe. Dagegen können solche Knospenanlagen später, nachdem sie jahrelang in Ruhe verharren, durch Verletzungen oder dann, wenn die oberen Teile absterben, zur Entfaltung angeregt werden. Sie werden als schlafende Knospen oder schlafende Augen bezeichnet. Besonders bei Pappel- und Weidenstämmen, die ihrer Krone oder ihres Stammes beraubt worden sind, kann man nicht allzu selten derartige Adventivsprosse beobachten.

Während in der Knospe die Blätter anfänglich so dicht beieinander stehen, dass zwischen ihnen meist gar keine freien Stengelteile übrig bleiben, rücken die Blätter der

ju
sog
au

ste
da
die
bei
pe
Be
Ha
sar
die
de
W
jäh
Fa
rog
die
Ab
ein

jungen Pflanze bei eintretendem Längenwachstum allmählich auseinander. Es bilden sich die sog. Internodien aus, das sind Sprossstücke, die sich je zwischen den Ansatzstellen zweier aufeinander folgenden Blätter bzw. Blattgruppen (Quirlen oder Wirteln) befinden. Besonders deutlich treten die Internodien bei den echten oder Süssgräsern (Gramina) zutage, wo Anfang und Ende der Achsenglieder durch Knoten (nódi), an denen die Blätter entspringen, scharf markiert sind. Die knotenförmigen Anschwellungen werden in der Regel nicht von dem Stengel selbst, sondern von der knotenförmig verdickten Basis der Blattscheide, welche den meist hohlen Stengel ein Stück weit umschliesst, gebildet (Scheidenknoten). Die Ausbildung der Internodien ist bei den einzelnen Pflanzenarten ausserordentlich verschieden.

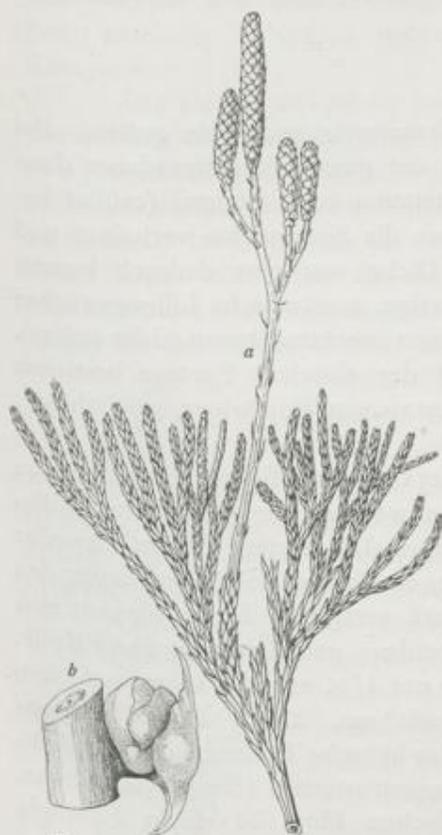


Fig. 83. *Lycopodium complanatum* var. *chamaecyparissus*. a Habitus. Internodien der sterilen Sprosse sehr kurz. b Geöffnetes Sporangium.

Bei vielen im Walde oder im Gebüsch vorkommenden Pflanzen, z. B. beim Riesen-Schwingel (*Festuca gigantea*), bei der rauhen Trespe (*Bromus asper*), beim nickenden Perlgras (*Melica nutans*), beim hohen Baldrian (*Valeriana officinalis*), beim roten Hasenlattich (*Prenanthes purpurea*) etc. finden sich recht lange, gestreckte Internodien. Es sind dies alles solche Pflanzen, welche auf hohen, schlanken Stengeln ihre Blätter über ihre Umgebung emporheben und in eine möglichst günstige Licht-



Fig. 84. Blattrosette einer Hauswurz (*Sempervivum*).

stellung bringen wollen. Bei Pflanzen von sehr sonnigen oder trockenen Standorten dagegen werden die Internodien oft sehr klein, sodass die Blätter einander fast zu decken scheinen, wie z. B. beim Mauerpfeffer (*Sedum acre*), beim Seviebaum (*Juniperus sabina*), bei Lycopodien (Fig. 83), Selaginella usw. Bei den Rosettenpflanzen (Semperviven, Fig. 84) ist die Hauptachse stark gestaucht und die Blätter gehen gleichsam alle von einem Punkte aus. Aehnlich verhalten sich die sog. Wurzelrosetten, bei welchen die Laubblätter dem Boden direkt aufliegen, wie wir dies z. B. bei den Wegetrittarten (*Plantago*) und bei vielen ein- und zweijährigen Cruciferen beobachten können. Auch bei vielen Farnen, Palmen und vor allem in den Blüten der Phanerogamen bleiben die Internodien sehr kurz. Zwischen diesen extremen Formen sind alle Uebergänge in vielen Abstufungen vorhanden; überhaupt hängt der Habitus einer Pflanze wesentlich von der Länge der Internodien



Fig. 85. *Androsace Helvetica*, weissblühende, hochalpine Polsterpflanze. Aufgenommen am Schlern (Südtirol). Phot. Dr. A. Eichinger, Halle a. S.

ab. So verdanken zahlreiche hochalpine Polsterpflanzen (*Silene acaulis*, *Androsace Helvetica* [Fig. 85] und *glacialis*, *Cherleria sedoides*, *Saxifraga Burseriana*, *bryoides*, *Seguierii* etc.) ihren auffälligen Habitus zum grossen Teil (neben den stark gestauchten Sprossachsen) der schwachen Entwicklung der Internodien. Diese sind so kurz, dass sich die Blättchen gleichsam decken.

Die Sprossachse.

In der Jugend ist die Sprossachse meist weich, krautartig und grün gefärbt. Bei vielen Pflanzen, so bei den Kräutern, behält sie während der ganzen Vegetationsdauer diese krautartige Beschaffenheit bei; sie wird dann als Krautstamm oder Stengel (*caulis*) bezeichnet. Bei den Bäumen und Sträuchern dagegen kann die Sprossachse verholzen und durch ein besonderes Teilungsgewebe (*Cambium*) in die Dicke wachsen; dadurch kommt der Stamm (*truncus*) zur Ausbildung. Verschiedene baumartige, ausländische Liliengewächse (*Draecana*, *Yucca*), viele Palmen und Baumfarne besitzen einen unechten Stamm (siehe später).

Die Art der Verzweigung und die Beschaffenheit der einzelnen Sprosse bestimmt auch die Lebensdauer des Pflanzenstockes. Es gibt Pflanzen von einjähriger, zweijähriger und mehrjähriger Vegetationsdauer.

Die einjährigen (*annuellen* oder *monozyklischen*) Pflanzen entwickeln im Laufe einer einzigen Vegetationsdauer (oft von wenigen Monaten) die assimilierenden Organe, die Blüten, Früchte und Samen. Die letztern keimen entweder im Spätherbst oder im Frühjahr des kommenden Jahres. Besonders unter den Unkräutern sind die einjährigen Pflanzen stark vertreten. In der alpinen und arktischen Region spielen sie eine recht bescheidene, ganz untergeordnete Rolle. Von der österreichischen Alpenflora gehören nur 4%, von der schweizerischen Nivalflora 3,8% zu den einjährigen Gewächsen, z. B. einige Enziangewächse (*Gentiana nivalis*, *nana*, *tenella*), das hübsche Tauernblümchen (*Pleurogyne Carinthiaca*), verschiedene kleine Augentrostarten (*Euphrasia minima*, *Salisburgensis*, *alpina*) usw. Aus der arktischen Flora ist einzig *Koenigia Islandica*, eine kleine *Polygonacee*, einjährig. Interessant ist es auch, dass verschiedene einjährige Pflanzen der Ebene in den Alpen mehrjährig werden können (*Poa annua*, *Arenaria serpyllifolia*, *Senecio viscosus*, *Viola tricolor*). Nicht selten trägt bei den einjährigen Arten nur die Hauptsprossachse eine Blüte, z. B. bei *Silene conica* (Fig. 86).



Fig. 86. *Silene conica*.
Typus einer einjährigen Pflanze.
a Habitus (wenig verkleinert).
b Kronenblatt mit Nebenkrönchen. c Frucht von aussen.

Die zweijährigen oder biennen (auch *dizyklischen*) Pflanzen bilden bis zum Herbst des ersten Jahres Wurzeln und Blätter aus, also diejenigen Organe, welche der Ernährung dienen. Die Internodien sind in der Regel nicht entwickelt; die Blätter stehen dicht zusammen und bilden eine grundständige Blattrosette. Im Frühjahr des kommenden Jahres geht dann aus der Mitte der Rosette der blütentragende Hauptspross mit gestreckten Internodien hervor. Nachdem dann die Früchte ausgereift sind, stirbt die ganze Pflanze ab. Einzelne Dikotyledonen bilden im Laufe des Sommers eine dicke Pfahlwurzel aus (*Beta vulgaris*, *Daucus*), in welchen sich die Nährstoffe zur Sprossentwicklung des nächsten Jahres ablagern. In der einheimischen Pflanzenwelt sind zweijährige Gewächse, besonders bei den Kreuzblütlern oder Cruciferen (*Teesdalea nudicaulis*, *Lepidium graminifolium*, *Thlaspi arvense*, *Isatis tinctoria*, *Alyssum calycinum*), den Scrophulariaceen (*Scrophularia vernalis*, *Verbascum blattaria*, *Veronica triphyllos*, *Digitalis purpurea*), bei den Umbelliferen (*Pastinaca sativa*, *Libanotis montana*, *Conium maculatum*, *Archangelica officinalis*) etc. vertreten.

Die zweijährigen Pflanzen fehlen in den warmen Ländern vollständig; sie kommen besonders in mittelwarmen Breiten vor. Bei den einjährig überwinternden Arten keimt der Samen bereits im Herbst; die Pflanze blüht und fruchtet im folgenden Frühjahr oder Sommer. Zahlreiche Süßgräser, wie *Bromus sterilis*, *tectorum* und *secalinus*, *Hordeum murinum*, *Scleropoa rigida*, *Aira praecox* und *caryophyllea* etc. gehören in diese Kategorie.

Die ausdauernden (perennierenden oder polykarpen) Pflanzen sind befähigt alljährlich aus den ausdauernden, in oder auf dem Erdboden liegenden, krautigen oder nur wenig verholzten Stammteilen neue oberirdische, „photophile“ Sprosse zu erzeugen und so auch nach dem Abwerfen der vergänglichen, oberirdischen, nicht krautartigen Organe am Leben zu bleiben. Im Gegensatz zu den ein- und zweijährigen Gewächsen blühen die Perennen in der Regel mehrmals; sie sind polykarpisch, während die beiden ersten Gruppen als hapaxanthisch oder monokarpisch zu bezeichnen sind. Allerdings gibt es auch unter ihnen einige, die nur einmal blühen, sich also hapaxanthisch verhalten. Die Perennen sind ent-

weder Stauden, wenn die ausdauernden Organe unterirdisch bleiben oder sich nur wenig über den Boden erheben, oder aber Sträucher (*frútex*) und Bäume (*árbor*) wenn die über den Boden heraustretenden Teile verholzen. Mittelformen zwischen Stauden und Sträuchern werden als Halbsträucher (*suffrútex*) bezeichnet.

Das fortwachsende Ende des Sprosses, an welchem die jungen Blätter meist dicht gedrängt stehen und die Sprossspitze mit dem Vegetationspunkt einhüllen, heisst End- oder Terminalknospe. Als Seitenknospen werden die noch im jugendlichen Zustande befindlichen Seitenzweige des Hauptsprosses bezeichnet. In der Regel ist die Endknospe bedeutend stärker entwickelt als die Seitenknospen (Fig. 88). Eine Knospe heisst Blattknospe (*gemma foliipara*), wenn sie nur junge Anlagen von Blättern enthält, Blütenknospe (*gemma floripara*) dagegen, wenn sie die jugendlichen Anlagen von einer bzw. vielen Blüten aufweist (Fig. 87).

In der Regel besteht zwischen dem Orte der Bildung von neuen Seitensprossen und den Blättern des Muttersprosses eine gesetzmässige Beziehung. Bei den Blütenpflanzen entstehen die Seitensprosse axillär, d. h. sie werden in den Blattachseln zwischen einem Blatt und dem Mutterspross gebildet und zwar meistens unmittelbar über einem Blatte, das dann als Deck-, Stütz- oder Tragblatt (*bractéa*) bezeichnet wird. Die Seitenknospen entwickeln sich immer gleichzeitig mit den Anlagen der Blätter. In der Regel bildet sich in jeder Blattachsel nur eine einzige Knospe aus, die in den allermeisten Fällen in deren Mitte (Medianebene), selten schief (*Ulme*, *Buche*) steht. Allerdings treten bei verschiedenen Arten auch mehrere sog. akzessorische Knospen in einer Blattachsel auf. Diese können dann nebeneinander, also in der Mittellinie des Tragblattes (kollateral) oder übereinander (serial)



Fig. 87. Längsschnitt durch eine Blütenknospe der Rosskastanie.



Fig. 89. Seriale Knospen von *Lonicera*.



Fig. 88. End- und zwei Seitenknospen von der Rosskastanie.



Fig. 90. Kollaterale Knospen von *Muscari*.

stehen (Fig. 89). Kollaterale Beisprosse finden wir z. B. in den Achseln der Zwiebelschuppen (Fig. 90) vieler Liliaceen (Muscari, Allium) und Araceen, seriale z. B. in den Blattachseln verschiedener Geissblattpflanzen (Lonicera) und beim Walnussbaum. Gelegentlich kommt es auch vor, dass die Knospen ausserhalb der Blattachseln sich bilden. Bei einzelnen Farnen (auch bei einheimischen Arten) können sie auf dem Rücken des Blattgrundes, auf dem Blattstiel, auf der Blattspreite oder seitlich neben dem Blatte sitzen. Sog. blattbürtige Knospen kommen bei verschiedenen Monokotyledonen vor. Bei einzelnen Ornithogalum-Arten (z. B. bei *O. caudatum*) sitzen die Brutzwiebeln auf der Aussenseite der Zwiebelschuppen, bei *Allium magicum* aus Algier sogar ganz oben an der Spitze eines Laubblattes. Andererseits gibt es auch Blätter, welche in ihren Achseln niemals Knospen hervorbringen (viele Farne [z. B. *Ophioglossum*], Cycadeen, Palmen).

Verschiedene Gewächse zeigen auf demselben Individuum ein doppeltes Wachstum der Sprosse. Einerseits kommen Sprosse mit sehr deutlichen Internodien vor, die stark in die Länge wachsen; es sind dies die sog. Langtriebe. Andererseits können die Triebe stark gestaucht sein, kurz bleiben und dicht von Blättern bedeckt sein; es sind dies die Kurztriebe. Bei den meisten Bäumen befinden sich dieselben ganz unten am Jahrestrieb. Bei der Lärche sitzen an den langen, rutenförmigen Zweigen in Büscheln (Fig. 91) die grünen, nadelförmigen, sommergrünen Blätter. Jedes Büschel, das auf einer stark gestauchten, mit scheidenartigen Niederblättern besetzten Axe sitzt, stellt einen Kurztrieb dar, dessen Internodien unentwickelt geblieben sind. Auch die Nadelbüschel der Föhren (*Pinus*) repräsentieren derartige Kurztriebe. Bei der Wald-Föhre (*Pinus silvestris*) sind immer zwei Nadeln, bei der Zirbelkiefer oder Arve (*Pinus cembra*) stets fünf Nadeln zu einem Kurztriebe vereinigt. Die Langtriebe besitzen ein unbegrenztes, die Kurztriebe ein begrenztes Längenwachstum. In der Regel verzweigen sich die Kurztriebe nicht und leben nur wenige Jahre. Bei der Buche treten mehrjährige Kurztriebe auf, welche jedes Jahr einige Blätter und zugleich die Blüten, sofern diese überhaupt zur Entwicklung gelangen, tragen. Bei den meisten unserer einheimischen Bäume entwickeln sich die Blüten und Früchte an den Kurztrieben (Kirsche). Bei andern Arten tragen die Kurztriebe Laubblätter, bei wieder andern werden sie zu Dornen (Fig. 121), z. B. beim Schwarzdorn (*Prunus spinosa*) und beim Weissdorn (*Crataegus oxyacantha*). Verschiedene Bäume werfen im Herbst und Winter freiwillig ihre Kurztriebe ab, was zuweilen durch Bildung einer besondern Ablösungsschicht erleichtert wird (Weide, Eiche, Ulme, Esche, Walnussbaum etc.).

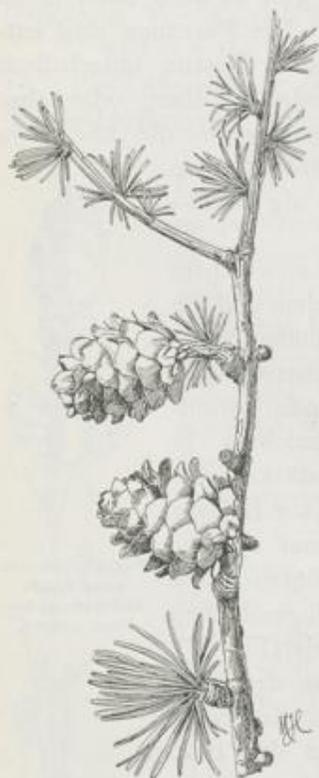


Fig. 91. Lang- und Kurztriebe von der Lärche (*Larix decidua*).

Nach der Art der Verzweigung der Sprossachsen können wir 1. monopodiale, 2. gabelige oder dichotome und 3. sympodiale Verzweigungssysteme unterscheiden. Bei der monopodialen oder seitlichen Verzweigung wächst die Hauptachse stets stärker als ihre Seitenachsen und behält unverändert die gleiche Hauptrichtung bei. Die Achse ist hier also einfach, daher Einfussachse oder Monopodium. Derartige Verzweigungssysteme zeigen z. B. die Weisstanne, Fichte, Araucaria sowie unsere meisten Laubbäume. Dichotomie kommt dann zustande, wenn der Sprossscheitel sich in zwei oder mehrere, gewöhnlich gleich starke Zweige teilt, die in anderer Richtung als die Hauptachse weiterwachsen und

gewöhnlich gleich grosse Winkel mit der ursprünglichen Wachstumsrichtung bilden. Wenn zwei Zweige vorhanden sind, sprechen wir von Dichotomie, wenn drei oder mehr da sind, von Trichotomie bezw. Polytomie. Sehr oft kommt die Dichotomie dadurch zustande, dass die Stammspitze abstirbt und die Seitenzweige unter derselben in anderer Richtung als die Hauptachse weiterwachsen, wie wir dies besonders bei Pflanzen mit gegenständigen Blättern und endständigen Blütenständen konstatieren können (Mistel, Baldrian, Flieder, Ahorn, Rosskastanie etc.). In frühern Erdperioden war die dichotome Verzweigung viel verbreiteter als gegenwärtig. Bei der sympodialen Verzweigung handelt es sich um eine Scheinachse, d. h. um eine Kettenachse (Sympodium), die aus einer Reihe von Trieben aufgebaut ist, die verschiedenen Generationen angehören. Sie kommt im allgemeinen dadurch zustande, dass eine Seitenachse in der Richtung der Haupt- oder Mutterachse fortwächst und das oberhalb der Seitenachse liegende Stück der Hauptachse zur Seite drängt. In der Regel hat das Sympodium auch die Stärke der Hauptachse. Sympodiale Verzweigung finden wir bei vielen Wurzelstöcken (Orchideen, Juncaceen, Gräsern [Fig. 93], Polygonatum), bei den Blütenständen vieler Solanaceen und Borragineen.



Fig. 92. Schematische Darstellung der Verzweigung der Solanaceen (nach Eichler), a von *Atropa belladonna*, b von *Solanum nigrum*, I, II successive Sprossgenerationen, δ Deckblatt von I; α, β Vorblatt von I und zugleich Deckblatt von II, α', β' Vorblatt von II und zugleich Deckblatt von III; c Teil einer Blütenraube von *Thesium*. α und β Vorblätter, b Tragblatt.

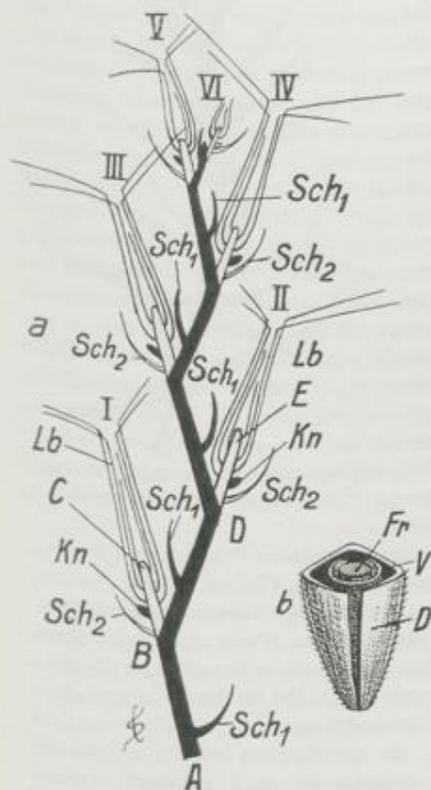


Fig. 93. Sympodiale Verzweigung von *Nardus stricta*. Die Grundachse (schwarz) wird aus 6 Sprossgenerationen gebildet. In der Achsel des untersten Schuppenblattes (Sch_1) entsteht ein Seitenspross (A B D), der ein Stück weit (bis B) mit dem Hauptsporn A B C verwachsen ist. Er übernimmt die Fortsetzung der Grundachse, während der eigentliche Hauptsporn B C mit den Laubblättern (Lb) und der Knospe (Kn) als Seitenspross über die Erde tritt (nach Irmisch und Schröter).

Ausserdem können gelegentlich eigentümliche Verschiebungen auftreten; so kann eine Seitenknospe scheinbar oben auf ihrem Tragblatt sitzen oder das Tragblatt kann auf dem Achselspross inseriert sein, wie dies z. B. bei den Blütenständen von *Thesium*, *Samolus* etc. der Fall ist. Bei vielen *Thesium*-Arten (Fig. 92 c) befinden sich unter der Blüte scheinbar 3 gleichartige Blättchen, 2 davon (α und β) sind die Vorblätter der Blüte, während b das Tragblatt des Achselsprosses, auf welchem es zu den Vorblättern hinaufgerückt ist, darstellt. Aehnliche Verschiebungen kommen bei den Nachtschattenpflanzen (Solanaceen) vor. Bei der Tollkirsche (Fig. 92 a) und beim Stechapfel rückt das Deckblatt um die Länge eines Internodiums auf den von ihm gestützten Seitenspross hinauf. Diese Verschiebungen wiederholen sich in dem ganzen cymösen Verzweigungssystem, so dass bei *Atropa* unter jeder Blüte immer 2 Blätter stehen, ein kleineres ($\alpha, \alpha', \alpha''$ usw.), das Vorblatt der betreffenden Blüte und ein grösseres ($\beta, \beta, \beta', \beta''$ usw.), das Tragblatt des Blüten-sprosses. Bei anderen Solanaceen (*Solanum nigrum*, *dulcamara* etc.) wird der Blüten-spross durch Verwachsung mit dem Hauptsporn aus der Achsel seines Tragblattes emporgehoben (Fig. 92 b), so dass er oberhalb desselben — jedoch ohne Tragblatt — aus dem Hauptsporn zu entspringen scheint. Auch bei *Sparganium simplex* ist der blütenstandtragende Seitenspross aus der Achsel emporgerückt und mit dem Hauptsporn ein Stück weit verwachsen. Eine ähnliche, zickzackförmige Scheinachse, die aus den Fussstücken der übereinander folgenden Achsengenerationen zusammengesetzt ist, finden wir bei *Nardus stricta* (Fig. 93). Auch die Verzweigungen der Weinranken sind sympodialer Natur. Die Spitzen der Achsen (die einzelnen Achsen I, II, III, IV sind in Fig. 94 abwechselnd schraffiert) werden abwechselungsweise zur Seite gedrängt und zu fadenförmigen Ranken umgebildet.

Für den Habitus einer Pflanze ist neben der Länge bzw. die Kürze der Internodien vor allem die Anordnung der Blätter am Spross von grosser Bedeutung. Durch die ausgedehnten Untersuchungen von Karl Schimper, Alexander Braun und die Gebrüder Bravais wurde in den Jahren 1830 bis 1839 festgestellt, dass die Blätter

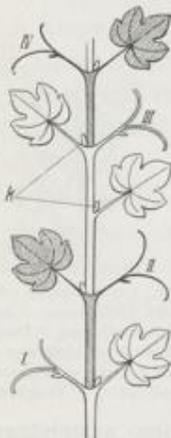


Fig. 94. Zweig der Weinrebe (*Vitis vinifera*, schematisiert), nach Eichler. *Knospen in den Achseln der Laubblätter.

am Sprosse in ganz gesetzmässiger, symmetrischer Weise angeordnet sind und dass sich hierüber auch ganz bestimmte Regeln aufstellen lassen (Blattstellungslehre oder Phyllotaxis). Als die wichtigsten Stellungsverhältnisse an mehr oder weniger senkrecht wachsenden (orthotropen) und radiär gebauten Sprossachsen mögen die wirtelige oder quirlige und spiralige oder zerstreute Blattstellung genannt sein. Bei der ersteren sind an jedem Stengelknoten stets zwei bis viele Blätter auf derselben Querzone vorhanden, während bei der spiraligen Blattstellung jeder Stengelknoten nur ein einziges Blatt trägt. Die Blätter in dem Quirle entstehen in der Regel gleichzeitig und sind jeweilen durch gleich grosse, horizontale Abstände getrennt (Divergenz). Gewöhnlich alternieren die Blätter in den aufeinanderfolgenden Quirlen, d. h. die Blätter eines Quirls stehen über den Zwischenräumen des unteren Blattquirls (Fig. 95). Stehen nur 2 Blätter einander gegenüber, so spricht man von gegenständigen Blättern (*folia opposita*). Ziemlich verbreitet ist der zweizählige alternierende Quirl, auch gekreuzte oder decussierte Blattstellung geheissen (*f. decussata*). Diese Stellung ist als eine sehr zweckmässige zu bezeichnen, da sie eine gleichmässige Verteilung in der Stengelperipherie ermöglicht, ohne dass die einzelnen Blätter einander zu stark beschatten. Der seitliche Abstand entspricht, hier der Hälfte des Stengelumfangs, beträgt also 180° . Die Blätter stehen in 4 Längsreihen oder in Orthostichen. Gekreuzte gegenständige Blattstellungen finden wir bei den Lippenblütlern, bei der Esche, Ahorn, beim Flieder, bei *Urtica*, *Asclepias*, *Dianthus* etc. Stehen

alle Blätter des zweigliedrigen Quirls in 2 Längsreihen, so spricht man von $\frac{1}{2}$ Blattdivergenz, wie wir sie z. B. bei den Süssgräsern und besonders schön bei einigen Musaceen (*Strelitzia reginae* aus Südafrika und bei dem „Baum der Reisenden“ [*Ravenala Madagascariensis*]) konstatieren können. Bei den Gräsern sind die einzelnen Blätter durch lange Internodien voneinander getrennt. Diese Blattstellung findet sich auch bei Pflanzen mit schiefgerichteten Zweigen, z. B. bei der Ulme und Buche. Bei mehrgliedrigen Quirlen stehen 3, 4, 5 und noch mehr Blätter auf gleicher Höhe der Hauptachse; der horizontale Abstand zwischen zwei benachbarten Blättern beträgt dann jeweilen $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ bzw. 120° , 90° , 72° usw. des Stengelumfangs. Dreigliedrige Quirle bilden 6 Längsreihen, viergliedrige 8, fünfgliedrige 10 Längsreihen u. s. f. Einen dreigliedrigen Blattquirl besitzt z. B. der gemeine Wacholder (Fig. 95), der Weiderich (*Lythrum salicaria*), der Gilb-Weiderich (*Lysimachia vulgaris*), *Epilobium trigonum*, die amerikanische Wasserpest (*Helodea Canadensis*) usw. Auch die Blüten vieler Monokotyledonen (*Tulipa*, *Luzula*, *Juncus*, *Helodea*, *Allium*, *Lilium* etc.) zeigen deutlich eine dreigliedrige Anordnung der Blütenblätter. Einen viergliedrigen Blattquirl weist die Einbeere (*Paris quadrifolia*, *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*) auf; mehrgliedrige Quirle treten bei der Grundnessel (*Hydrilla verticillata*) und bei den Schachtelhalmern (Taf. 9 und 10) auf. Bei den letzteren sind allerdings die Blätter scheidenartig ausgebildet und miteinander verwachsen. Scheinquirle kommen dadurch zustande, dass die Glieder, die ursprünglich einzeln entstanden sind, durch Wachstumsänderung nachträglich einander so stark genähert werden können, dass sie auf ein und derselben Querzone zu stehen scheinen. So können gelegentlich die obersten Blätter der Feuerlilie (*Lilium croceum*) und einzelne Stengelblätter der Türkenbundlilie (*Lilium martagon*) sowie von *Swertia perennis* in Scheinquirlen auftreten. Ebenso sind die Blütenstände der Labiaten und die Blattquirl der Rubiaceen als Scheinquirle aufzufassen. Bei unsern einheimischen Rubiaceen (*Asperula*, *Rubia*, *Galium*, *Sherardia*) werden die Blattquirle meist von 4 bis 8 Blättern gebildet, die in Gestalt, Grösse und Farbe einander vollständig gleichwertig sind. Nur zwei davon, die auch daran zu erkennen sind, dass sie in ihren Achseln Seitenzweige



Fig. 96. Blüten spross von *Asperula Taurina* L. (etwas verkleinert)

ermöglicht, ohne dass die einzelnen Blätter einander zu stark beschatten. Der seitliche Abstand entspricht, hier der Hälfte des Stengelumfangs, beträgt also 180° . Die Blätter stehen in 4 Längsreihen oder in Orthostichen. Gekreuzte gegenständige Blattstellungen finden wir bei den Lippenblütlern, bei der Esche, Ahorn, beim Flieder, bei *Urtica*, *Asclepias*, *Dianthus* etc. Stehen



Fig. 95. Dreigliedriger Blattquirl vom Wacholder (*Juniperus communis*).

alle Blätter des zweigliedrigen Quirls in 2 Längsreihen, so spricht man von $\frac{1}{2}$ Blattdivergenz, wie wir sie z. B. bei den Süssgräsern und besonders schön bei einigen Musaceen (*Strelitzia reginae* aus Südafrika und bei dem „Baum der Reisenden“ [*Ravenala Madagascariensis*]) konstatieren können. Bei den Gräsern sind die einzelnen Blätter durch lange Internodien voneinander getrennt. Diese Blattstellung findet sich auch bei Pflanzen mit schiefgerichteten Zweigen, z. B. bei der Ulme und Buche. Bei mehrgliedrigen Quirlen stehen 3, 4, 5 und noch mehr Blätter auf gleicher Höhe der Hauptachse; der horizontale Abstand zwischen zwei benachbarten Blättern beträgt dann jeweilen $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ bzw. 120° , 90° , 72° usw. des Stengelumfangs. Dreigliedrige Quirle bilden 6 Längsreihen, viergliedrige 8, fünfgliedrige 10 Längsreihen u. s. f. Einen dreigliedrigen Blattquirl besitzt z. B. der gemeine Wacholder (Fig. 95), der Weiderich (*Lythrum salicaria*), der Gilb-Weiderich (*Lysimachia vulgaris*), *Epilobium trigonum*, die amerikanische Wasserpest (*Helodea Canadensis*) usw. Auch die Blüten vieler Monokotyledonen (*Tulipa*, *Luzula*, *Juncus*, *Helodea*, *Allium*, *Lilium* etc.) zeigen deutlich eine dreigliedrige Anordnung der Blütenblätter. Einen viergliedrigen Blattquirl weist die Einbeere (*Paris quadrifolia*, *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*) auf; mehrgliedrige Quirle treten bei der Grundnessel (*Hydrilla verticillata*) und bei den Schachtelhalmern (Taf. 9 und 10) auf. Bei den letzteren sind allerdings die Blätter scheidenartig ausgebildet und miteinander verwachsen. Scheinquirle kommen dadurch zustande, dass die Glieder, die ursprünglich einzeln entstanden sind, durch Wachstumsänderung nachträglich einander so stark genähert werden können, dass sie auf ein und derselben Querzone zu stehen scheinen. So können gelegentlich die obersten Blätter der Feuerlilie (*Lilium croceum*) und einzelne Stengelblätter der Türkenbundlilie (*Lilium martagon*) sowie von *Swertia perennis* in Scheinquirlen auftreten. Ebenso sind die Blütenstände der Labiaten und die Blattquirl der Rubiaceen als Scheinquirle aufzufassen. Bei unsern einheimischen Rubiaceen (*Asperula*, *Rubia*, *Galium*, *Sherardia*) werden die Blattquirle meist von 4 bis 8 Blättern gebildet, die in Gestalt, Grösse und Farbe einander vollständig gleichwertig sind. Nur zwei davon, die auch daran zu erkennen sind, dass sie in ihren Achseln Seitenzweige

entw
mitel
auf d
bei
höher
auf ei

die Bl
Blätte
stellen
einand
netis
den V
bestir
so ste
aufste
1 ent
von 3
reihe
über
 $\frac{2}{3}$ (F
die V
von e
5 Lär
senkr
häuf
zeich
Symp
elasti
phlon
von 1
Haupt
hier
Sämtl
der S
geher
 $\frac{2}{18}$,
Diver
also

Fig. 9
mariti
si

entwickeln, sind als die eigentlichen Laubblätter aufzufassen; die übrigen Blätter dagegen stellen z. T. paarweise miteinander verwachsene Nebenblätter dar. Durch Verwachsung von je 2 benachbarten Nebenblätter entsteht auf diese Weise der viergliedrige Scheinquirl, wie wir ihn z. B. bei *Galium rotundifolium*, *Cruciata*, *palustre*, bei *Asperula Taurina* (Fig. 96) antreffen. Die Scheinquirle höherer Ordnung (*Asperula odorata*, *Galium mollugo*) müssen auf eine Teilung der Spreite der Nebenblätter zurückgeführt werden.

Bei der zerstreuten oder spiralförmigen Blattstellung stehen die Blätter einzeln in verschiedener Höhe an der Sprossachse; solche Blätter nennt man wechselständig. Die Linie, welche die Ansatzstellen sämtlicher Blätter auf der Oberfläche der Sprossachse miteinander verbindet, stellt eine Schraubenlinie dar. Sie wird als genetische oder Grundspirale bezeichnet. Auch hier herrschen in den Winkelabständen je zweier aufeinanderfolgender Blätter ganz bestimmte Gesetzmäßigkeiten. Bezeichnen wir ein Seitenglied mit 1, so steht bei der Blattdivergenz $\frac{1}{2}$ das nächste Glied 2 auf der aufsteigenden Schraubenlinie um $\frac{1}{2}$ des Umfangs oder 120° von 1 entfernt, Glied 3 um $\frac{1}{2}$ von 2 und $\frac{2}{2}$ von 1, Glied 4 um $\frac{1}{2}$ von 3, $\frac{2}{2}$ von 2, $\frac{2}{2}$ von 1, d. h. es steht in derselben Längsreihe in einer gewissen Höhe gerade über Glied 1. Glied 5 kommt über 2 zu stehen, 6 über 3, 7 über 4 usw. Bei der Blattdivergenz $\frac{2}{3}$ (Fig. 97 a und b) steht erst das Blatt 6 senkrecht über Blatt 1, d. h.

die Verbindungslinie von 1 bis 6 beschreibt auf der Sprossachse 2 Schraubenlinien. Hier beträgt also der Abstand von einem Blatt bis zu dem nächstfolgenden $\frac{2}{3}$ des Stengelumfangs oder 144° . Die Blätter stehen mithin in 5 Längsreihen. Bei der Blattdivergenz $\frac{3}{8}$ (Fig. 97 c) sind 8 Längsreihen vorhanden; erst das neunte Blatt steht senkrecht über dem ersten. Es hat sich gezeigt, dass im Pflanzenreich verschiedene Blattdivergenzen sich sehr häufig wiederholen. Als die häufigsten, welche die sogen. Hauptreihe darstellen, können die folgenden bezeichnet werden: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ (*Cyperaceen*, *Alnus*, verschiedene *Betula*-Arten), $\frac{2}{3}$ (*Salix*, *Ribes*, *Nicotiana*, *Rubus*, *Symphitum*, viele *Rosaceen* und *Borraginaceen*), $\frac{3}{8}$ (*Brassica*, *Raphanus*, *Chrysanthemum*, Gummibaum [*Ficus elastica*], *Antirrhinum maus*, *Hieracium pilosella*, *Parietaria officinalis*, *Ledum palustre*), $\frac{2}{13}$ (*Verbascum phlomoides*, *Rhus typhina*), $\frac{3}{21}$ (Zapfen von verschiedenen Nadelhölzern, wie *Fichte*, *Weisstanne*), $\frac{13}{34}$ (Blüten von *Rudbeckia laciniata*, eine Composite mit vertikal gestellten Blättern aus Nordamerika), $\frac{21}{55}$ (Blätter der Hauptspitze vieler *Picea*- und *Abies*-Arten), $\frac{34}{89}$, $\frac{55}{144}$ (Blüten und Hüllblätter der Sonnenblume) usw. Wir können hier zunächst feststellen, dass die verschiedenen Divergenzen in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Sämtliche Brüche sind Zähler und Nenner eines Kettenbruches. In jedem einzelnen Bruche ist der Zähler gleich der Summe aus den beiden vorgehenden, ebenso der Nenner gleich der Summe der Nenner der beiden vorhergehenden Brüche. Indessen kommen nicht gerade selten auch weitere Divergenzen wie $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{11}$, $\frac{3}{14}$, $\frac{6}{13}$, $\frac{8}{23}$ vor, die in der obigen Hauptreihe nicht enthalten sind. Ausserdem ist noch zu bemerken, dass die Divergenzen zuweilen nur annäherungsweise konstant sind. Von einem geheimnisvollen Naturgesetz kann also hier nicht die Rede sein. An den Sprossachsen mit sehr kurzen Internodien (Rosetten von *Sempervivum* und *Sedum*-Arten) und bei verschiedenen Blütenständen (Zapfen von Koniferen und Cycadeen, Blütenköpfe von Kompositen) ist es oft sehr schwierig die Blattstellung genau zu bestimmen. Die Blätter bzw. die Schuppen erscheinen in nebeneinander verlaufenden, steil aufsteigenden Neben- oder Schrägzeilen (Parastichen), die viel deutlicher als die Grundspirale hervortreten. Je nachdem man naheliegende oder entferntere Blätter zu Reihen verbindet und je nachdem man die Reihen in rechts- und links-läufiger Spirale verfolgt, lassen sich stets mehrere Systeme von Parastichen unterscheiden. In Fig. 98 bilden die Schuppen 0, 8, 16, 24, 36, ebenso 0, 13, 26, 39 und 0, 5, 10 je eine Parastiche, während die übereinanderliegenden Schuppen (z. B. 8, 21, 34, 47, Orthostichen darstellen. Die Differenz zwischen den Nummern der aufeinanderfolgenden Blätter einer Parastiche ist gleich der Zahl der gleichgerichteten Parastichen. Durch weitere Berechnungen lässt sich dann auch die Grundspirale feststellen.



Fig. 98, Zapfen von *Pinus maritima* (die Schuppen sind nummeriert).

Die Regelmässigkeit in der Blattstellung ist bereits im Vegetationspunkt gegeben; und zwar wird sie durch die Raumverhältnisse am Vegetationspunkt bestimmt, die ihrerseits wiederum durch die Gestalt der Organe, ihre relative Grösse und Stellung sowie durch ihren Kontakt mit bereits angelegten Organen bedingt werden. Nicht selten können wir beobachten, dass nachträglich in der Blattstellung Aenderungen

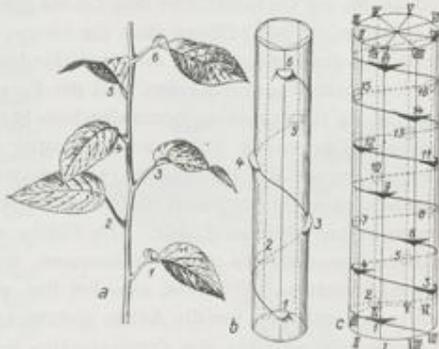


Fig. 97. a und b Blattstellung $\frac{2}{3}$. (Blatt 6 liegt über Blatt 1 in der gleichen Längsreihe). c Blattstellung $\frac{1}{2}$. (Blatt 1, 9 und 17 liegen alle in der Längsreihe I).

eintreten, die mit den äusseren Lebensbedingungen in Verbindung stehen. Während die Knospen noch die ursprüngliche Anordnung der Blätter zeigen, können wir bei den ausgewachsenen Pflanzen verwandte, sog. sekundäre Blattstellungen konstatieren. In den einfachsten Fällen wird nur die ursprüngliche Stellung der Blätter verändert. So drehen sich die plagiotropen, zweizeilig stehenden Zweige der Buche, Ulme usw. ein wenig um ihre Stielachse, um die Blattfläche dem Lichte zuwenden zu können. Bei verschiedenen Arten mit gegenständigen Blättern (*Lonicera*, *Syringa*) führen auch die Internodien Drehungen aus. Unsere tiefblau^e *Gentiana asclepiadea* tritt je nach der Natur des Standortes in zwei verschiedenen Formen auf, die sich vor allem durch die verschiedenartige Stellung der Laubblätter unterscheiden. Bei der Form der offenen Sumpfwiesen, wo die Beleuchtung eine ziemlich allseitige ist, sind die Blattpaare an dem aufrechten Stengel kreuzweise, ziemlich genau in 4 Längsreihen gestellt und die Blüten erscheinen gegen die Spitze zu gedrängter (var. *cruciata* Wartmann und Schlatter). Bei der Form der schattigen Bergwälder und der Waldränder (var. *pectinata* Wartmann und Schlatter) dagegen, wo die Beleuchtung meist eine ziemlich einseitige ist, sind die Laubblätter beinahe kammartig zweizeilig in zwei Längsreihen angeordnet und liegen in der gleichen Ebene. Die Blüten stehen gleichfalls entfernt und sind einseitwendig. Auf diese Weise können Sprossformen zustande kommen, welche den regelmässig radiär gebauten als bilaterale oder dorsiventrale gegenüberstehen. Während also bei den aufrecht stehenden (orthotropen) Sprossen alle Seitenteile (Blätter und Seitensprosse) rings um die Achse gleichmässig angeordnet und gleichartig ausgebildet sind (radiäre oder zyklische Anordnung), sind bei den dorsiventralen Sprossen die Seiten ungleich entwickelt, sodass man zwischen Ober- und Unterseite bzw. zwischen Rücken- und Bauchseite unterscheiden kann. Die Verschiedenheiten der beiden Seiten kommen in mannigfacher Weise, in Form, Farbe, im inneren Bau, in der Wurzelbildung, Stellung der Blätter und Knospen usw. zum Ausdruck. Fast immer stellen sich dorsiventrale Organe senkrecht oder schief zur Richtung der Schwerkraft ein; sie sind plagiotrop. Ausserdem wenden sie eine bestimmte Seite dem Lichte zu. Dorsiventrale Formen finden wir besonders bei Sprossen, die auf dem Wasser schwimmen (Wasserfarne: *Salvinia*, *Pilularia*, *Azolla*), an Felsen wachsen (Krusten- und Laubflechten) oder an Baumstämmen emporklettern (viele Schling- und Kletterpflanzen, Farne und Lebermoose), ferner bei Sprossen, die über die Erde hinkriechen (*Lycopodium*, *Selaginella*) bei schräg und wagrecht in die Luft wachsenden Organen wie überhaupt bei allen einseitig beleuchteten Sprossen. Besonders deutlich ausgesprochen ist die Dorsiventralität bei *Salvinia natans* (Tafel 8, Fig. 5 und 5a). Hier trägt die Oberseite 4 Reihen von breiten, ungeteilten Luft- oder Schwimmblättern, während auf der Unterseite in 2 Reihen die faserig zerschlitzten, wurzelähnlichen Wasserblätter angeordnet sind. Beim Kalmus (*Acorus calamus*) trägt der Wurzelstock auf der Oberseite Blätter, auf der Unterseite Wurzeln. Ähnlich verhalten sich die Rhizome von *Polygonatum*. Bei unseren Nadelhölzern (z. B. bei der Weisstanne) können wir gleichfalls konstatieren, dass an der senkrechtnach aufrecht wachsenden, radiär gebauten Hauptsprossachse alle Nadeln allseitig gleichgross sind, während die Seitensprosse auf der Oberseite kürzere, auf der Unterseite längere Nadeln tragen. Auch im innern Bau der Sprosse kommt die Dorsiventralität zuweilen deutlich zum Ausdruck. So kann bei vielen schräg stehenden Aesten die Markröhre exzentrisch liegen, weil entweder die Oberseite oder die Unterseite in der Entwicklung mehr gefördert wird. Ist die obere Seite stärker ausgebildet, liegt also die Markröhre näher der Unterseite, so spricht man von Epinastie (viele Laubhölzer), in solchen Fällen aber, wo die Markröhre näher der Oberseite liegt, von Hyponastie (Nadelhölzer).

Eine der wichtigsten Aufgaben der Sprossachsen besteht darin Blätter zu erzeugen, diese in eine günstige Lage zum Licht zu bringen und Stoffe aus den Wurzeln in die Blätter oder in umgekehrter Richtung zu leiten (hierüber beim anatomischen Bau des Sprosses). Wie bereits früher bemerkt wurde, können zwischen der Hauptsprossachse und den Seitensprossen bedeutende Differenzen auftreten. So besitzen verschiedene einheimische Laubbäume (Buche, Linde, Ulme) einen orthotropen Hauptstamm und eine radiäre Krone, daneben aber nur plagiotrope und dorsiventrale Sprosse, obgleich die Keimpflanzen typisch orthotrop gebaut sind. Nicht selten finden wir auch Sprossachsen, die vom normalen Typus deshalb stark abweichen, weil sie andere Leistungen übernommen haben. Im Zusammenhang mit der veränderten Funktion steht dann auch die starke Modifizierung im morphologischen Aufbau, die natürlich auch im innern Bau deutlich zum Ausdruck gelangt. Solche Sprosse bezeichnen wir als umgebildete oder metamorphosierte Sprosse.

So kann zunächst bei zahlreichen Schling- oder Kletterpflanzen die Sprossachse, wobei sie in ihrer Aufgabe allerdings häufig noch von Blättern etc. unterstützt wird, zu einem Kletterorgan werden. Dies ist besonders bei den Lianen der tropischen Urwälder der Fall, wo diese bis in die höchsten Wipfel der Bäume (auch an Felsen) hinaufklettern und sich daselbst miteinander zu einem dichten Geflecht verschlingen können.

Ebenso gilt dies für den wildwachsenden Weinstock, der gleichfalls mittelst seiner Sprossranken im wilden Zustande bis in die obersten Gipfel der Bäume hinaufklettert.

Weitaus die Mehrzahl der Lianen gehört den Tropen und Subtropen an; die stattlichsten, holzigen Formen treten in den feuchten Regen- und Monsunwäldern auf. Ausserhalb der Tropen sind sie besonders in den gemässigten Regenwäldern von Süd-Japan, Neu-Seeland und Süd-Chile verbreitet. Bei den Schlingpflanzen im engeren Sinne oder Windepflanzen kann die Sprossachse entweder krautig ausgebildet sein oder verholzen. Das letztere ist besonders bei tropischen Formen der Fall, wo die Stämme oft eine ganz bedeutende Dicke erreichen. In der europäischen Flora sind die Lianen nur sehr schwach vertreten. Zu den holzigen Lianen gehören die Gattungen Clematis und Atragene, Epheu (*Hedera helix*), Arten der Gattung *Lonicera* (besonders *L. periclymenum*) und *Vitis*; krautige Sprossachsen besitzen dagegen der Hopfen, die Winde (*Convolvulus sepium*), *Polygonum convolvulus*, die Teufelszwirnen (*Cuscuta*, Fig. 99) etc. Auch die Feuerbohne, die bei uns häufig an Mauern oder Lauben gezogene *Wistaria* (*Glycine*) *Chinensis* und *Aristolochia siphon*, ferner *Periploca Graeca* (eine *Asclepiadacee* aus dem Balkan), *Boussingaultia baselloides*, (eine *Basellacee* aus dem tropischen Amerika), *Dioscorea Batatas*, viele *Celastraceen* (Baumwürger) gehören zu den windenden Lianen. Fast alle Lianen zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Erdboden wurzeln, langgliedrige Stengel ausbilden und sich anderer Gewächse (auch Mauern, Felsen etc.) als Stützen bedienen, um ihr Laubwerk vom Boden zu erheben und in eine dem Licht günstige Lage zu bringen. Die jungen Triebe wachsen frei in die Luft hinaus und greifen oft mit grossen, kreisförmigen Bewegungen nach einer Stütze aus. Die Triebspitze wächst niemals gerade aufwärts, sondern beschreibt beständig eine Spirale und zwar schlingen die meisten Arten regelmässig nach einer bestimmten Seite. Darnach unterscheidet man auch rechts- (mit der Sonne) und linkswindende Formen. Die meisten Arten gehören zu den linkswindenden, so die Bohne, *Aristolochia siphon*, *Convolvulus* etc.; rechtswindend sind z. B. das deutsche Geissblatt (*Lonicera periclymenum*) und der Hopfen. Hierher sind auch einige parasitisch lebende Schlingpflanzen zu zählen, die in unserer Flora durch mehrere Arten der Gattung *Cuscuta* vertreten (Fig. 99) sind.

Der dünne fadenförmige, windende Stengel bildet an bestimmten Stellen eigentümliche Saugorgane (Haustorien) aus (vgl. pag. LX). Aehnlich verhält sich die *Lauraceen*-Gattung *Cassytha*, deren Vertreter auch habituell grosse Aehnlichkeit mit unsern einheimischen Teufelszwirnpflanzen haben. Die Gattung *Cassytha* mit ca. 30 Arten ist vor allem in Australien verbreitet, wo ihre Vertreter besonders Gebüsche der für die australische Flora so charakteristischen *Casuarinen*- und *Melaleuca*-Arten überfallen. Während die schlingenden Pflanzen im allgemeinen glatt (beim Hopfen erleichtern allerdings noch die sogen. Klimmhaare das Klettern) und für Berührung unempfindlich (eine Ausnahme macht *Cuscuta*) sind, klettern die Rankenpflanzen, welche zugleich die vollkommensten Lianen darstellen, mit Hilfe von besonderen, für Berührung empfindlichen Organen, die allerdings sehr verschiedener morphologischer Natur sein können. Die reizempfindlichen, zu mannigfachen Ranken umgebildeten Organe sind zuweilen stark elastisch und vermögen den reizausübenden Körper in Schraubenwindungen sehr fest zu umschlingen, während die Langtriebe selbst sich passiv verhalten. Zu den sog. Achsenfadenranken gehören Vertreter aus den Familien der *Vitaceen* und *Passifloraceen*, die ihre Achsennatur zuweilen noch durch die Anwesenheit von rudimentären Blättern (z. B. beim Weinstock) verraten. Beim Weinstock stehen die verzweigten Ranken am Sprosse einem Laubblatte gerade gegenüber (Fig. 94); an derselben Stelle sitzen auch die Blütenstände anderen Laubblättern gegenüber. Bei der Passionsblume dagegen ist die Ranke ein achselständiger Seitenspross. Die sog. Uhrfederranken, die besonders bei tropischen Gattungen der *Sapindaceen* und *Leguminosen* (*Bauhinia*) vorkommen, stehen in einer Ebene und sind wie eine Uhrfeder aufgerollt. Infolge eines Kontaktreizes werden sie angeregt stark in die Dicke zu wachsen; sie werden sehr hart und klammern sich auf diese Weise fest. Andere Arten, z. B. die bei uns zuweilen an Mauern gezogene *Vitis inconstans* oder *V. Veitchii* entwickelt an den Enden der Ranken Haftscheiben (Fig. 100), welche sich an das Substrat festkleben.



Fig. 99. *Cuscuta Europaea* auf *Urtica dioica* emporschlängelnd.



Fig. 100. *Vitis inconstans* mit Haftscheiben (bei letztere vergrössert).

Hedera helix, der Epheu, gehört zu den Wurzelkletterern, die bereits früher genannt worden sind. Eine Vorstufe zu den eigentlichen Lianen bilden die sog. Spreizklimmer oder Halblanen, die ihre langen, dünnen, oft stark verzweigten Sprosse ohne aktive Beteiligung an die Zweige von anderen Pflanzen anlehnen und sich auf andere Zweige stützen oder aber dadurch, dass ihre Zweige und Blätter senkrecht von den Sprossachsen abstehen, im Gesträuch emporklettern. Bei einzelnen Arten wird allerdings das Klettern und Festhalten durch hakenartige Auswüchse, durch gekrümmte, jedoch nicht reizbare Dornen oder Stacheln erleichtert, so z. B. bei *Galium aparine*, bei den vielen *Rubus*- und *Rosa*-Arten, beim Bocksdorn (*Lycium*) etc. Hieher können auch verschiedene kletternde Palmen, vor allem der Rotang (*Calamus*), *Desmoncus*-Arten usw. gerechnet werden. Wie die Lianen überhaupt, sind auch die Spreizklimmer besonders in den Tropen stark vertreten. Aus unserer Flora gehören ausser den bereits genannten Arten *Cuccubalus baccifer*, *Corydalis claviculata*, *Veronica scutellata* und einige *Geranium*-Arten (z. B. *Geranium palustre* and *nodosum*) zu dieser Gruppe. Alle Lianen haben das gemeinsame, dass die Sprosse ausserordentlich schnell wachsen und lange unverzweigt bleiben. Da sie auch in ihrer Entwicklung den Blättern bedeutend vorausseilen, wird es ihnen möglich, sehr rasch durch das Laubwerk von anderen Pflanzen vorzudringen. Schliesslich mag auch noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Lianenstamm nach ganz bestimmten ökologischen und mechanischen Prinzipien aufgebaut ist. Die leitenden Elemente (Holzgefässe, Siebröhren) sind sehr weit und lang, wodurch die Leitung der Säfte und Eiweissstoffe in den sehr langen, dünnen Stämmen wesentlich erleichtert wird. Der Holzkörper ist nicht wie im normalen Baumstamme einheitlich kompakt, sondern er wird in mannigfacher Weise zerklüftet oder ist sogar in einzelne Stränge aufgelöst (siehe auch pag. XCII). Das Festigungsgewebe ist sehr reichlich von Parenchym durchzogen. Ausserdem zeigen zahlreiche holzige, tropische Lianen aus den Familien der Sapindaceen, Malpighiaceen, Aristolochiaceen, Bignoniaceen, Leguminosen (*Bauhinia*) usw. ein abnormes Dickenwachstum, welches mit den Anforderungen, welche an die Zug- und Biegefestigkeit der Stämme gestellt werden, in engem Zusammenhang steht.

Bei einigen Pflanzen, die nicht die geringsten verwandtschaftlichen Beziehungen zueinander haben, kommt es vor, dass die grünen Laubblätter zu kleinen, unscheinbaren, bedeutungslosen Schüppchen verkümmern. Die Arbeit der Assimilation wird dann von eigenartig ausgebildeten, meist flachen, dünnen, blattartigen Sprossachsen übernommen, an deren Rande oder auf deren Fläche die Blüten und die sehr rudimentären Blätter stehen. Derartige Flachsprosse (Phyllocladien oder Cladodien) besitzen z. B. mehrere Arten der in Südeuropa (zum Teil bereits in Südtirol und im Tessin) verbreiteten Liliaceengattung *Ruscus* (*R. aculeatus*, siehe Taf. 64, Fig. 4, *R. hypoglossum* und *hypophyllum*). Hier

entspringt aus der Achsel eines schuppenförmigen Blattes ein breiter Flachspross, der aus zwei Internodien besteht. Mitten auf der Fläche entwickelt sich auf dem Knoten ein kleines Blatt, aus dessen Achsel ein Blütenspross mit roten Beeren hervorgeht. Aehnliche Flachsprosse treten bei verschiedenen Arten der Euphorbiaceengattung *Phyllanthus* (speziell bei der Sektion *Xylophylla*) auf (Fig. 101). Hier stehen die kleinen Blüten am Rande der Flachsprosse. Aehnlich verhalten sich die Papilionaceen *Carmichaelia* und *Bossiaea* (Fig. 102), sowie die strauchige Polygonacee *Mühlenbeckia* (*Coccóloba*) *platyclada* (Fig. 103) aus Neu-Seeland und eine Gymnosperme *Phyllocladus trichomanoides* aus Neu-Seeland. Von den Kakteen nähern sich besonders die Feigenkaktus-Arten (*Opuntia*), bei denen die Sprosse dicke, gegliederte, ovale Ge-



Fig. 101. a Zweig von *Phyllanthus angustifolius* mit Phyllocladien (wenig verkleinert). b Blüte von oben.

bilde darstellen, schon sehr stark den Phyllokladien. Verschiedene Flachsprosse haben insofern mit gewöhnlichen Laubblättern eine grosse Aehnlichkeit als sie auch abgeworfen werden. Auch im anatomischen Baue sind grosse Uebereinstimmungen vorhanden. Bei den Spargelpflanzen (*Asparagus*) entspringen aus den schuppenförmigen Blättern der Langtriebe ganze Büschel von nadelartigen, rundlichen, reichlich mit Chlorophyll ausgestatteten Phyllokladien, welche nach einem ganz bestimmten Verzweigungssystem (Doppelwickel) entstehen und Blüten tragen.

Den Phyllokladien können die Verbänderungen oder Fasciationen an gereicht werden. Es sind dies Sprossachsen, welche unter gewissen, noch nicht näher erkannten Bedingungen ihre normale zylindrische Gestalt verlassen haben und meist breit flächenförmig auswachsen. Derartige Missbildungen können nicht allzu selten in der freien Natur beobachtet werden, so gelegentlich bei *Cichorium intubus*, *Erigeron Canadense*, *Asparagus*, *Crepis biennis*, *Taraxacum officinale*, *Alnus*, *Sambucus*, *Fraxinus* usw. Nur zum kleinen Teil lassen sich derartige Verbänderungen auf eine Verwachsung von verschiedenen Sprossachsen zurückführen. Pilze, sowie der Einfluss der Kultur spielen sicherlich eine nicht unwesentliche Rolle dabei. Interessant ist es, dass derartige Missbildungen (teratologische Bildungen) sich auch vererben können. So hat z. B. die im Jahre 1893 in der Nähe von Prag gesammelte Verbänderung von *Sedum reflexum* (Fig. 104) sich als samenbeständig erwiesen. Aehnliche Fasciationen kommen auch am reproduktiven Sprosstheil vor (Hahnenkammform von *Celosia argentea*).

Die bereits oben kurz erwähnten Opuntien bilden den Uebergang von den Flachsprossen zu den Stammsukkulente n oder Stammsaftpflanzen (Chylocaulen). Im Unterschied zu den Flachsprossen stellen bei den Stammsukkulente n die metamorphosirten Sprosse keine dünnen, flachen Gewebeplatten dar, sondern sie sind grüne, saftreiche, oft sehr stattliche und dicke, in vielen Fällen sehr plumpe, in andern sehr hohe Gewebekörper, die infolge ihres anatomischen Baues geeignet sind in den trockensten und heissesten Klimaten der Erde zu vegetieren.

Wie schon früher auf pag. XXXVI erwähnt, besitzen alle Sukkulente n unter einer dünnen Lage von grünem, assimilierendem Gewebe grosse, parenchymatische, dünnwandige Wassergewebe, deren plasmaarme Zellen eine wässrige Flüssigkeit oder einen dünnen Schleim enthalten, welche Stoffe der Pflanze zu Zeiten der Dürre und Trockenheit zum Unterhalt dienen. Wie man sich beim Trocknen in der Drahtspresse schon bei unsern einheimischen



Fig. 102. *Carmichaelia Australis*. Zweige als Flachsprosse ausgebildet (natürl. Grösse).



Fig. 103. *Mühlenbeckia platyclada* mit flachen Phyllokladien.



Fig. 104. Verbänderung von *Sedum reflexum* (natürl. Grösse).

Crassulaceen leicht vergewissern kann, wird das von den Sukkulenteu aufgespeicherte Wasser sehr lang und energisch festgehalten. Den Stammsukkulenteu ganz analog verhalten sich die Blattsukkulenteu (pag. CIV). Eine strenge Scheidung in Blatt- und Stammsukkulenteu ist überhaupt nicht durchzuführen, zumal doch dieselbe Pflanze gleichzeitig fleischige Blätter und Sprosse aufweisen kann. Ja sogar die Wurzeln können fleischig werden (z. B. bei Kakteen). Im allgemeinen können wir sagen, dass die Sukkulenteu die heissesten und trockensten Gebiete der Erde bewohnen. Im trockenen Südafrika (besonders in der Karroo) sind ca. 31 % aller Blütenpflanzen mehr oder weniger stark sukkulent gebaut. Ohne Schaden zu nehmen können sie der stärksten Sonnenglut ausgesetzt sein. Im mexikanischen Hochland ertragen einzelne Kakteen Temperaturen von 50 bis 60° C. Andererseits sind einzelne Arten auch

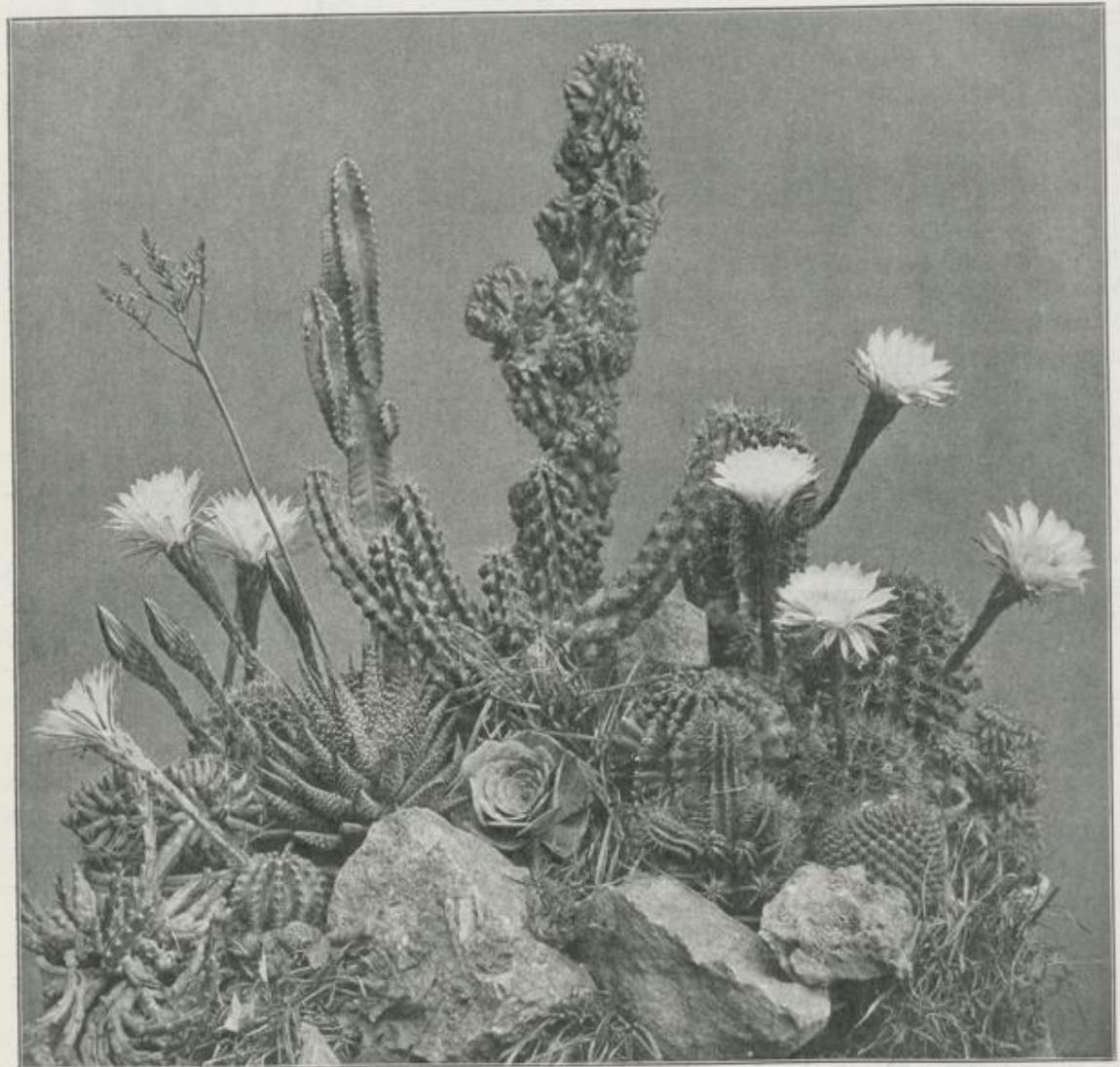


Fig. 105. Verschiedene Stamm- und Blattsukkulenteu. Oben zwei aufrecht wachsende Stammsukkulenteu (*Cereus*-Arten); auch die blühenden Kakteen (*Mamillarien*, *Echinocactus*) sind Stammsukkulenteu. In der Mitte eine Rosette einer Blattsukkulente (*Cotyledon*), links daneben eine blühende *Liliacee* (*Gasteria*), ebenfalls eine Blattsukkulente. (Photographie aus dem Botan. Institut der Universität Wien).

gegen Kälte sehr wenig empfindlich. So kommt *Opuntia Missouriensis* in Kanada noch an Stellen vor, wo die Temperatur jeden Winter bis auf ca. 50° C Kälte herabsinkt. Auch in unseren Alpen steigen *Sempervivum montanum* und *S. arachnoideum* sehr hoch, bis 3000 m hinauf. Zu den Stammsukkulenteu gehören vor allem zahlreiche Glieder der Kakteen (in Amerika beheimatet), so die Gattungen *Mamillaria* (Warzenkaktus), *Echinocactus* (Igelkaktus), *Cereus* (Kerzen- oder Fackelkaktus), *Echinopsis* (Trompeten- oder Seeigelkaktus), *Epiphyllum*

(Blattkaktus), *Phyllocactus*, *Melocactus* (Melonenkaktus) usw. Alle diese genannten Gattungen haben das Gemeinsame, dass ihre Stämme fleischig, säulenförmig, kugelig oder flach ausgebildet sind und dass ihre Blätter ganz oder fast vollständig (z. B. bei der „Bischofsmütze“, *Astrophytum myriostigma*) verschwinden oder zu starken, oft gekrümmten Dornen umgewandelt werden. *Echinocactus cylindraceus* führt nicht mit Unrecht die Bezeichnung „des Teufels Nadelkissen“. Allerdings würden wir in der Annahme irre gehen, dass nun alle Kakteen blattlos sind. Dies ist z. B. für die Vertreter der Gattung *Peireskia* nicht der Fall, die ungeteilte, breite, fleischige Blätter — bei *Peireskia grandifolia* bis 27 cm lang und 10 cm breit — aufweist. *P. bleo* wird in Südafrika als Heckenpflanze gezogen. Weitere Stammsukkulente finden sich dann besonders bei zahlreichen afrikanischen Euphorbiaceen, von denen einzelne Arten (z. B. *E. Canariensis*, *grandicornis*, *meloformis*) mit den Kakteen die grösste habituelle Aehnlichkeit haben und sich nur durch die Blüten als Euphorbiaceen zu erkennen geben. Auch bei den Asclepiadeen (*Stapelia*, *Huernia*, *Echidnopsis*, *Caralluma*) und bei den Portulacaceen (*Anacampseros*) kommen Stammsukkulente vor. Interessant ist es, dass wir sukkulente Pflanzen auch unter den Salzpflanzen (Halophyten) antreffen, d. h. bei Pflanzen, die an einen stark salzhaltigen Boden gebunden sind. Wahrscheinlich erschwert der Salzgehalt des Bodens diesen Pflanzen die Wasseraufnahme, weshalb sie sich dann in ähnlicher Weise wie Pflanzen von trockenen und heissen Klimaten zu schützen suchen. Allerdings zählen die meisten halophilen Sukkulente zum Typus der Blattsukkulente. Zur Gruppe der halophilen Stammsukkulente gehört z. B. das blattlose, smaragdgrüne Glasschmalz (*Salicornia herbacea*), eine häufige Strandpflanze der Wattenmeere. Bei den Stammsukkulente wird also die Gesamtoberfläche gegenüber der Oberfläche der mit Laubblättern ausgestatteten Sprosse stark reduziert. Bei manchen Kakteen kann die Oberfläche der kugeligen oder säulenförmigen Körper allerdings durch Warzen (*Mamillaria*) oder dicke Rippe (*Echinocactus*, *Cereus* usw.) etwas vergrössert werden.

Die Umwandlung von Sprossen in Reservestoffbehälter erfolgt in sehr verschiedener Art und Weise. Im allgemeinen können wir zwischen Rhizom, Knolle und Zwiebel unterscheiden. Alle drei Formen haben das Gemeinsame, dass sie Baustoffe für die im kommenden Frühjahr aus ihnen hervorgehenden Erneuerungssprosse liefern. Bei der Zwiebel sind diese in der Hauptsache in den schalenförmigen Zwiebelblättern, die eigentlich erst beim Blatte zu besprechen wären, aufgespeichert.

Unter Rhizom (Wurzelstock) versteht man unterirdisch oder dicht über der Bodenoberfläche wachsende, häufig horizontal hinkriechende Sprosse oder Sprosssysteme von zahlreichen Stauden. Fast stets sind sie mit schuppenförmigen Niederblättern und Blattnarben versehen und entwickeln Wurzeln. Neben ihrer habituellen Aehnlichkeit mit Wurzeln haben sie auch ziemlich dieselbe Funktion und nehmen gleich denselben Nahrung aus dem Boden auf. Ueber den anatomischen Bau gibt Fig. 108 nähern Aufschluss. Eine Wurzelhaube fehlt im Gegensatz zu den Wurzeln überall

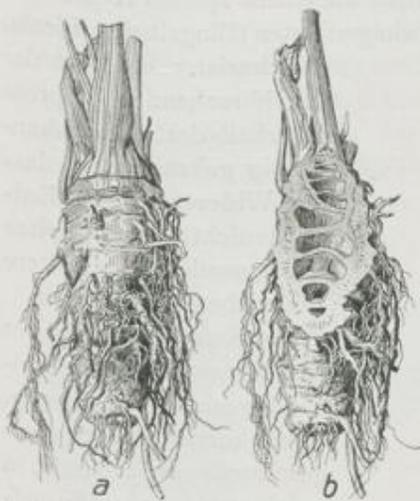


Fig. 106. Wurzelstock vom Wasser-Schierling (*Cicuta virosa*). a von aussen, b im Längsschnitt.

vollständig. Deshalb wurden die Rhizome in der Medizin früher allgemein auch als Wurzeln (*radices*) bezeichnet. Bei dem giftigen Wasser-schierling oder Wüterich (*Cicuta virosa*) ist der fleischige Wurzelstock innen durch Querwände gefächert (Fig. 106). Bei einigen saprophytisch lebenden Orchideen (*Coralliorrhiza*, *Epipogon*) sowie bei *Pilotum* fehlen die Wurzeln vollständig; die Funktion der Wurzel ist hier ganz auf das Rhizom übertragen worden. Meistens sind die Rhizome stielrund und



Fig. 107. Wurzelstock vom Gnadenskraut (*Gratiola officinalis*).

mehr oder weniger stark verzweigt. Verschiedene Rhizome wachsen im Boden senkrecht und erzeugen dann nur kurze Internodien (*Primula*, *Cicuta*, *Rumex*, *Plantago*), andere dagegen liegen horizontal und werden ziemlich lang (*Anemone nemorosa*, *ranunculoides* und *hepatica*, *Polygonatum*, *Paris*, *Acorus*, *Calamus*, *Iris*, *Spargel*, *Ingwer*, *Oxalis*).

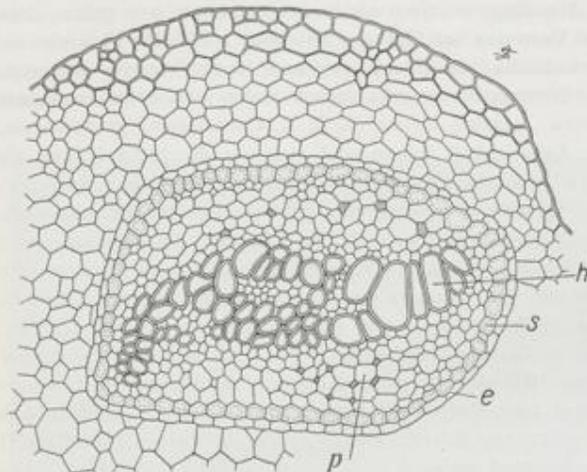


Fig. 108. Querschnitt durch ein Leitbündel aus dem Rhizom von einem Farnkraut. *h* Holzteil, *p* Siebröhren des Phloëms, *s* Parenchym des Siebteiles, *e* Endodermis.

Einzelne Arten (z. B. Huflattich, Schachtelhalm, Brennessel [*Urtica dioica*], Schilfrohr, Pestwurz) mit horizontalem Rhizom verzweigen sich sehr stark und treiben zahlreiche oberirdische, photophile Triebe. Auf diese Weise erklärt sich das gesellige Auftreten von solchen Arten. Verschiedene Rhizome (*Polygonatum*, *Anemone nemorosa*) sind als Sympodien aufzufassen, andere als Monopodien (*Anemone hepatica*, *Plantago maior*). Bei den sympodialen Rhizomen bleibt ein Stück stets im Boden und stellt ein geophiles Wurzelstück dar, das im Winter als Speicherorgan dient. Während ver-

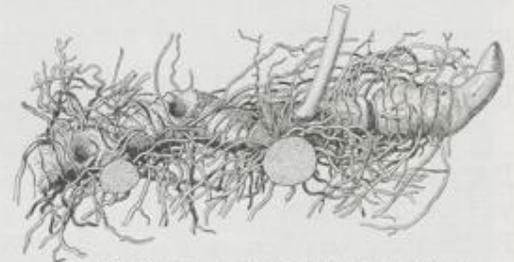


Fig. 109. Rhizom der Weisswurz (*Polygonatum*).



Fig. 110. Tropicische Orchidee (*Coelogyne cristata*) mit sog. „Bullben“, (Reservestoffknollen.)

schiedene Rhizome an ihrer Spitze ununterbrochen weiterwachsen, also ein unbegrenztes Wachstum besitzen, setzt sich bei weitaus den meisten Rhizomen die Spitze eines jeden Jahrestriebes in den oberirdischen Stengel fort, während dann aus einer Blattachsel ein oder mehrere Erneuerungssprosse hervorgehen. An dem Bodestück, das also in jedem Jahr einen Zuwachs erhält, kann man zuweilen die Abgangstellen der geophilen Sprosse leicht als Einschnürungen oder Narben erkennen und daran das Alter des Wurzelstockes feststellen. Um den Boden leichter durchdringen zu können, sind die Niederblätter (bei Farnen die Schuppen) am Scheitel zuweilen zu einem spitzen Kegel vereinigt und biegen schützend über die junge Knospe hin. Bei einigen Arten (*Bingelkraut*, *Pirola*, *Waldmeister* etc.) ist der durchbrechende Spross unterhalb der Spitze hakenförmig gekrümmt, so dass der Widerstand der Erdkruste nicht durch die Spitze selbst, sondern durch ältere Teile überwunden wird.

Die Knolle (tuber) oder im Gegensatz zur Wurzelknolle genauer Sprossknolle, ist ein kurzer, fleischig angeschwollener Sprosstheil, in welchem Reservestoffe aufgespeichert werden.

Die Blattorgane dieses Sprossabschnittes sind stark reduziert und erscheinen meist als schuppenförmige, häutige trockene Niederblätter, die leicht abfallen oder ganz unterdrückt

bleiben und in deren Achseln sich Knospen entwickeln können. So stellen z. B. die sog. „Augen“ der Kartoffelknollen solche unentwickelte Knospen dar. Die Mehrzahl der Knollen wächst unterirdisch (Kartoffel, Topinambur oder Erdbirne, Crocus, Arum, Ranunculus bulbosus, Gagea, Ornithogalum, Hyacinthus, Cyclamen, Colchicum etc.); seltener ist der Spross über der Erde knollig verdickt wie z. B. bei dem Kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*) und bei zahlreichen ausländischen, meist tropischen Orchideen (Luftknollen, Fig. 110). Verschiedene Knollen (Kartoffel, Arum, Crocus) leben von einem Sommer bis zum nächsten Frühjahr, während andere (*Eranthis*, *Corydalis cava*, *Carum bulbocastanum* etc.) als mehrjährig zu bezeichnen sind. Weiter kann die Knolle nur aus einem einzigen Internodium bestehen, also eingliedrig sein (*Cyclamen*, *Eranthis*, Radieschen) oder aber aus mehreren Gliedern aufgebaut sein (*Helianthus tuberosus* [Fig. 112], *Crocus*, Kohlrabi). In den Fällen,

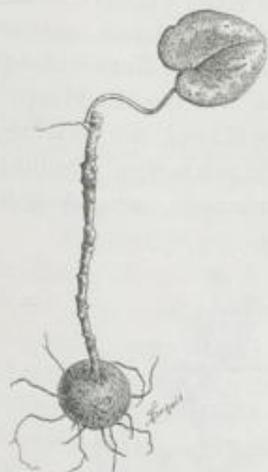


Fig. 111. Knolle von der Erdscheibe (*Cyclamen*).



Fig. 112. Knolle von *Helianthus tuberosus* (wenig verkleinert).

wo eine Pflanze (Kartoffel, Topinambur, *Stachys affinis* [Fig. 113]) eine grössere Zahl von Knollen erzeugt, tragen diese Reservestoffbehälter auch wesentlich zur vegetativen Vermehrung bei, was ja bei der Kartoffel schon seit langem in praxi in ausgedehnter Weise durchgeführt wird. Die austreibenden „Augen“ der Knollen wachsen bekanntlich zu neuen Individuen heran. Bei zahlreichen

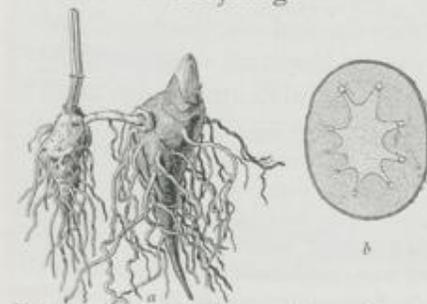


Fig. 114. a Doppelknollen von blauem Eisenhut. b Querschnitt durch eine Knolle.

Knollenpflanzen können wir im Spätsommer zwei Knollen unterscheiden. So sind beim blauen Eisenhut (*Aconitum napellus*) nebeneinander zwei rübenförmige Knollen (Fig. 114) ausgebildet, die durch einen Gewebestrang miteinander verbunden sind. Die eine Knolle, von der zahlreiche Nebenwurzeln ausgehen, ist die Mutterknolle, welche die diesjährige Pflanze hervorgebracht hat, während die Tochterknolle (rechts) an ihrem obern Ende eine Knospe trägt, welche im kommenden Frühjahr einen blütentragenden Stengelerzeugt. Die Tochterknolle entsteht jeweilen am



Fig. 113. Knollen von *Stachys affinis* oder *S. Sieboldi* (Gemüsepflanze aus Ostasien).

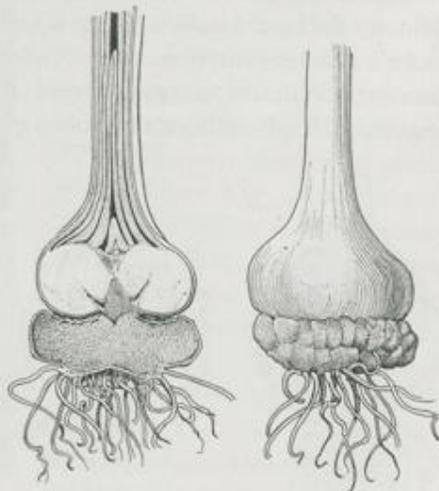


Fig. 115. Knolle von *Crocus*, rechts von aussen, links längsdurchschnitten.

obern Ende der Mutterknolle in der Achsel eines Niederblattes. Aehnlich entwickelt sich bei der Herbstzeitlose die junge Knolle seitlich von der alten. Bei *Crocus* (Fig. 115) und *Gladiolus* dagegen stehen die beiden Knollen übereinander. Ausserdem sind hier — ebenso wie bei *Colchicum* — die Niederblätter als schalenförmige, die Knolle umhüllende Scheiden entwickelt, welche bei *Gladiolus* zierlich netzförmig (Taf. 66, Fig. 2) durchbrochen sind. Die starke Entwicklung der Knollen in die Dicke kommt auf Rechnung des Grundparenchyms, welches die Hauptmasse der Knolle darstellt und dessen Zellen meist dicht (besonders während der Winterruhe) mit Stärkekörnern etc. angefüllt sind. Von den ähnlichen Wurzelknollen (*Dahlia*) unterscheiden sich die Sprossknollen äusserlich durch das Vorhandensein von Augen und durch das Auftreten von reduzierten Blattgebilden (Niederblätter).

Aehnlich verhalten sich die Brutknöllchen oder Bulbillen, die wir in den Blattachseln sowie in den Blütenständen zahlreicher Blütenpflanzen antreffen. Bei *Saxifraga granulata* finden sich kugelige Knöllchen, die in grösserer Zahl am Rhizom oder an den grundständigen Blättern ausgebildet sind. Bei *Dentaria bulbifera*, bei *Lilium bulbiferum* (Fig. 116), *Saxifraga cernua* und *bulbifera*, *Ranunculus ficaria*, *Polygonum viviparum* sind es kleine, meist schwarze oder bräunliche Zwiebelchen, die sich leicht loslösen, bewurzeln und zu neuen Pflänzchen heranwachsen. Im Blütenstand kommen Bulbillen bei verschiedenen *Allium*- (z. B. bei *A. carinatum*, *ampeloprasum* und bei *A. paradoxum* aus dem Kaukasus) und *Gagea*-Arten vor, sowie bei der zu den Zingiberaceen gehörenden Gattung *Globba*.

Die **Zwiebel** (*bulbus*) ist von der Knolle dadurch wesentlich verschieden, dass der Spross am Grunde einen kleinen, flachen, kuchen- oder scheibenförmigen Teil entwickelt (Zwiebelkuchen oder Zwiebelscheibe), von dem einerseits Wurzeln ausgehen und der andererseits dichtgestellte, saftig fleischige, nach oben gerichtete Blätter (Zwiebelblätter oder Zwiebelschalen) trägt.

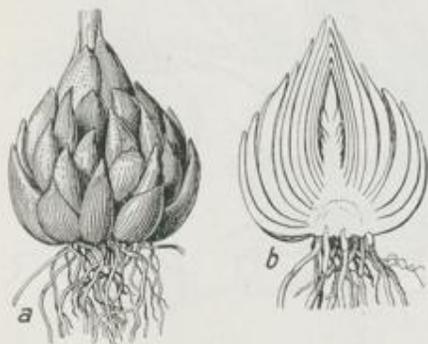


Fig. 118. Schuppige Zwiebel von *Lilium*.
a. von aussen, b. im Längsschnitt.



Fig. 117. Hyazinthe mit schaliger Zwiebel.

Im Gegensatz zu der Knolle sind also hier die Niederblätter die Speicherorgane. Der stark verkürzte Stamm verlängert sich dann später zum blütentragenden Stengel.

Die Zwiebelschuppen umfassen die Achse und den Vegetationspunkt entweder wie bei der Küchenzwiebel, Hyazinthe (Fig. 117) in einer mehr oder weniger geschlossenen Scheide (schalige Zwiebel oder *bulbus tunicatus*) oder sie sind verhältnismässig schmal, eiförmig, fleischig, decken sich dachziegelartig und umfassen wie bei *Lilium martagon*, *candidum*, *croceum* (Fig. 118) etc. nur einen kleinen Teil des Sprosses (schuppige Zwiebel oder *bulbus squamosus*). Bei der zusammengesetzten Zwiebel (*Allium sa-*

tivum) entstehen in jeder Achsel der Zwiebelblätter zahlreiche Knospen, welche sich zu kleinen Nebenzwiebeln entwickeln. Wie bei den Knollen kann man auch bei der Zwiebel zwischen einjährigen (*Gagea lutea*, *Tulipa*) und zwei- oder mehrjährigen (*Scilla*, *Muscari*) Zwiebeln unterscheiden.

Zwiebel- und Knollenpflanzen sind besonders bei den Monokotyledonen — speziell bei den Liliaceen, Iridaceen, Amaryllidaceen, Dioscoreaceen — vertreten und kommen vorzugsweise in trockenen, heissen, regenlosen Ländern (Mittelmeergebiet, Orient, Südafrika etc.) vor. In Süd- und Mitteleuropa gehören die meisten Arten zu den Frühjahrsblüheren, die im Sommer dann eine Ruhezeit durchmachen. In der alpinen Flora sind Zwiebel- und Knollenpflanzen sehr schwach vertreten (z. B. *Lloydia serotina*, *Allium Victorialis*, *Crocus vernus*, *Colchicum alpinum*, *Gagea Liottardi*). Verschiedene gelegentlich innerhalb der Alpenkette anzutreffende Zwiebel- und Knollenpflanzen wie *Cyclamen Europaeum*, *Lilium croceum* und *bulbiferum*, *Asphodelus albus* (fleischige Wurzeln) gehören entwicklungsgeschichtlich nicht der ursprünglichen alpinen Flora an.

Gleichfalls der vegetativen Vermehrung dienen die Ausläufer (stolones) oder Schösslinge, dünne, niederliegende, aus einer unterirdischen Achse oder aus den grundständigen Internodien einer oberirdischen Achse entspringende Seitensprosse, die sich horizontal auf den Boden verzweigen oder sich aber im Erdboden ausbreiten (Fig. 119). Es lassen sich also ober- und unterirdische Stolonen unterscheiden. An den oft durch lange Internodien getrennten Knoten entwickeln sich Wurzeln und junge Sprosse.

Früher oder später geht dann die Verbindung mit der Mutterpflanze verloren, die Internodien der Ausläufer gehen zugrunde; die einzelnen bewurzelten Knoten werden selbständig und wachsen zu neuen Pflanzen heran (Fig. 119). Als Beispiele von ausläufertreibenden Arten mögen aus unserer Flora genannt sein: der kriechende Günsel (*Aiuga reptans*), das Pfennigkraut (*Lysimachia nummularia*), der kriechende Hahnenfuss (*Ranunculus repens*), zahlreiche Rosaceen (*Potentilla anserina*, *Rubus saxatilis*, *Fragaria vesca* und *Indica*), *Stellaria nemorum*, *Chrysosplenium*, *Circaea lutetiana*, *Adoxa moschatellina*, verschiedene Habichtskräuter (*Hieracium pilosella*, *Hoppeanum*, *auricula*), *Carex arenaria*, zahl-



Fig. 119. Ausläufer von einem Habichtskraut (*Hieracium pilosella*).

reiche Gräser wie *Agriopyrum repens*, *Milium effusum*, *Poa pratensis*, *Holcus mollis*, *Briza media*, *Cynodon dactylon* etc. Eigentümliche oberirdische Ausläufer entwickelt zuweilen das Schilfrohr (*Phragmites communis* var. *stolonifera*). Diese sog. „Legehalme“ sind oberirdische, niederliegende Stengel, welche bis 14 m lang werden können und an jedem Knoten Wurzeln und aufrechte Halme erzeugen (Fig. 120).

Zum Schlusse möge noch kurz auf die Sprossdornen (*spinæ*) hingewiesen werden. Es sind dies eine Art Kurztriebe (vergl. pag. LXX), deren Blätter klein

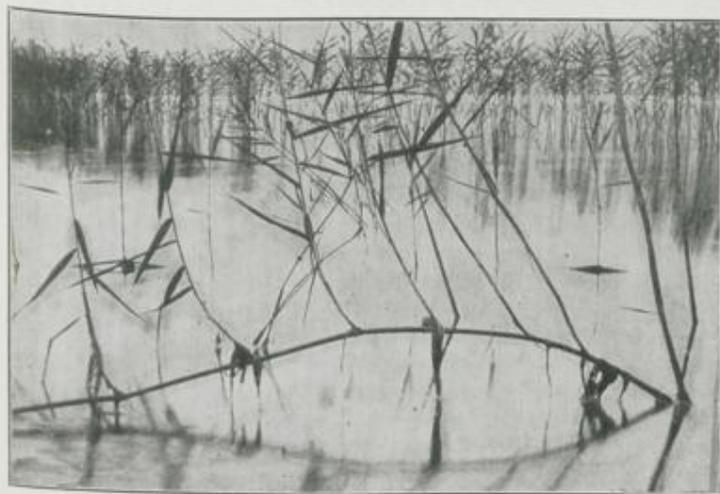


Fig. 120. Legehalme von Schilfrohr, am Zugersee in der Schweiz.
Phot. Brutschy, Seon (Aargau).

bleiben und frühzeitig zugrunde gehen. Der Dorn selbst ist scharf kegelförmig zugespitzt, verholzt und bleibt in der Regel lange Zeit erhalten. Beispiele: Schlehe oder Schwarzdorn (*Prunus spinosa*, Fig. 121, II), Weissdorn-Arten (*Crataegus*, Fig. 121, I), Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*), verschiedene Leguminosen wie *Ulex Europaeus*, *Ononis spinosa*, *Genista Germanica*, *Gleditschia triacantha*, Purgier-Kreuzdorn [*Rhamnus cathartica*], *Genista Anglica* und *Germanica* etc.).

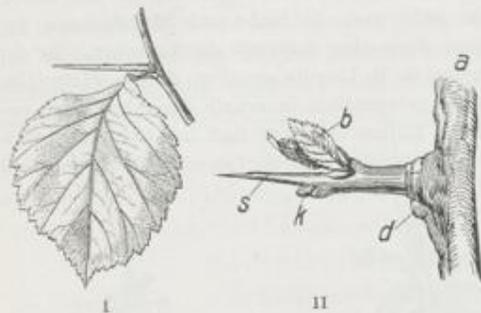


Fig. 121. Zweigdornen. I von *Crataegus cuneata*, II vom Schlehdorn (*Prunus spinosa*). *a* Mutterspross, *d* die Narbe des Stützblattes für den im Dorn (*s*) endigenden kleinen Zweig, *b* Blätter auf dem Zweigdorn, *k* Knospe. (Fig. II nach Prantl).

der Spross stark reduziert werden. Es trifft dies besonders für die hauptsächlich in den Tropen verbreiteten Familien der Rafflesiaceen und Hydnoraceen zu, bei welchen Formen der Vegetationskörper ein hutpilzartiges Gebilde darstellt oder in ein System von mycelartigen Zellfäden, welche die Wirtspflanzen strangartig durchziehen, aufgelöst ist.

In der beschreibenden Botanik wird der Spross nach seiner Gestalt, Richtung etc. in sehr verschiedener Weise bezeichnet. Oberirdische Sprosse, die krautig bleiben und nicht verholzen, werden Stengel (*caulis*) genannt, solche, die später verholzen, Stämme (*truncus*). Laubblattlose Sprosse, wie wir sie bei vielen Monokotylen (Hyazinthe, Schneeglöckchen, Geibstern), beim Löwenzahn, Primeln usw. antreffen, heissen Schäfte (*scapus*). Bei verschiedenen Juncaceen (Fig. 123), bei der



Fig. 122. *Colletia cruciata*, blühender Spross mit Sprossdornen.

Teichbinse (*Scirpus lacustris*) usw. ist der grüne, stielrunde Stengel vollständig blattlos und nur am Grunde von scheidenförmigen, kaum grünen Niederblättern besetzt. Er bildet ein einziges, sehr langes Internodium und endigt entweder frei oder trägt einen Blütenstand. Ein Stengel, der hohl und an den Internodien knotig gegliedert ist, wird Halm (*culmus*) genannt. Beispiel: Süßgräser. Als Stock (*caudex*) wird der stark verkürzte, ober- oder unterirdische Spross von meist kugeligem Gestalt und mit stark ausgebildeten Dickenwachstum bezeichnet; er trägt verkürzte Internodien mit dicht gestellten Blättern (Klee).

Im allgemeinen ist der Spross von zylindrischer Gestalt, nicht selten aber auch kantig (dreikantig bei vielen Cyperaceen, vierkantig bei den Lippenblütlern, bei *Hypericum quadrangulum* etc.); zuweilen ist er (*Cuscuta*, Fig. 99) fadenförmig oder fädlich (*filiformis*), *nodosus*, wenn die Knoten angeschwollen und die Internodien verhältnismässig dünn sind (*Polygonaceen*, *Caryophyllaceen*, *Piperaceen*, *Umbelliferen*), gegliedert (*articulatus*), wenn er an den Knoten eingeschnürt, zuweilen leicht zerbrechlich ist (*Salicornia*, *Schachtelhalme*, *Casuarinen*), blattförmig oder abgeplattet (*complanatus*), wenn der eine Querdurch-



Fig. 123. *Juncus filiformis*. *a* Habitus, *b* Blüte, *c* Frucht, *d* Fruchtquerschnitt, *e* Same.

messer bedeutend grösser ist als der andere (*Potamogeton compressus*, *Poa compressa* und *Chaixii* etc.), geflügelt (*alatus*), wenn er der Länge nach an den Kanten dünne, blattartige Leisten oder Flügel trägt wie bei *Genista sagittalis* und vielen *Lathyrus*-Arten (Fig. 124). Aehnlich verhalten sich auch zahlreiche Arten mit herablaufenden Blättern (Fig. 147). Nach der Richtung wird der Spross als gerade (*rectus*) bezeichnet, wenn die Längsachse ungefähr eine gerade Linie bildet, geschlängelt oder hin- und hergebogen (*flexuosus*), wenn er abwechselnd nach rechts und nach links biegt (*Trifolium medium*, *Solanum dulcamara*, Rispenzweige von *Deschampsia flexuosa*), gekniet (*geniculatus*), wenn er an den Knoten knieartig gekrümmt ist (*Alopecurus geniculatus*, *Seseli annuum*), nickend oder überhängend (*nutans*), wenn er im Bogen mehr oder weniger stark herabgekrümmt ist (*Melica nutans*, *Lilium martagon*, *Silene nutans*, *Polygonatum multiflorum*), übergebogen (*cernuus*), wenn er nur wenig überhängend ist (Sonnenblume), windend (*volubilis*), wenn er in einer Schraubenlinie an andern Körpern emporsteigt, kletternd (*scandens*), wenn er mittelst Wurzeln oder Ranken an andern Pflanzen emporsteigt, aufrecht (*erectus*), wenn er ziemlich senkrecht emporsteigt, aufsteigend (*ascendens*), wenn er aus der liegenden Basis allmählich emporsteigt, liegend oder niederliegend (*prostratus* oder *procumbens*), wenn er flach auf der Erde liegt und kriechend (*repens* oder *reptans*), wenn er auf dem Boden liegt und sich zugleich durch Wurzeln befestigt (*Ranunculus repens*, *Aluga reptans*). Die Aeste bezeichnet man als aufrecht (*rami erecti*), wagrecht absteigend (*horizontales*), herabhängend (*penduli*), als absteigend (*patentes*), angedrückt (*appréssi*), wenn sie mit der Hauptachse ungefähr parallel verlaufen, als rutenförmig (*virgati*), wenn sie in spitzem Winkel vom Stengel abgehen und zugleich ziemlich lang und schwach sind (*Spartium iunceum*, *Sarothamnus scoparius*, Birke), als gespreizt oder ausgesperrt (*divaricati*), wenn sie annähernd im rechten Winkel von der Hauptachse abgehen (Aeste der Weisstanne, *Araucaria* etc.).

Wie bereits früher ausgeführt wurde, können wir auf einem Querschnitt durch einen jungen Spross 3 verschiedene Gewebesysteme unterscheiden (vgl. pag. XXXV). Nach aussen hin wird der Spross durch das Hautgewebe (Epidermis mit Haaren, Kork etc.) begrenzt. Unter dem Hautgewebe liegt die Aussenrinde oder primäre Rinde, die ähnlich wie das Mark und die Markverbindungen — die letzteren stellen eine Verbindung zwischen Aussenrinde und Markkörper her — dem Grundgewebe angehören. Gewöhnlich besteht die primäre Rinde in der Hauptsache aus Parenchymzellen, in jungen Sprossen sehr häufig auch aus ungleich stark verdickten Kollenchymzellen (Fig. 34a); zumeist weist sie auch Bast oder Gruppen von Steinzellen auf. In jungen Sprossachsen — so lange die Korkhaut noch nicht entwickelt ist — führen die Parenchymzellen der primären Rinde sehr häufig auch Chlorophyllkörper. In älteren Stämmen wird sie bei der Bildung von Borke meist abgeworfen. Nicht selten ist die innerste Schicht der primären Rinde als Stärkescheide ausgebildet. Während die primäre Rinde ähnlich wie z. T. die später zu sprechende sekundäre Rinde in den allermeisten Fällen mechanische Bedeutung hat, kann sie bei verschiedenen Sträuchern mit rutenförmigen Zweigen und stark reduziertem Blattwerk auch als Assimilationsgewebe tätig sein. Dies trifft z. B. für die beiden Leguminosensträucher *Cytisus radiatus* und *Spartium iunceum* zu, die beide auf trockenen, felsigen Orten der Südalpen eigentümliche Gestrüppe bilden. Unter der nach aussen hin stark verdickten Epidermis liegt ein dünnwandiges, grünes, transpirierendes Gewebe (Fig. 125), das allerdings keinen zusammenhängenden Mantel darstellt. Durch strahlenförmige, aus Hartbast gebildete, dicke Streifen wird es in einzelne, auf dem Querschnitt als grüne Felder erscheinende Partien abgetrennt. Bei der höchst mangelhaften Ausbildung der Laubblätter übernimmt also hier die Rinde die Rolle, die an den belaubten Pflanzen sonst dem grünen Assimilationsgewebe der Laubblätter zufällt. Erst unter diesem grünen Gewebe folgt dann der Weichbast, das Cambium, Holz und Mark.



Fig. 124. *Lathyrus odoratus* mit geflügeltem Stengel und mit Blattranken.

Bei *Cytisus radiatus* befinden sich die Spaltöffnungen in tiefen, lusterfüllten Furchen, wo sie von Wasser nicht benetzt werden. Stark ausgebildet ist das Assimilationsgewebe natürlich auch in den Flachsprossen. Als drittes Gewebesystem ist das Leitungs-gewebe zu nennen, welches in Gestalt von zahlreichen Strängen die Sprosse durchzieht. Bereits früher ist der Aufbau der Leitbündel und die verschiedenartige Anordnung derselben kurz geschildert worden (pag. XL).

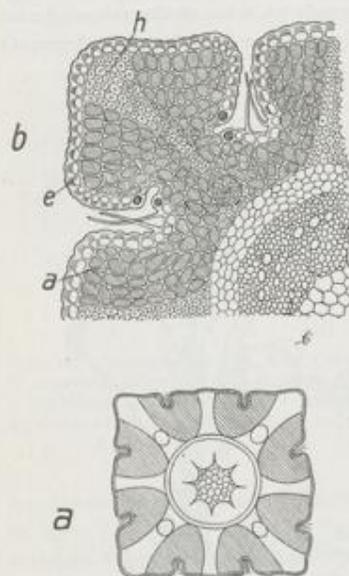


Fig. 125. *Cytisus radiatus* Koch. a Stengelquerschnitt (schematisiert). b Einzelne Partie davon vergrößert. e Epidermis, a Assimilationsgewebe, h Hartbast.

Während bei weitaus der Mehrzahl der Monokotylen und Gefässkryptogamen (Fig. 108) die Leitbündel nach einiger Zeit ihre endgültige Ausbildung erlangen, das Dickenwachstum also in der Regel begrenzt ist, nehmen bei den Dikotylen und Gymnospermen die Sprosse und Wurzeln, solange die Pflanze am Leben bleibt, an Mächtigkeit beständig zu. Dies wird durch ein Bildungsgewebe — das Cambium — vermittelt, durch dessen Tätigkeit sowohl dem Sieb- als auch dem Holzteil fortgesetzt neue zellige Elemente hinzugefügt werden. Diese können sich dann später zu Tracheen, Tracheiden, Holzfasern, Siebröhren, Bastfasern, Cambiformzellen etc. umbilden. Die Cambiumzellen sind langgezogene Elemente und stets reich an Protoplasma; sie besitzen dünne Tangentialwände und etwas verdickte und getüpfelte, radiale Wände. Stets sind sie in der Richtung des Dickenwachstums in regelmässigen Reihen angeordnet. Zur Zeit ihrer Tätigkeit zerreißen sie sehr gern, so dass die Rinde sich dann vom Holz leicht weglösen lässt.

Die Gesamtproduktion des Cambiums an Gefässen, Holzfasern und Holzparenchym wird als sekundäres Holz, die Gesamtproduktion des Cambiums an Siebröhren, Geleitzellen, Cambiformzellen, Phloëparenchym und Bastfasern als sekundäre Rinde bezeichnet.

Auf einem Querschnitt (Fig. 126a) durch einen jungen Spross mit offenen, kollateralen Leitbündeln liegen die

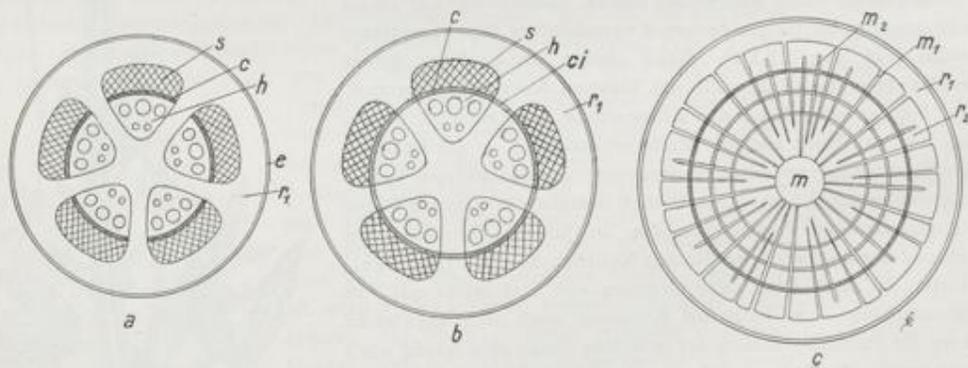


Fig. 126. Schematische Darstellung des sekundären Dickenwachstums (Querschnitte). a Spross mit Fascicularcambium, b Spross mit Interfascicularcambium, c mit sekundärem Holzkörper und sekundärer Rinde, e Epidermis. r¹ primäre Rinde, r² sekundäre Rinde, s Siebteil, h Holzteil, c Fascicularcambium, ci Interfascicularcambium, m¹ primäre Markstrahlen, m² sekundäre Markstrahlen.

Leitbündel anfänglich voneinander vollständig getrennt und sind meistens in einem Kreise angeordnet (Fig. 126a). In jedem Bündel (fasciculus) befindet sich das Cambium zwischen Holz- und Siebteil und greift seitlich nicht über das Bündel hinaus, weshalb es Fascicularcambium geheissen wird. Soll jedoch ein regelmässiges Dickenwachstum zustande kommen, so ist es natürlich notwendig, dass auch das zwischen den einzelnen Bündeln liegende Grundgewebe in die Dicke wachsen kann. Nach einiger Zeit können wir in der Tat konstatieren, dass auch zwischen den einzelnen Bündeln eine Cambiumzone aufgetreten ist (Fig. 126b); es ist das Interfascicular-Cambium, das als ein Folgemeristem, hervorgegangen aus gewissen Grundparenchymzellen, aufzufassen ist. Dadurch wird das Cambium allmählich zu einem vollständig geschlossenen, ununterbrochenen Zylindermantel ausgebildet, der auf dem Quer-

schnitt durch die Sprossachse als Kreis erscheint. In der Folge verhalten sich nun Fascicular- und Interfascicular-Cambium einander vollständig gleich oder aber mehr oder weniger verschieden. So kann in einfachen Fällen das Interfascicular-Cambium einzig eine Vermehrung der Parenchymzellen der Markstrahlen in radialer Richtung hervorrufen oder es bildet gleich dem Fascicular-Cambium an mehreren Stellen, welche dann durch Markstrahlen voneinander getrennt werden, Gefässbündelelemente. Im dritten Falle endlich erzeugen die Zellen des ganzen Cambiumringes nur Gefässbündelelemente; Fascicular-Cambium und Interfascicular-Cambium verhalten sich also ganz gleich. Die Zellen des Cambiumringes (auch in den Wurzeln) besitzen die Fähigkeit sich fortwährend — vor allem in tangentialer, doch zum Teil auch in radialer Richtung — zu teilen, so dass dadurch die Zahl der Zellen sowohl in der Richtung des Radius wie des Umfanges zunimmt. Die nach aussen gelegenen Zellen des Cambiumringes bilden sich zu Elementen des Sieb- oder Bastteiles aus (Fig. 126 c), die nach innen liegenden zu Elementen des Holzkörpers, während die mittlere Zone des Cambiumrings in teilungsfähigem Zustande erhalten bleibt. Aus den Markverbindungen gehen durch die Tätigkeit des Interfascicular-Cambiums lange und schmale Streifen von parenchymatischen Gewebe hervor, die von der Rinde bis zum Mark verlaufen. Es sind dies die primären Markstrahlen. Die sekundären Markstrahlen, die ihrer Entstehung entsprechend nicht bis zum Mark des Sprosses vordringen, kommen dadurch zustande, dass nachträglich einzelne Zellen des Fascicular-Cambiums, nachdem sie schon eine Zeitlang Holz- oder Bastelemente gebildet haben, von nun an Markstrahlparenchym erzeugen. Gewöhnlich erscheinen die Markstrahlen nur in einer Dicke von wenigen Zellschichten; ausserhalb des Markes, gegen die primäre Rinde hin, sind sie allerdings häufig stark verbreitert (Fig. 132). Auf den drei verschiedenen Hauptschnitten durch den Stamm (Querschnitt, radialer und tangentialer Längsschnitt) erscheinen die Markstrahlen in sehr verschiedenen Figuren (Fig. 127). Auf dem Querschnitt treten sie als schmale, radial verlaufende, nach dem Mittelpunkte hin konvergierende Linien auf, die meist schon vom blossen Auge oder bei Lupenvergrößerung zu erkennen sind. Im tangentialen Längsschnitt kommen sie als kurze, senkrecht stehende, strichförmige Einsprengungen von rundlichen Zellen vor, während sie im radialen Längsschnitt wiederum schmale Bänder oder Streifen darstellen. Vom Schreiner werden derartige Streifen als „Spiegel“ bezeichnet. Die Markstrahlzellen sind ungefähr backsteinförmige, in radialer Richtung gestreckte Parenchymzellen, deren Wände meist stark getüpfelt sind. Wie die Holzparenchymzellen, dienen auch sie der Stoffleitung und enthalten im Winter viele Reservestoffe (Fette, Stärke). In den Markstrahlen geht die Stoffleitung hauptsächlich in radialer Richtung vor sich, in den Holzparenchymzellen dagegen, deren Längsachsen mit denen der Sprossachsen ziemlich parallel verlaufen, in der Längsrichtung. Da das Wachstum des Holzteiles in der Sprossachse stets nach innen vorwärtsschreitet, sind die ältesten Partien des Holzkörpers stets in der Nähe des Markes zu suchen, während die ältesten Elemente des Sieb- oder Bastteiles nach der Peripherie der Sprossachse, nach dem Hautgewebe zu, gelegen sind. Das Cambium rückt natürlich mit jedem Jahr weiter nach aussen. Da nun in den verschiedenen Abschnitten der Vegetationsperioden die von dem Cambiumringe erzeugten Zellen eine verschiedenartige Ausbildung erfahren, bekommt vor allem der Holzteil eine eigentümliche, schon von blossem Auge wahrnehmbare Zonenbildung (Jahresringe). Bei unsern einheimischen Holzarten entsprechen in der Regel die aufeinanderfolgenden konzentrischen Zonen je einer Jahresproduktion des Cambiums.

Bei den Laubhölzern nimmt in jedem Jahresringe die Zahl und die Grösse der Gefässe von innen nach aussen ab. Bei den sog. zerstreutporigen Hölzern (z. B. bei der Linde, Fig. 132), beim Nussbaum, Ahorn, bei der Buche, existieren im Bau des Frühjahrs- und Sommerholzes keine wesentlichen Unterschiede; beide gehen

allmählich ineinander über. Bei den ringporigen Hölzern dagegen (z. B. bei der Esche, Ulme, Eiche) lässt sich im Frühjahrsholz deutlich ein Ring von sehr grossen Gefässen erkennen, während im Sommerholz die Gefässe bedeutend kleiner sind. Im allgemeinen kann man an Hand der Jahresringe das Alter der betreffenden Bäume bestimmen. Doch kann es gelegentlich auch vorkommen, dass innerhalb derselben Vegetationsperiode, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse oder durch Raupenfrass der Baum entblättert wurde und sich nachher wiederum belaubte, eine Verdoppelung der Jahresringe eintritt.

Im Bastteil sind die Zuwachszonen gewöhnlich nicht so deutlich ausgedrückt wie im Holz. Im allgemeinen sind die Elemente des Frühjahrsholzes gewöhnlich weitleumig, sodass sie, wie z. B. bei der Eiche, schon makroskopisch als grosse Poren erscheinen. Bei den Laubhölzern ist zudem im Frühjahrsholz eine Zunahme an Gefässen zu konstatieren, da das Frühjahrsholz vor allem der Stoffleitung zu dienen hat. Im Sommer- und Herbstholz sind die Elemente häufig tangential abgeplattet (der radiale Durchmesser ist kürzer) und stark verdickt. Bei den Dikotyledonen sind die Gefässe des Herbstholzes klein und eng oder können vollständig fehlen, während dann die Holzfasern stark dominieren. Das Sommerholz hat vor allem der Festigung der Sprossachsen zu dienen; deshalb die starke Ausbildung der mechanischen Bestandteile!

Je nach dem Alter und den Lebensbedingungen kann bei demselben Individuum die Breite der Jahresringe stark variieren. Sowohl in der alpinen wie in der arktischen Region zeigen die Jahresringe eine sehr schwache Ausbildung. Bei einem ca. 14jährigen, 1,5 mm dicken Stämmchen vom *Azalea (Loiseleuria) procumbens* wiesen die Jahresringe nur eine Breite von 0,055 mm auf. Bei einzelnen Bäumen, z. B. bei *Pinus montana* und *P. silvestris* wurde nachgewiesen, dass die Breite der Jahresringe mit dem Alter abnimmt, bei der Bergföhre gehen sie von 1,28 mm auf 0,88 mm zurück. Bei der Lärche werden umgekehrt im Alter breitere Jahresringe angelegt. Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass derselbe Jahresring an verschiedenen Stellen auch verschieden dick sein kann. Bei vielen tropischen Holzpflanzen ist überhaupt keine Jahrringbildung zu erkennen und zwar deshalb nicht, weil die Tätigkeit des Cambiums nie gänzlich unterbrochen wird.

Die Elemente des sekundären Holzkörpers sind abgesehen von den oben erwähnten Markstrahlen im allgemeinen dieselben wie wir sie bereits früher im Holz- oder Xylemteil angetroffen haben. Alle Elemente sind Produkte des Cambiums und sind ursprünglich in radialen Reihen angeordnet. Im sekundären Holzkörper der Laubhölzer können wir also Gefässe, Tracheiden, Holzfasern (Libriform), Holzparenchymzellen und Markstrahlzellen unterscheiden. Die Gefässe und Tracheiden stellen das Leitungsgewebe dar, die Holzfasern haben mechanische Bedeutung und die lebenden Holzparenchym- und Markstrahlzellen dienen hauptsächlich als Speichergewebe. Zwischen diesen genannten Typen gibt es nun noch verschiedene Uebergangsformen, so zwischen Holzfasern und Holzparenchym (Ersatzfasern, gefächerte Libriformfasern) und zwischen Holzfasern und Gefässen (Fasertracheiden). Auf die grosse Ähnlichkeit von Tracheiden und Gefässen ist bereits schon früher hingewiesen worden. In der Verteilung der Festigungs-, Leitungs- und Speichergewebe verhalten sich die einzelnen Pflanzenarten sehr verschieden. Zunächst ist hervorzuheben, dass das sekundäre Holz der Nadelhölzer keine echten Gefässe aufweist. Einzig das primäre Xylem weist noch Ring-, Spiral- und Netzgefässe auf. Später zeigt der Holzkörper der Nadelhölzer nur noch Tracheiden, deren Wände gehöfte Tüpfel besitzen (Fig. 127). Im sekundären Holz der Laubhölzer und in den Sprossachsen von grösseren, krautartigen Gewächsen stellen die Holzfasern gewöhnlich die Grundmasse dar, in welche dann die Gefässe, Tracheiden und das Holzparenchym wie eingestreut erscheinen. Im allgemeinen überwiegt in den oberirdischen Holzstämmen das mechanische Gewebe, während im Wurzelholz das Leitungsgewebe mehr in Vordergrund tritt. In saftigen Sprossachsen oder in Knollen nimmt das Speichergewebe (Kartoffel) oft so sehr überhand, dass auf dem Querschnitt die Gefässbündel nur als vereinzelte Punkte in der dünnwandigen, saftreichen Parenchymmasse auftreten. Die sog. Kammerfasern oder quergefächerten Fasern enthalten in jeder Zelle einen Kristall von oxalsaurem Kalk. Auch Harzgänge, die wir früher als interzelluläre Sekretbehälter kennen gelernt haben, kommen nicht selten im sekundären Holz vor. Während bei vielen Bäumen (Splinthölzer) das Holz bis ins Alter seine lebenden Elemente beibehält, tritt bei andern Holzarten nachträglich im Holzkörper eine Veränderung ein, die man als Verkernung des Holzkörpers bezeichnet (Kernhölzer). Dadurch unterscheidet sich das äussere, jüngere, lebende Holz, der Splint, wesentlich von dem älteren, inneren, toten Holzkörper, dem Kernholz. Die Verkernung beruht im allgemeinen darauf, dass in dem bereits fertigen Holz Harze, Holzgummi, Gerbstoffe, verschiedene Farbstoffe (Xylochrome) und zwar sowohl in den Hohlräumen der Zellen als auch in den Gefässen auftreten. Dadurch wird das Kernholz meist dunkler, schwerer, fester und weniger wasserreich als das Holz der äusseren, nicht verkerneten Zonen. Dem Kernholz kommt nur noch mechanische Bedeutung zu; für die Leitung hat es nicht mehr zu sorgen. Das Saftsteigen geht ausschliesslich durch die jüngsten Teile des Splintes

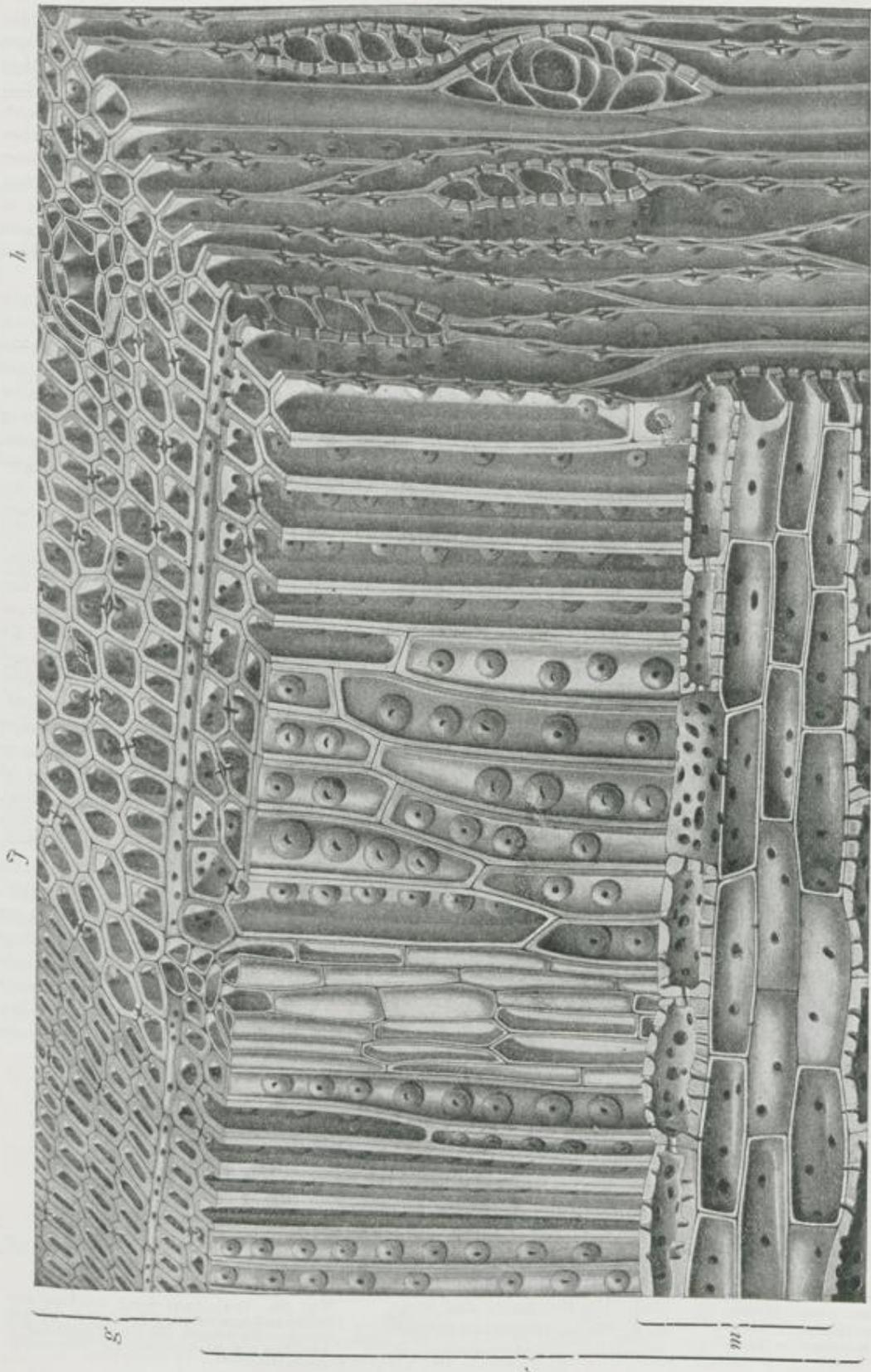


Fig. 127. Kiefernholz (*Pinus nigra*). Kombiniertes Querschnitt (*g*), radialer (*r*) und tangentialer (*t*) Längsschnitt. Der Holzkörper besteht aus Tracheiden mit Hoftüpfeln und aus parenchymatischen Markstrahlzellen. *w* Markstrahl, *k* Harzgang. *p* Grenze eines Jahrringes.

(2 bis 6 Jahrringe) vor sich. Stark gefärbte Kernhölzer werden als Farbhölzer bezeichnet, so das rote Sandelholz von *Pterocarpus santalinus*, das Ebenholz von *Diospyros ebenum*, das Bleistifholz von *Juniperus Virginiana*, das Campecheholz von *Haematoxylon Campechianum*, das Fernambukholz (*Caesalpinia*-Arten), das gelbe Holz von *Maclura aurantiaca* (eine *Moracee* aus Nordamerika), das Palisander- und Teakholz (*Tectona grandis*); auch die Eichen, Ulmen, der Walnussbaum, der Goldregen usw. besitzen ein dunkles Kernholz. Birke, Buche, Fichte gehören zu den Splintbäumen, deren Holz im Alter keine wesentliche Veränderungen erfährt. Neben der Verkernung tritt im älteren Holz als weitere sekundäre Erscheinung zuweilen die Tyllenbildung auf. Diese besteht darin, dass Nachbarzellen durch die dünnen Wandstellen der Tüpfel in die Hohlräume der Gefässe eindringen und hier zu blasigen Ausstülpungen heranwachsen. In diesen eingedrunghenen Zellen können in einzelnen Fällen sogar Teilungen erfolgen, sodass dann ein eigentümliches Gewebe, das den Hohlraum der Gefässe vollständig ausfüllen kann, zur Ausbildung gelangt. Derartige Wucherungen (Tyllen) kann man z. B. im Holz der falschen Akazie (*Robinia pseudacacia*) beobachten.

Um sich von dem Aufbau und der Anordnung des sekundären Holzkörpers eine richtige räumliche Vorstellung machen zu können, bedient man sich der drei obengenannten Schnitte. Die Schnittfiguren sind, wie man sich aus Figur 127 leicht überzeugen kann, voneinander wesentlich verschieden. Der Querschnitt verläuft rechtwinklig zur Längsachse und gibt im allgemeinen eine kreisförmige Fläche, während die beiden Längsschnitte — der radiale und der tangentiale — mit der Längsachse parallel verlaufen und die Querschnittfläche unter einem rechten Winkel schneiden. Beim radialen Längsschnitt verläuft die Schnittfläche in der Richtung des Radius, beim tangentialen Längsschnitt in einiger Entfernung vom Zentrum in der Richtung der Tangente. Die Linie, in welcher der Längsabschnitt die Querschnittfläche schneidet, bildet in dem Kreise des Querschnittes eine Sehne. Wie bereits früher betont wurde, sind es vor allem die Markstrahlen, welche auf den drei Schnitten ganz verschiedene Figuren abgeben und deshalb für die Richtung der betr. Schnitte als sichere Erkennungsmerkmale verwendet werden können.

Hinsichtlich des anatomischen Aufbaues des Holzkörpers zeigen Nadel- und Laubhölzer bedeutende Unterschiede. Das Koniferenholz ist viel einfacher gebaut als das Holz der Dikotylen. Wenn wir von den Harzgängen, den sie begleitenden Parenchymzellen sowie von den Markstrahlen absehen, setzt sich der Holzkörper der Nadelhölzer nur aus Tracheiden mit höfgetüpfelten Wänden, die der Festigung dienen, zusammen; die Markstrahlen dagegen stellen das Speichergewebe dar (Fig. 127). Die Mehrzahl der gehöften Tüpfel (vgl. auch Fig. 14 b) liegt auf den radialen Wänden der Tracheiden. Auf dem Querschnitt kann man leicht einen Unterschied zwischen Frühjahrsholz und Herbstholz konstatieren. Die Tracheiden des Frühjahrsholzes sind weitlumiger und dünnwandiger als diejenigen des Herbstholzes. Die Markstrahlen erscheinen auf dem Querschnitt als einreihige, schmale, radial verlaufende Streifen. In Fig. 127 ist rechts oben ein Harzgang im Querschnitt zu sehen. Die gehöften Tüpfel sind quer getroffen. Der radiale Längsschnitt (in Fig. 127 die Vorderseite) ist durch die Form der gehöften Tüpfel gut charakterisiert. Die Tüpfel erscheinen hier in Gestalt von zwei, meist konzentrischen Kreisen, von denen der innere, der zuweilen auch schlitzförmig ausgebildet ist, den Eingang in den Tüpfelkanal darstellt, während der äussere den Umfang der höfartigen Erweiterung im Innern der Tracheidenwandung angibt. Die Tracheiden sind langgestreckte, verholzte Elemente; die Markstrahlen sind bandförmig und verlaufen

senkrecht zur Längsrichtung der Tracheiden. Die äusseren Zellen der Markstrahlen zeigen deutlich getüpfelte Wände. Auf dem tangentialen Längsschnitt treten besonders die Gruppen der einzelligen Markstrahlen hervor, die allerdings gelegentlich — wenn sie einen Harzgang in sich aufnehmen — mehrreihig werden können. Die Tracheiden, die spitz endigen, sind wie beim radialen Längsschnitt der Länge nach getroffen, während die gehöften Tüpfel quer getroffen werden. Bei einzelnen Tüpfeln ist im Innern auch die Schliesshaut, die in der Mitte verdickt ist (Torus), zu erkennen. An der äusseren Grenze des Holzkörpers liegt der Cambiumring.

Der Holzkörper der Dikotylen zeigt ein ganz anderes Bild. Auf dem radialen Längsschnitt erkennt man die ziemlich weiten Gefässe und die mit spiraligen Verdickungsleisten versehenen Tracheiden. Die Holzfasern sind lange, an den Enden zugespitzte Sklerenchymfasern. Die Markstrahlen ver-

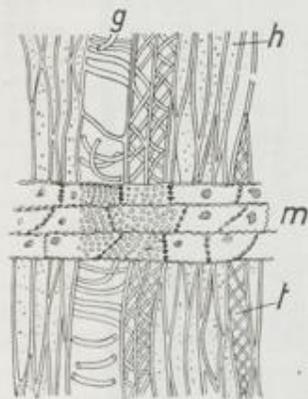


Fig. 128. Stück vom radialen Längsschnitt eines Lindenastes. *g* Gefäss, *h* Holzfasern, *t* Tracheiden, *m* Markstrahl.

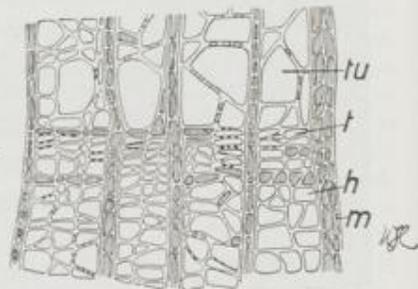


Fig. 129. Querschnitt durch das Holz von *Tilia*. *tu* Tüpfelgefäss, *t* Tracheiden, *h* Holzfasern, *m* Markstrahl. Die schraffierten Zellen zwischen den Markstrahlen sind Holzparenchymzellen.

laufen als mehr oder weniger breite Bänder quer zu der Längsrichtung der übrigen Gewebeelemente. In Fig. 132, welche einen Querschnitt durch einen zweijährigen Lindenzweig darstellt, bemerken wir im Zentrum das grosszellige Mark (*m*), dessen Zellen zum Teil Kristalldrüsen aufweisen. Der Holzkörper (*h*) wird von den Markstrahlen in radialer Richtung durchzogen. Neben den Gefässen, von denen einzelne Tüpfel aufweisen, bemerken wir auf Fig. 128 und 129 Tracheiden, Holzfasern, Holzparenchym und Markstrahlzellen. Die beiden letzten Elemente besitzen im ausgewachsenen Holz allein noch einen lebenden Protoplasmahalt; die Gefässe, Tracheiden und Holzfasern sind mit Luft oder Wasser erfüllt.

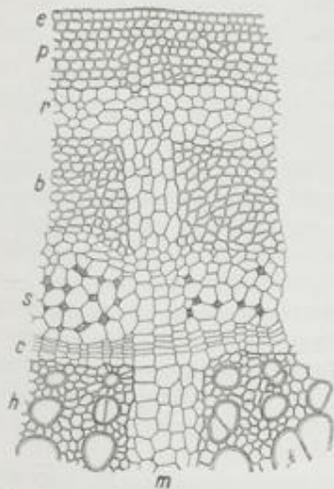


Fig. 130. Querschnitt durch die Rinde von *Aristolochia siphon*. *e* Epidermis, *p* Periderm, *r* primäre Rinde, *b* Bast der sekundären Rinde, *s* Phloem, *c* Cambium, *h* Holzkörper, *m* Markstrahl.

Die ausserhalb vom Cambium gelegene sekundäre Rinde erreicht niemals eine solche Mächtigkeit wie der Holzkörper. Sie setzt sich aus Siebröhren, Geleitzellen, Bastfasern, Cambiformzellen und Phloëparenchymzellen zusammen, die gewöhnlich eine unregelmässige Anordnung zeigen. Zuweilen sind zwar die Bastfasern in bestimmten Schichten angeordnet. Eine Jahresringbildung

ist in der sekundären Rinde nicht zu konstatieren. Aehnlich wie im Holzkörper durchziehen die Markstrahlen als schmale Zellreihen die sekundäre Rinde. Nicht selten verbreitern sich dieselben aber auch ganz bedeutend und gliedern dann, wie besonders auf dem Querschnitt (Fig. 132) leicht zu beobachten ist, die sekundäre Rinde in einzelne trapezförmige Abschnitte (Rindenstrahlen). Die Wände der Bastfasern sind zuweilen sehr stark verdickt, so dass das Lumen fast gänzlich verschwinden kann. Die zarten Elemente

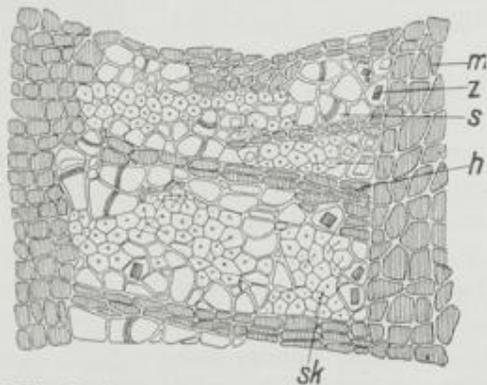


Fig. 131. Partie durch die sekundäre Rinde von *Tilia*. *m* Markstrahl, *z* Kristallführende Zelle, *s* Siebröhre, *h* Parenchymbrücke, *sk* Sklerenchymzellen.

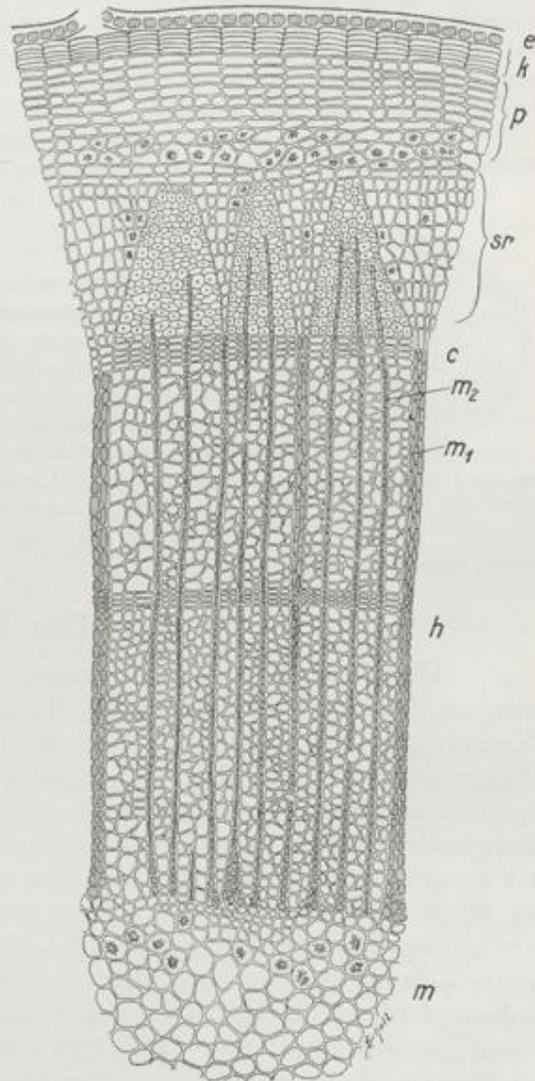


Fig. 132. Querschnitt durch einen zweijährigen Lindenzweig. *m* Mark, *h* Holzkörper, *c* Cambium, *m*₁ primäre, *m*₂ sekundäre Markstrahlen, *sr* sekundäre Rinde, *p* primäre Rinde, *k* Korkhaut, *e* Epidermis.

der sekundären Rinde (Siebröhren, Parenchym) dienen zum Transport oder zur Speicherung von Eiweissstoffen, Kohlehydraten, Fetten. Alle die in den Blättern gebildeten Baustoffe wandern nämlich durch das Phloëmparenchym und die Siebröhren in der Rinde abwärts oder treten durch die Markstrahlen in den Holzkörper ein. Nach aussen hin schliesst die sekundäre Rinde an die primäre Rinde an, welche letztere keine Markstrahlen und Siebröhren mehr aufweist. Noch weiter aussen folgt dann das Korkcambium mit der von ihm erzeugten Zellschicht, der Korkhaut und schliesslich die Epidermis, die gewöhnlich schon stellenweise gesprengt ist (Fig. 132).

Bei den Monokotyledonen kommt sekundäres Dickenwachstum nur bei einzelnen baumartigen Liliaceen (*Yucca*, *Cordylone*, *Aloë*) und Amaryllideen (*Agave*) vor. Bei diesen werden ausdauernde Stämme gebildet, welche ihren Umfang sekundär vergrössern können. Innerhalb der primären Rinde liegt ein cambiales Gewebe, dessen Zellen sich wie in den Sprossachsen der Dikotylen hauptsächlich durch tangentielle Wände teilen. In dieser ziemlich breiten Gewebezone werden beständig Grundgewebezellen und vereinzelte Leitbündel gebildet, die wie bei den übrigen Monokotylen mit fehlendem sekundärem Dickenwachstum zerstreut angeordnet sind. Nach aussen hin wird von dem Cambiumringe etwas dünnwandiges Rindengewebe abgeschieden. Bei den heute lebenden Gefässkryptogamen kommt sekundäres Dickenwachstum einzig bei den beiden Gattungen *Isoëtes* und *Botrychium* vor. Bei *Isoëtes* erzeugt der Cambiumring hauptsächlich parenchymatisches Rindengewebe. Dagegen war bei den vorweltlichen Gefässkryptogamen das sekundäre Dickenwachstum sehr stark entwickelt.

Ein ähnliches, abnormales sekundäres Dickenwachstum, das mit den Anforderungen an die Zug- und Biegefestigkeit der Stämme im engen Zusammenhange steht, zeigen zahlreiche Lianen aus den Familien

der Bignoniaceen, Sapindaceen, Malpighiaceen, Leguminosen (*Bauhinia*), Aristolochiaceen etc. Bei einigen Arten wird der Holzkörper durch grosse, weiche Parenchymmassen in einzelne Stränge gespalten, was dadurch zustande kommt, dass der Cambiumring frühzeitig ungleich tätig ist, indem vor allem die Holzproduktion an einzelnen Stellen vollständig unterbleibt. Andere Lianen (so einige Sapindaceen aus den Gattungen *Serjania* und *Paullinia*) besitzen einen scheinbar zusammengesetzten Holzkörper (Fig. 133). Abweichend von dem allgemeinen Typus sind hier zahlreiche, voneinander gänzlich unabhängige Cambiumringe vorhanden, von denen jeder sich wie ein normaler Cambiumring verhält, d. h. nach aussen hin sekundäre Rinde nach innen Holz erzeugt. Bei andern Arten aus den Familien der Chenopodiaceen, Aizoaceen, Phytolaccaceen hört die Tätigkeit des ursprünglichen Cambiumringes bald auf. Ausserhalb des primären Gefässbündelringes tritt ein neues, sekundäres Cambium auf, welcher Vorgang sich noch



Fig. 133. Zusammengesetzter Holzkörper einer Sapindacee.

weiter wiederholen kann.

Das Laubblatt.

Die Laubblätter (*folia*) entstehen an der Oberfläche der Sprosse (*exogen*), besitzen ein begrenztes Wachstum und haben im ausgewachsenen Zustande gewöhnlich eine ganz bestimmte Form angenommen. Als kleine Höcker oder Warzen (Fig. 81) werden sie am Vegetationspunkt des Sprosses angelegt (Primordialblätter). In vielen Fällen teilt sich das junge Blatt bald in Blattgrund und Oberblatt; der Blattstiel bildet sich gewöhnlich erst zuletzt aus. Da das Wachstum am Blattgrunde ein sehr intensives ist, bildet dieser für die junge Anlage eine schützende Hülle. Im Gegensatz zu dem Sprosse liegt also beim Laubblatt die wachstumfähige Gewebepartie — wenigstens bei den Samenpflanzen — nicht am Scheitel, sondern bedeutend hinter der Blattspitze (*interkalares Wachstum*). Die Blätter der Farne dagegen zeigen gewöhnlich Spitzenwachstum. Die Lebensdauer der Laubblätter ist im allgemeinen keine grosse. Die Mehrzahl lebt im ausgewachsenen Zustande nicht länger als eine Vegetationsperiode. Nur die immergrünen Blätter (*Laurus*, *Ilex*, *Buxus*, *Daphne laureola*, *Vinca*, *Polygala*



Fig. 134. Blatt vom Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*). f) Blattspreite, s) Blattstiel, sp) Blattscheide

chamaebuxus, Vaccinium vitis idaea, Arctostaphylos uva ursi, Sempervivum etc.) überdauern mehrere Vegetationsperioden. Die Blätter der Kiefer werden ungefähr 3 Jahre, die der Fichte 12 bis 13 Jahre alt. Bei einem vollkommenen, ausgewachsenen Laubblatt können wir Blattstiel, Blattscheide und Blattspreite oder Blattfläche unterscheiden (Fig. 133).



Fig. 135. Blatt von Citrus (Orange), mit geflügeltem Blattstiel.



Fig. 136. Schildförmiges Blatt vom Nabelkraut (Hydrocotyle).

Der Blattstiel (petiolus) ist der untere, stabförmige, meist stielrunde, zuweilen kantige, flache, rinnige oder geflügelte (Citrus, Fig. 135) Teil des Blattes, dessen Länge in einem gewissen Verhältnis zur Blattspreite steht. Grosse, breite Blattflächen besitzen meistens sehr lange Stiele; schmale, gestreckte Blattflächen dagegen kurze Stiele. Bei den sitzenden Blättern (Fig. 146 a) fehlt er vollständig. Bei einigen Schwimmpflanzen, z. B. bei der Wassernuss (Trapa natans) und bei Eichhornia crassipes (Pontederiacee aus dem tropischen Amerika) ist der Blattstiel blasenförmig angeschwollen und stellt mit seinem zarten, luftführenden Gewebe ein Schwimmorgan dar (Fig. 137). Während im allgemeinen der Blattstiel an dem basalen Rande der Blattspreite eingefügt ist, ist er bei den schildförmigen Blättern (folium peltatum) in der Mitte oder fast in der Mitte der Blatt-



Fig. 137. Blasenförmig angeschwollene Blattstiele, a von Eichhornia crassipes, b von Trapa natans.

unterseite inseriert (Fig. 136). Die Entwicklungsgeschichte lehrt uns, dass dicht an der Stielinsertion des Oberblattes liegende Zonen spreitenartig auswachsen, so dass dann die untersten Blattlappen miteinander vereinigt werden.

Schildförmige Blätter finden sich bei verschiedenen Wasserpflanzen (Lotusblume, Victoria regia), bei den Kapuzinerkressen (Tropaeolum), beim Wassernabel (Hydrocotyle) usw. Bei einigen Pflanzen, bei denen die Blattspreiten verkümmert sind, wird der Blattstiel breit, flächenartig und dient als Assimilationsorgan (Phyllodium). Beispiele: Neuholländische Akazien (Fig. 137), Oxalis rusciformis, Nepenthes (pag. CVII, Fig. 174). Bei den erstern tragen die jungen Blätter noch deutlich zusammengesetzte Blattspreiten; im erwachsenen Zustande kommen nur noch Phyllodien vor, die alle vertikal gestellt sind. Phyllodienbildung und Vertikalstellung helfen beide mit die transpirierende Oberfläche zu verringern. Von den ähnlichen Phyllokladien (pag. LXXVI) unterscheiden sich die Phyllodien wesentlich dadurch, dass sie in ihren Achseln — als Blattorgane — Knospen tragen.

Blattscheide (vagina) heisst der etwas verbreiterte unterste Teil des Blattstieles bzw. der Blattfläche, der zuweilen den Stengel mehr oder weniger röhrenartig umgibt. Bei vielen Blättern ist die Scheide allerdings nicht oder nur unvollständig ausgebildet; sehr verbreitet ist sie bei den Monokotylen, vor allem bei den Araceen, Bromeliaceen, Glumifloren, Commelinaceen, Orchideen etc. Bei den Gramineen und Cyperaceen schliesst sich die Scheide dem Stengel ziemlich fest an; vorn ist sie zuweilen gespalten und die Ränder sind übereinander gerollt. Die Blattscheide trägt wesentlich dazu bei die Biegefestigkeit des Stengels zu erhöhen; andererseits schützt sie die jungen Spross-



Fig. 138. Keimpflanzen einer neuholländischen Akazie.

abschnitte oder dient als Schutz (Glumifloren) der unteren, zarten, noch im Wachstum (interkalar) begriffenen Teile des Internodiums. Im ausgewachsenen Zustande deckt sie nicht selten die



Fig. 139. Blatt mit stark entwickelter Blattscheide einer Doldenpflanze (Angelica).

Achselknospe des Blattes. Unter den Dikotylen haben besonders die Doldenpflanzen und viele Ranunculaceen (Fig. 134) Blattscheiden. Besonders bei den erstern ist sie gewöhnlich stark ausgebildet, nicht selten bauchig oder blasig aufgetrieben und steht von der Sprossachse oft ziemlich stark ab (Fig. 139). Die Blätter verschiedener Cyperaceen, Gramineen, Juncaceen usw. sind bis auf die Scheide reduziert (Scheidenblätter) und gehören in die Kategorie der Niederblätter. An der Grenze von Blattspreite und Blattscheide findet sich bei verschiedenen Pflanzengruppen (vor allem bei den Gramineen) auf der Oberseite der Spreite ein \pm deutlicher, trockenhäutiger (bis 4 cm langer) Auswuchs, die Ligula, die nicht selten behaart oder gefranst ist oder seitlich in Ohrchen endigt; sie wird oft als ein blattachselständiges Nebenblatt (Axillarstipel) aufgefasst, welches bis zur Grenze von Scheide und Spreite emporgehoben wurde. Sie tritt erst ziemlich spät in Funktion und ist vor allem als Knospenschutz tätig; vielleicht bildet sie auch einen Schutz gegen die auf der Spreite herabströmende Feuchtigkeit, die Bakterien und Pilzsporen mitbringen könnte. An der Basis ist der Blattstiel hier und da etwas angeschwollen (Blattkissen oder Blattpolster). In diesem angeschwollenen Teile

finden Drehungen statt, durch welche das Blatt in günstige Lagen zum Licht gebracht werden kann (Leguminosen). Auch die Schlafbewegungen, die durch Reizung (Tageswechsel oder mechanische Reizung) bei verschiedenen Mimosen, Oxalidaceen, Papilionaceen auftreten, vollziehen sich in den Gelenken der einzelnen Blättchen und zwar erfolgt die Bewegung durch Turgorschwankungen. Bei der Gartenbohne sind die Blättchen am Tageslicht horizontal ausgebreitet; bei Eintritt der Dunkelheit werden sie annähernd vertikal gestellt.

Die Blattspreite oder Blattfläche (lámina), die im allgemeinen eine dünne grüne Gewebeplatte von mannigfaltiger Form darstellt, entspricht dem Oberblatt der jungen Blattanlage.

Da die Form, die Beschaffenheit des Blattes, die Ausbildung des Blattrandes etc. für das Erkennen und Bestimmen einer Pflanze von grosser Wichtigkeit ist, mögen zunächst — vom rein morphologischen Standpunkte aus — die wichtigsten Blattformen kurz genannt werden. In erster Linie kann man zwischen einfachen oder ungeteilten (fólium simplex) und zusammengesetzten (fólium compósitum) Blättern unterscheiden. Bei den letztern sind die einzelnen Teile, die Blättchen (foliola), mit dem gemeinsamen Blattstiel oder Blattspindel (rháchis) gelenkig verbunden. Zuweilen besitzen sie noch einen besondern Stiel (petiólulus) und fallen nicht selten einzeln ab. Das einzelne Blatt — auch wenn es noch so sehr gegliedert ist (Kartoffelblatt) — stellt immer ein ununterbrochenes Ganzes dar, dessen einzelne Abschnitte niemals gelenkig verbunden sind. Das Blatt fällt als ganzes ab und hinterlässt am Stengel eine Blattnarbe. Wenn das einfache Blatt ungeteilt ist, wird es, wenn die Spreite keine oder nur am Rande seichte Einschnitte zeigt, als ungeteilt (indivísium oder íntegrum) bezeichnet. Sind tiefere Teilungen vorhanden, so heisst das Blatt, wenn die Einschnitte die Mitte der Spreitenhälften nicht erreichen, gelappt (lobátum), gespalten (físsum), wenn diese bis zur Mitte (aber nicht darüber hinaus) gehen, geteilt (partítum), wenn die Einschnitte bis über die Mitte oder bis gegen den Grund der Spreitenhälften reichen und geschnitten (séctum), wenn diese bis zur Mittelrippe oder bis zum Grunde der Spreite reichen. Je nachdem die Einschnitte nach dem Blattgrund zu stark konvergieren oder auf der Mittelrippe \pm senkrecht stehen, ist die Teilung eine finger- oder fiederartige. Nach dem Gesamtumriss der Blattfläche, der insbesondere von dem Verhältnis des Längen- zum Querdurchmesser abhängt, ist das einfache Blatt entweder kreisrund (orbiculáre,

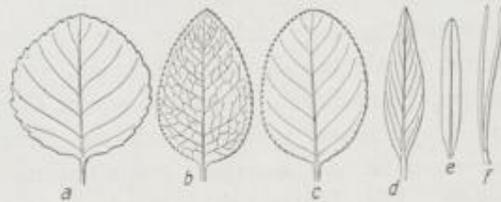


Fig. 140. Blattformen.

Fig. 140 a, Zitterpappel, Hydrocotyle), eiförmig oder eirund (ovatum, Fig. 140 b, Heidelbeere, Capparis, Urtica urens), elliptisch oder oval (ellipticum, Fig. 140 c, Amelanchier), länglich (oblongum, Fig. 140 d, Castanea, Endblättchen des Wundklee), linealisch (lineare, Fig. 140 e) von zwei parallelen Linien umgrenzt (Gräser, Leinkraut), nadeelförmig (acerosum), deltaförmig oder dreieckig (triangularis, Fig. 141 a, Gartenmelde), rautenförmig (rhombum, Fig. 141 b, Wassernuss, Pyramiden-Pappel), lanzettlich (lanceolatum, Waldmeister, Salix alba), in der Form ein krummliniges Zweieck, dessen Längendurchmesser die Breite dreimal oder mehr übertrifft, pfriemlich (subulatum, Hippuris, Scleranthus, Wacholder), d.h. schmal, in die Länge gezogen und in eine feine Spitze verschmälert, schwertförmig (ensiformis, z. B. Iris). Weitere Ausdrücke wie rundlich, verkehrt-eiförmig usw. sind direkt verständlich. Ist der Blattgrund (Basis) spitz ausgeschnitten, so wird er herzförmig (Fig. 141 c, Vincetoxicum, Tilia) bezeichnet, ist er dagegen stumpf ausgeschnitten, so heisst er nierenförmig (Fig. 141 f, Asarum, Aristolochia clematitis, Glechoma hederacea.) Sind die Lappen zu beiden Seiten des Ausschnittes nach rückwärts verlängert und laufen sie unter stumpfem Winkel zusammen, so wird der Blattgrund spießförmig (Fig. 141 d, Rumex acetosa Atriplex) genannt; laufen sie aber unter spitzem Winkel zusammen, so heisst er pfeilförmig (Fig. 140 e, Sagittaria, Isatis tinctoria, Convolvulus arvensis.) In der Regel ist das Blatt seitlichgleich (symmetrisch) ausgebildet, seltener sind die beiden

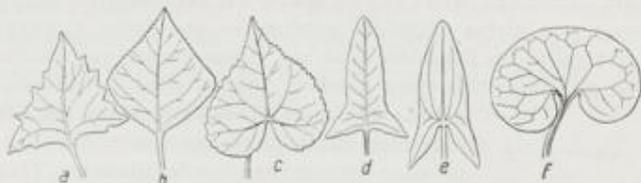


Fig. 141. Blattformen (a und b) und Ausbildung der Blattbasis (c bis f).

Blathälften (besonders deutlich am Blattgrund) ungleich ausgebildet (asymmetrisch), so bei den Begonien (Schieblblatt), Ulmen (Fig. 142), beim Maulbeerbaum. Nicht selten ist der Blattgrund in den Blattstiel mehr oder weniger keilförmig verschmälert (cuneatus). Auch die Blattspitze (ápx) ist verschieden ausgebildet. Sie ist stumpf (obtusus), wenn die Spitze einen stumpfen Winkel bildet, gerundet (rotundatus), wenn sie einen erhabenen Kreisbogen darstellt (Amelanchier), abgestutzt (truncatus), wenn sie durch eine gerade Linie begrenzt wird (Blättchen von Coronilla, Trifolium minus), eingeschnitten (Fig. 143 b, Teilblättchen von Oxalis acetosella), ausgerandet (emarginatus, Fig. 143 c, Salix retusa), spatelförmig (spatulatus, Fig. 143 a,



Fig. 142. Einfache, asymmetrische Laubblätter. a von Begonia, b von Ulmus.

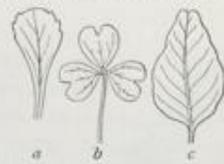


Fig. 143. Ausbildung der Blattspitze.

Bellis perennis), wenn bei Verschmälierung des Blattgrundes die Spitze abgerundet ist. Spitz (folium acutum) heisst das Blatt, wenn die Spitze von einem spitzen Winkel gebildet wird (Lysimachia vulgaris), zugespitzt (acuminatum, cuspidatum), wenn der betr. Winkel sehr spitz ist (Flieder, Bohne). Setzt sich der Mittelnerv als kurze Spitze (múcro) über die Blattfläche hinaus fort, so heisst das Blatt stachelspitzig (mucronatus, z. B. Wicken).

Beim zusammengesetzten Blatt entspringen die

Teilblättchen entweder alle an einem Punkte an der Basis des Blattes, hand- oder fingerförmiges Blatt (folium digitatum, Fig. 144 a bis c) oder die Teilblättchen sitzen zu beiden Seiten der Blattspindel, fiederförmiges Blatt (f. pinnatum, Fig. 144 d bis k). Je nachdem beim fingerförmigen Blatttypus 3, 5 oder 7 Blättchen auftreten, spricht man von dreizähligen oder gedreiten (ternatum, Fig. 144 a, Kleearten), fünfzähligen oder fünffingerigen (Fig. 144 b, quinatum, Fingerkräuter, verschiedene Frauenmantelarten) und siebenzähligen oder siebenfingerigen (septemnatum, Fig. 144 c, Rosskastanie) Blatte. Beim gefiedertem Blatt unterscheiden wir unpaarig gefiederte (Fig. 144 k, impari-pinnatum, z. B. Anthyllis,



Fig. 144. Gefingerte und gefiederte Blatttypen.

Robinia), wenn das Blatt an der Spitze ein einzelnes, unpaares Blättchen trägt und paarig-gefiederte (Fig. 144e, pari-pinnatum, z. B. Lathyrus-Arten) Blätter, wenn das unpaare Fiederblättchen an der Spitze fehlt. Je ein Paar Teilblättchen heisst ein Joch (júgum), daher einpaarig- (unijúgum, Fig. 144d, Lathyrus silvestris), mehrpaarig- (multijúgum) etc. gefiedertes Blatt. Stehen die Fiederblättchen einander gerade gegenüber, so spricht man von einem gegenüberstehend-gefiederten Blatt (f. oppósite-pinnatum, Fig. 144k), bilden die Blättchen keine Paare oder Joche, von einem abwechselnd-gefiederten (f. alternátim-pinnatum, Fig. 144f) Blatt. Beim unterbrochen-gefiederten Blatt (f. interrúpte-pinnatum, Fig. 144g, Agrimonia) wechseln grosse und kleine Blättchen miteinander ab. Beim fussförmigen Blatt (pedátum, Fig. 144i, Helleborus niger) gehen die Blättchen nicht von einem Punkte aus, sondern stehen wie die Zehen am Fusse nebeneinander. Sind die Abschnitte eines geteilten Blattes selbst wiederum geteilt, so spricht man von einem doppelt-



Fig. 145. Ausbildung des Blattrandes.

fiederteiligen (pinnati-bipartitum, Fig. 144h, Achillea millefolium), von einem dreifach-fiederschnittigen (tripinnatiséctum, Thalictrum), von einem doppelt-dreizähligen Blatt (biternatum, Aegopodium podagraria) etc. Bei den mehrfach zusammengesetzten Blättern (folia decompósita oder supra-decompósita) heissen die Fiedern erster Ordnung pinnae, die höherer Ordnung pinnulae.

Hinsichtlich der Ausbildung des Blattrandes der einfachen oder geteilten Blätter heisst das Blatt ganzrandig (f. integrírum), gesägt oder sägezählig (serrátum) und zwar einfach- (Fig. 145a), scharf-, spitz-



Fig. 146. Sitzendes (a), stengelumfassendes (b), verwachsenes (c) und durchwachsenes (d) Laubblatt.

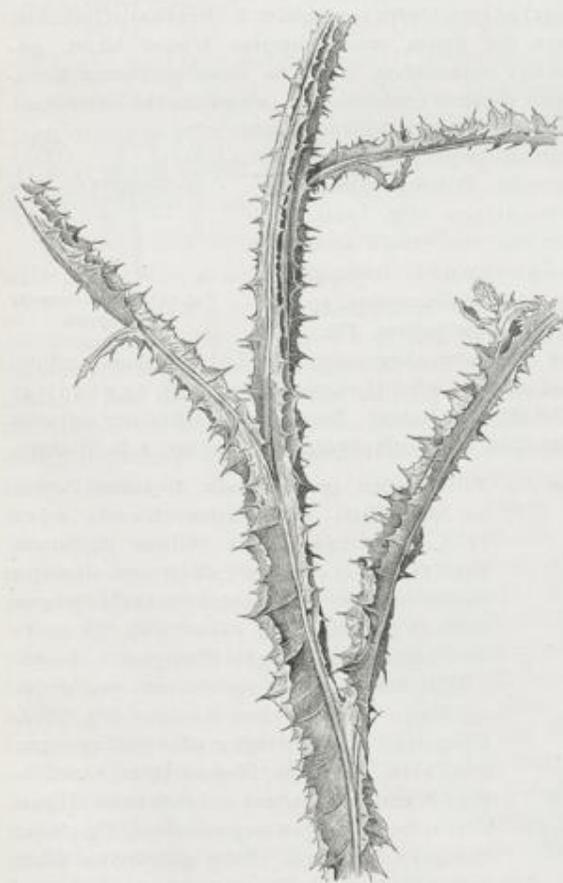


Fig. 147. Herablaufende Blätter (gefúgelte Stengel) von Onopordon acanthium.

oder doppelt (Fig. 145b) gesägt, ferner gezähnt (dentatum) und zwar einfach- (Fig. 145c), doppelt- (Fig. 145d), grob- oder dornig- (Fig. 145e) gezähnt, gekerbt (crenatum), spitz-, stumpf- (Fig. 145f), einfach- und doppelt (Fig. 145g) gekerbt, ausgeschweift (repandum, Fig. 145h) und buchtig (sinuatum, Fig. 145i). Nach der Anheftung der Blätter bezeichnen wir dieselben als sitzend (f. sessile, Fig. 146a und d), wenn kein Blattstiel entwickelt ist, als gestielt (petiolatum), wenn die Blattfläche mittels eines Stieles am Stengel oder am Zweige befestigt ist. Das sitzende Blatt heisst stengelumfassend (amplexicaule, Fig. 146b), wenn das Blatt den Stengel ganz oder fast ganz umgibt (Lamium amplexicaule, Hieracum amplexicaule), als durchwachsen (perfoliatum), wenn die Blattzipfel miteinander vor dem Stengel verwachsen sind (Fig. 146d, Bupleurum, Chlora perfoliata) und verwachsen (connatum), wenn zwei gegenständige Blätter mit ihrer Basis zu einem Blatte vereinigt sind (Fig. 146c, Lonicera-Arten). Bei dem herablaufenden Blatte setzt sich die Blattfläche am Stengel nach abwärts fort (Fig. 147, Distel- und Verbascum-Arten). Was die Konsistenz der Blätter anbetrifft, so gibt es krautartige (f. membranaceum), lederige (coriaceum), fleischige (carnosum) Formen. Weiter werden abfallende (deciduum), bleibende (persistens) und immergrüne (sempervirens) Blätter unterschieden. Die Blattoberfläche ist entweder eben (folium planum), wenn sie in allen Teilen in einer Ebene liegt, wellig oder wellenförmig (undulatum), mit regelmässig abwechselnden Erhöhungen und Vertiefungen auf der Blattoberfläche oder am Blattrande (Potamogeton crispus), kraus (crispum) mit unregelmässigen Erhöhungen, runzlig (rugosum), gefaltet (plicatum) oder zurückgerollt (revolutum).

Die wichtigste Aufgabe des Laubblattes ist die Kohlensäureassimilation, die jedoch nur unter der Einwirkung des Lichtes und bei Anwesenheit von Chlorophyll vorsichgehen kann. Sowohl die Form wie die Stellungsverhältnisse der Laubblätter sind nun derart, dass die Blätter in möglichst günstiger Weise belichtet werden. Sehen wir zunächst von den unter besonderen Lebensbedingungen wachsenden Blättern (Wasserpflanzen, Pflanzen von sehr sonnigen und trockenen Standorten, tierfangende Pflanzen etc.) ab, so zeigt es sich, dass für die Ernährungsarbeit des normalen Blattes eine möglichst grosse und dünne Blattspreite von grossem Vorteil ist; deshalb auch die grosse Zahl von Laubblättern mit den bekannten dünnen, grossen, ausgebreiteten Blattflächen. Durch die Blattnerven, die als feste Stränge das Blatt durchziehen, wird die dünne Gewebsplatte flach ausgespannt. Dadurch erhält sie auch gegen Wind und Regen einige Festigkeit. Die Blattnerven treten besonders auf der Unterseite stark hervor.

Der Verlauf der Nerven oder Rippen auf der Blattfläche ist für die einzelnen Pflanzen sehr charakteristisch und für das Erkennen der einzelnen Arten von grosser Bedeutung. Je ausgedehnter die Blattfläche ist, desto reichgliedriger ist im allgemeinen auch die Nervatur (nervatio). Kleine schmale, nadelförmige Blattspreiten (Koniferen) besitzen nicht selten eine einzige, einfache, unverzweigte Mittelrippe. Fig. 148 zeigt uns die wichtigsten Blatt-Typen hinsichtlich der Nervatur. Beim parallel- und bogennervigen Blatt (Fig. 148a und b), welcher Typus besonders bei den Monokotylen vorkommt, treten mehrere,

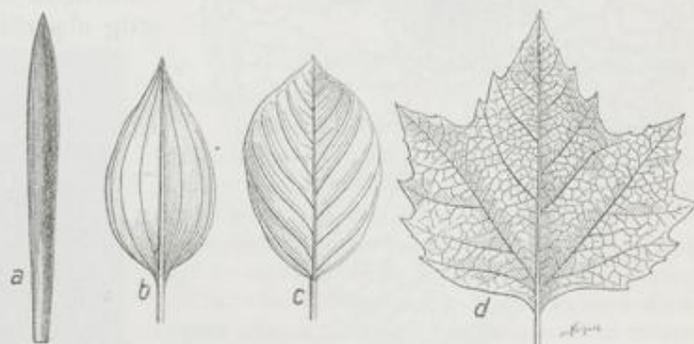


Fig. 148. Blattnervatur. a Parallelnervig, b bogennervig, c fiedernervig, d handnervig.

ziemlich gleichstarke, unverzweigte Nerven am Grunde in die Blattspreite ein, verlaufen parallel oder bogenförmig nebeneinander und konvergieren nach der Spitze hin. Die einzelnen Längsnerven werden durch zarte, oft undeutliche Quernerven miteinander verbunden. Viel reichlicher verzweigt ist die Nervatur bei den netznervigen (Fig. 147c und d) Blättern, welcher Typus vor allem bei den Dikotylen und Farnen vertreten ist. Hier werden die einzelnen Hauptnerven durch zahlreiche, deutliche Querastomosen oder Adern (vénae) miteinander in Verbindung gebracht, so dass ein ganzes Maschennetz zur Ausbildung kommt. Beim fiedernervigen Blatt (Fig. 148c) gehen von dem einen, in der Mitte des Blattes verlaufenden Mittel- oder Hauptnerven (côsta média) rechts und links in gewissen Abständen ziemlich gleichstarke Seiten- oder Sekundärnerven (nérvii laterales) ab, die am Rande häufig umbiegen und miteinander verschmelzen (Rhamnus frangula, Cornus, Zitterpappel etc.). Beim handnervigen Blatt-Typus (Ahorn, Platane, Stachelbeere, Storchenschnabel, Frauenmantel, Hahnenfuss-Arten etc.) strahlen vom Blattgrunde in verschiedener Richtung mehrere, ziemlich gleichstarke Hauptnerven aus

(Fig. 148d), die sich dann in der Spreite weiter verzweigen. Solche Spreiten, bei denen die Nervatur am Rande nicht besonders verstärkt ist, d. h. keine Randnerven aufweisen, werden vom Winde leicht zerfetzt, was man z. B. bei den bei uns nicht selten im Freien kultivierten Exemplaren der Bananenpflanzen (Musa) leicht beobachten kann (Fig. 149a). Um den schädigenden Einfluss des Windes und der Niederschläge auf grosse Blattspreiten zu verringern, löst sich die Blattfläche nicht selten in einzelne Flächen auf (verzweigte und zusammengesetzte Blätter). Bei vielen Palmen wird die Spreite, die in der Jugend eine regelmässige, einheitliche, ungeteilte Fläche darstellt, später in regelmässige Zipfel zerteilt, woraus dann die bekannten fieder- oder fächerförmigen Blattformen hervorgehen. Das gleiche Resultat (Verringerung der Angriffsfläche für Regen oder Wind)



Fig. 149. a Blatt von einer Banane (Musa), vom Winde in Zipfel gerissen, b Durchlöcherertes Blatt von Monstera deliciosa.

wird bei der bei uns in Glashäusern zuweilen kultivierten Aroidee *Monstera deliciosa* (= *Philodendron pertusum*) durch Durchlöcherung der Blattfläche erreicht (Fig. 149 b).

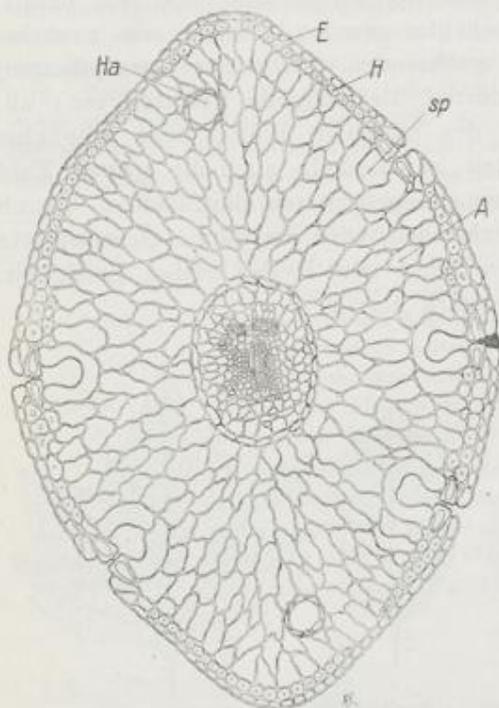


Fig. 150. Querschnitt durch das Nadelblatt der Fichte. *e* Epidermis, *h* Hypoderm, *sp* Spaltöffnungsapparat, *A* Assimilationsgewebe (nicht in Palisaden- und Schwammparenchym gegliedert), *Ha* Harzgang.

Nach der Ausbildung des Assimilationsgewebes, das bei den meisten Laubblättern hinsichtlich seiner Leistung in den Vordergrund tritt, können wir dorsiventrale, isolaterale und zentrische Blätter unterscheiden. Der isolaterale Blattbau ist besonders bei \pm radiär gebauten *Juncus*arten, bei *Rhynchospora*, verschiedenen Koniferen (Fig. 150), seltener auch bei flachen Blättern ausgebildet. Das Assimilationsgewebe ist nicht in Palisaden- und Schwammparenchym differenziert, sondern es ist nach allen Seiten ziemlich gleichartig ausgebildet. Bei vielen Koniferen wird das

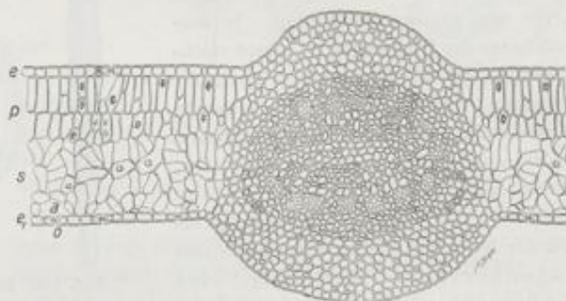


Fig. 151. Querschnitt durch das Buchenblatt mit Blattnerv. *e* Obere Epidermis, *p* Palisadenzone, *s* Schwammparenchym, *u* Untere Epidermis, *o* Spaltöffnung, *a* Atemhöhle.

Zentrum von dem doppelten Leitbündel durchzogen; in anderen Fällen nimmt ein chlorophyllfreies, markartiges Gewebe (viele Gräser) die Mitte ein. In einzelnen Fällen erscheinen in den assimilierenden Zellen Membranfalten (Armpalisaden), welche leistenartig ins Zelleninnere vorspringen (Fig. 30 b). Dadurch wird die Fläche für die Chlorophyllkörner wesentlich vergrößert. Beim dorsiventralen oder bifazialen Blatt ist Ober- und Unterseite verschieden gebaut; die Oberseite zeigt unter der Epidermis das ein- oder mehrschichtige Palisadengewebe, die Unterseite das weitmaschige Schwammparenchym (Fig. 151). Bei einem normal gebauten, dorsiventralen Blatt, das in erster Linie als Assimilationsorgan tätig ist, können wir wie beim Spross Hautgewebe, Grundgewebe und Leitungsgewebe unterscheiden. Das mechanische Gewebesystem schliesst sich im Blatt häufig dem Leitungsgewebe an. Die Epidermis gehört dem Hautgewebe an und grenzt das Blatt nach aussen hin ab. Da der Bau der Epidermis (Spaltöffnungen, Haare etc.) bereits früher besprochen worden ist, mögen hier nur noch einige Ergänzungen folgen. Mit den Spaltöffnungen haben die Wasserspalten oder Hydathoden (Fig. 152) eine grosse Aehnlichkeit. Meistens sind sie jedoch grösser; die den Schliesszellen der Stomata analogen Zellen führen hier keine Bewegungen aus. Unter den Spalten endigen stets mehrere wasserleitende Gefässe mit deutlichen Ring- und Spiralfaserverdickungen (Fig. 153). Die

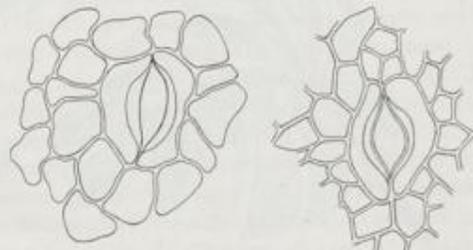


Fig. 152. Wasserspalten von der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum*).

Wasserspalten dienen dazu, überschüssiges Transpirationswasser aus dem Blatte zu entfernen. Gelegentlich können auch im Transpirationsstrom gelöste Salze am Blattrande abgesetzt werden (kohlenaurer Kalk z. B. an den Blattzähnen verschiedener Steinbrecharten, so bei *Saxifraga aizoon*, *cotyledon*, *mutata*). Besonders an nebligen oder taufrischen Morgen kann man an den Blatträndern oder Blattzähnen vieler Pflanzen (*Fuchsia*, *Erdbeere*, *Kapuzinerkresse*, *Frauenmantel*, *Schachtelhalmen*, Fig. 154) zahlreiche, wie Diamanten blitzende Tröpfchen konstatieren, die leicht für niedergeschlagene Tautröpfchen gehalten werden könnten, die aber in Wirklichkeit nichts anderes

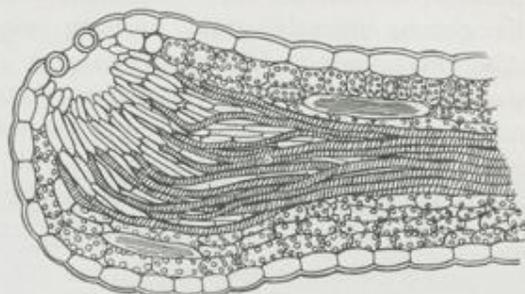


Fig. 153. Längsschnitt durch ein Blatt mit einer Wasserspalte (Hydathode). Nach Pfeffer.



Fig. 154. Ausscheidung von flüssigem Wasser bei *Equisetum ramosissimum*. Phot. E. Ganz, Zürich.

als aus dem Blatte abgeschiedenes Wasser darstellen.

Bei anderen Gewächsen fehlen besondere Wasserspaltenspalten und die Wassertropfen dringen entweder wie bei den Grasblättern aus Rissen aus der Epidermis hervor oder werden an zarteren Stellen durch die durchtränkte Zellenwand hervorgepresst. Kurz mag noch darauf hingewiesen werden, dass man in neuerer Zeit in den Epidermiszellen auch reizempfindliche Organe erkannt haben will und diese mit den Sinnesorganen der Tiere zu vergleichen gesucht hat. Einzelne derartige Epidermiszellen zeigen recht eigentümliche Strukturen, die geeignet sein sollen, die Uebertragung des von der Reizursache ausgehenden Anstosses auf das lebendige Protoplasma zu erklären. Epidermiszellen mit papillenförmigen, linsenartigen Vorwölbungen sind an den Laubblättern verschiedener Pflanzen nachgewiesen und als Lichtsinnesorgane gedeutet worden. In den Epidermiszellen der reizempfindlichen Ranken von verschiedenen Kletterpflanzen (z. B. bei der Gurke) finden sich in der Aussenwand dünne Stellen (Fühltüpfel), durch welche das darunterliegende Plasma Drucke empfinden soll. Im allgemeinen unterscheidet sich die Epidermis der Blattoberseite von der der Blattunterseite dadurch, dass sie keine oder nur sehr wenige Spaltöffnungen aufweist, dass die Zellen glatter und gewöhnlich stärker kutinisiert sind als die Zellen der Blattunterseite.

Das Grundgewebe ist im Laubblatte in erster Linie als Assimilationsgewebe ausgebildet. Es wird ausschliesslich von dünnwandigen, chlorophyllführenden Parenchymzellen gebildet, zwischen denen luftführende Interzellularräume vorhanden sind. Nach ihrer Lage zum einfallenden Lichte sind die Zellen des Assimilationsgewebes verschieden gestaltet. An der dem Licht zugekehrten Oberseite des Laubblattes stehen die mit vielen Chlorophyllkörnern ausgerüsteten Assimilationszellen senkrecht zur Oberfläche. Sie sind dicht nebeneinander angeordnet, langgestreckt und von prismatischer oder annähernd zylindrischer Gestalt. Gewöhnlich lassen sie nur an den Längskanten schmale Luftkanäle zwischen sich frei. Dieses Gewebe, das aus einer oder wenigen Schichten besteht, wird Palisadenparenchym genannt. Es ist der Ort der stärksten Kohlensäureassimilation. Zwischen der Palisadenzone und der Epidermis der Blattunterseite breitet sich in der Regel ein dünn-

wandiges, lockeres Gewebe aus, das Schwammparenchym (Fig. 151s), das aus abgerundeten oder verzweigten Parenchymzellen besteht. Zwischen diesen sind stets grössere, luftführende Interzellularräume vorhanden. Niemals zeigt das Schwammparenchym die gleiche intensiv grüne Färbung wie das Palisadenparenchym. Die Zellen sind verhältnismässig arm an Chlorophyllkörnern. Aus dem Luftgehalt und der Armut des Schwammparenchyms an Chlorophyllkörnern erklärt sich auch die Tatsache, dass die Laubblätter auf der Unterseite häufig weniger intensiv gefärbt sind als auf der Oberseite (Fuchsia, Stechpalme, *Geranium silvaticum*, *Laserpitium latifolium*, *Mercurialis annua*, *Tilia*, *Alnus* etc.). Das Schwammparenchym ist in erster Linie als Transpirationsgewebe tätig.

In Bezug auf das Assimilationsgewebe verhalten sich Sonnen- und Schattenblätter der gleichen Pflanze sehr verschieden. Die Sonnenblätter sind häufig isolateral, die Schattenblätter dorsiventral gebaut; bei den letzteren ist das Palisadenparenchym meistens sehr niedrig.

Als Speichergewebe ist das Grundgewebe namentlich bei den Blattsukkulanten (Wassergewebe) ausgebildet. Auf die Stärkescheide ist bereits schon früher hingewiesen worden (pag. XXXV). Auch die Milchsaftschläuche, Harzgänge, Oeldrüsen etc., die dem Sekretionsystem zugezählt werden und nicht selten das Assimilationsgewebe durchziehen bzw. unterbrechen, sind bereits genannt worden. Das mechanische Gewebe durchzieht zuweilen das Grundgewebe in Gestalt von balkenartigen Gebilden, die sehr oft die Leitbündel in sich aufnehmen (Fig. 35a). Am Rande verschiedener Blätter (z. B. bei den Halmblättern, Fig. 163) finden sich dicht unter der Epidermis Streifen von Sklerenchymfasern, die auf dem Querschnitt als stark lichtbrechende Felder erscheinen. Auch an den Blatträndern und an den Blattspitzen sind die mechanischen Elemente stark ausgebildet. Aehnlich verhalten sich die Blattzähne, die wie z. B. bei *Cladium mariscus* (Bd. II, Fig. 173e) in der Hauptsache von einer einzigen, backenzahnartigen, stark verdickten Zelle gebildet werden.

Die Leitbündel durchziehen die Blätter gewöhnlich netzartig, weshalb man auf einem Querschnitt durch eine Blattlamina meistens mehrere Leitbündel und zwar in verschieden starker Ausbildung antrifft. Bei verschiedenen Koniferen verläuft allerdings nur ein einziger Leitbündelstrang (Doppelnerv, Fig. 150) in der Mitte des Blattfleisches, der sich im Assimilationsgewebe dann nicht weiter verzweigt. Die Mittelrippe und die stärkeren Seitennerven enthalten nicht selten mehrere Leitbündel, die zarteren Nerven dagegen stets nur ein einziges Bündel. Im allgemeinen sind die Leitbündel der Laubblätter als kollaterale zu bezeichnen. Der Holzteil liegt immer oben, der Siebteil unten. Bikollaterale Leitbündel treten in den Blättern selten (z. B. bei Cucurbitaceen) auf. Die äussersten Enden der Blattnerven und Leitbündel endigen entweder frei in dem Mesophyll (Fig. 155) oder schliessen sich anderen Nerven an.

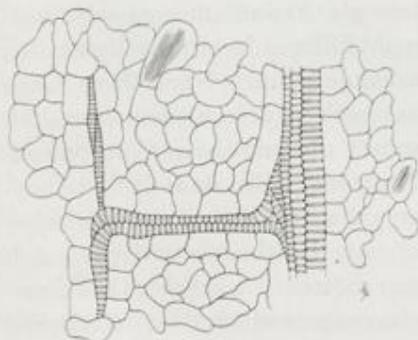


Fig. 155. Endverzweigung eines Leitbündels.

Neben der Assimilation spielt das Laubblatt bei der Verdunstung eine grosse Rolle. Je grösser, dünner und zarter die Blattfläche ist, desto leichter und schneller wird das Wasser aus dem Blatte verdunstet, desto rascher wird das Blatt welk werden. Wir sehen deshalb, dass zwischen der Beschaffenheit und der Form der Blätter und den Verdunstungsverhältnissen ein enger Zusammenhang besteht. Je nachdem der Pflanze Wasser in grosser Menge zur Verfügung steht, bzw. leicht oder schwierig

aufgenommen werden kann, zeigt dieselbe einen ganz charakteristischen Blatt-Typus. Die Verhältnisse kommen sowohl im morphologischen als im anatomischen Bau deutlich zum Ausdruck. Deshalb zeigen Hygrophyten, d. h. Pflanzen, die in wasserreichen Böden oder in feuchter Atmosphäre leben, ganz andere Blattformen als die Xerophyten, welchen Gewächsen wenig Wasser zur Verfügung steht und die infolge der erschwerten Wasserzufuhr die Transpiration auf ein Minimum beschränken müssen. Ausser der Blattform helfen allerdings noch verschiedene andere Einrichtungen mit, die Verdunstung herabzusetzen.

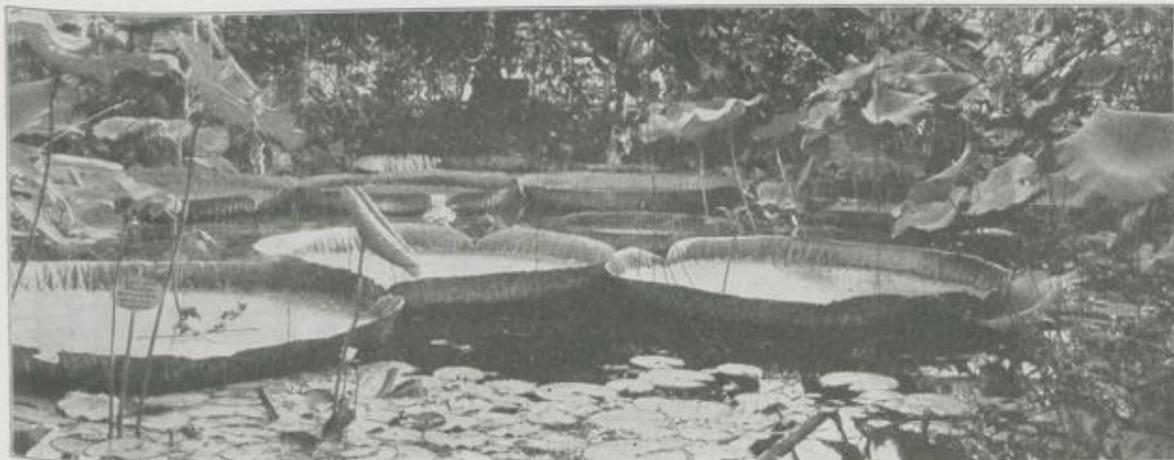


Fig. 156. Blätter von *Victoria regia* (in der Mitte), Nymphaeaceen (vorn) und vom Indischen Lotus (*Nelumbium speciosum*).
Phot. K. Garteninspektor B. Othmer, München.

Verschiedene Hygrophyten zeigen kreisrunde oder nierenförmige, auf dem Wasser schwimmende Blätter, so vor allem verschiedene Nymphaeaceen (Fig. 156) aus den Gattungen *Nuphar* und *Nymphaea* (= *Castalia*), *Victoria regia*, *Euryale ferox*, ferner die Gattung *Limnanthemum* (Gentianaceae), *Hydrocharis morsus ranae*, *Hydrocleis Commersonii* (Butomaceae); bei einigen Laichkräutern (*Potamogeton natans*), Formen von *Polygonum amphibium*, *Sagittaria* zeigen nur einzelne Blätter diesen Typus. Bei den Schwimmblättern finden sich die Spaltöffnungen nur oder doch überwiegend auf der Blattoberseite. Bei untergetauchten oder im Wasser flutenden Phanerogamen ist die Blattfläche vielfach in sehr feine, faserförmige, haarfeine Abschnitte aufgelöst (Fig. 157) (*Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Cabomba* [Nymphaeaceae aus Nordamerika], verschiedene Hahnenfuss-Arten [*Ranunculus fluitans*, *divaricatus*, *aquatilis*, *trichophyllum*], *Helosciadium inundatum*, die Wasserfeder [*Hottonia palustris*] etc.). Dadurch kommt eine möglichst grosse Oberfläche (Prinzip der Kiemen bei Fischen) mit dem Wasser in Berührung. Bei der eigentümlichen Gitter- oder Fensterpflanze (*Aponogeton*- oder *Ouvirandra*

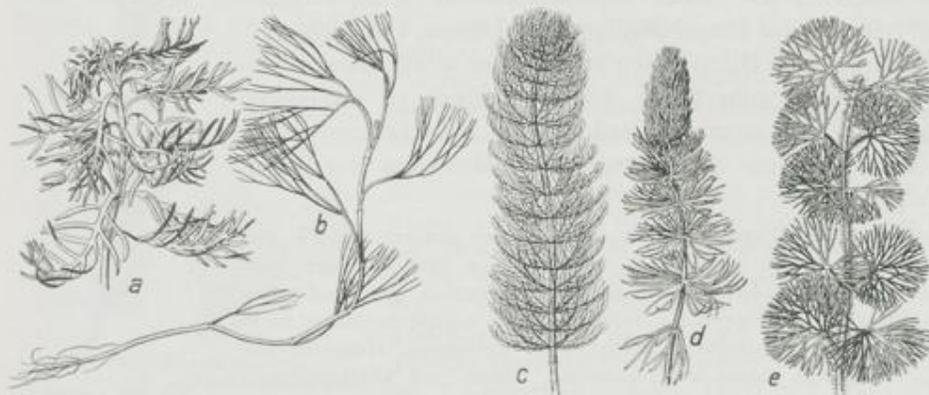


Fig. 157. Wasserblätter. a von *Hottonia palustris*, b *Ranunculus fluitans*, c *Myriophyllum*, d *Ceratophyllum*, e *Cabomba aquatica*.

fenestralis) aus Madagaskar ist die ganze Blattspreite von zahlreichen, fensterartigen Öffnungen durchbrochen. Andere im Wasser flutende Pflanzen (Formen von *Sagittaria*, Seegrass, *Vallisneria*, *Sparganium minimum*) haben lange, schmale, bandförmige Blattspreiten. Einzelne Wasserpflanzen leben nur

anfänglich untergetaucht, später bilden sie auch Luftblätter aus, die in der Gestalt von den untergetauchten Wasserblättern wesentlich abweichen. Beim Pfeilkraut (*Sagittaria*) erscheinen später pfeilförmige Luftblätter. Bei anderen Arten (z. B. bei einzelnen Ranunkeln, bei *Limnophila heterophylla* [Scrophulariaceae aus dem tropischen Asien], bei *Cabomba* etc.) sind die Wasserblätter haarförmig fein zerteilt, die Luftblätter aber flächenförmig ausgebildet. Das Auftreten von verschiedenen Blattformen wird als *Heterophyllie* bezeichnet (vgl. auch pag. CXIV). Bei verschiedenen hygrophilen Arten der feuchtwarmen Tropen ist die



Fig. 158. Blatt mit Trüfelspitze von *Ficus religiosa*.

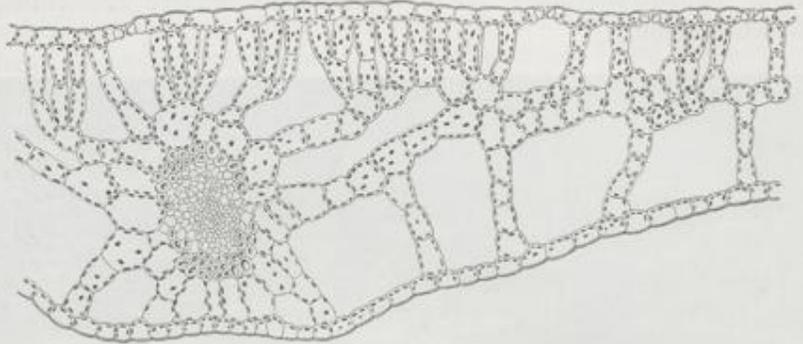


Fig. 159. Querschnitt durch das Schwimmblatt von *Potamogeton polygonifolius* Pourr. mit Luftgängen und Atemhöhlungen. Epidermis der Oberseite mit Spaltöffnungen.

Blattspreite in eine mehr oder weniger lange Spitze (Trüfelspitze) ausgezogen, welche ein rasches Abfließen des Regenwassers und eine baldige Trockenlegung der Blattfläche ermöglicht (Fig. 158). Bei einigen Lianen funktionieren ähnliche Blattspitzen (Vorläuferspitzen), bevor die Pflanzen ihre volle Belaubung erhalten haben, unter anderem als Assimilationsapparate. Aehnlich wie die Blattfläche kann auch der Blattstiel, der dann rinnenförmig gestaltet ist, zur Ableitung des Wassers dienen. In ihrem anatomischen Bau zeigen die Blattspreiten der Hygrophyten meist abweichende Verhältnisse. Bei den Wasser- und Sumpfpflanzen ist das Mesophyll häufig von zahlreichen Luftgängen und Atemhöhlungen (Fig. 12 und 159) durchzogen, die einerseits zur Verminderung des spezifischen Gewichtes, andererseits zur Atmung dienen. Bei manchen tropischen Hygrophyten sind die Hydathoden stark ausgebildet und ermöglichen dem Nahrungsstrom auch in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft aus dem Blatt auszutreten. Bei andern Arten ist die Blattoberfläche dicht mit kegelförmigen Papillen besetzt, wodurch dann derartige Blätter ein sammetartiges Aussehen erhalten (verschiedene Begonien). Auf diesen Papillen breitet sich das Wasser in einer dünnen Schicht aus und verdunstet sehr rasch.

Im direkten Gegensatz zu den Gewächsen mit reichlicher Nahrungszufuhr stehen die Pflanzen mit spärlicher oder erschwerter Wasserzuleitung (Xerophyten). Auf trockenen, wasserarmen Böden, wo das Wasser leicht und rasch in die Tiefe versickern kann (z. B. in Kiesgruben, auf Bachalluvionen, auf Eisenbahndämmen, Dünen, Dächern etc.), treffen wir ganz eigentümliche Blattformen an, die vor allem darauf hinarbeiten, die transpirierende Blattoberfläche möglichst stark zu reduzieren oder die Blattfläche vor allzu starker Verdunstung zu schützen. Verschiedene weitere Einrichtungen unterstützen die Blattfläche der Xerophyten in ihrer Aufgabe.

Als die wichtigsten Blatt-Typen der Xerophyten mögen genannt sein: 1. Das Nadelblatt oder pinoide Blatt, bei welchem überhaupt keine flächenförmige Ausbreitung der Blattspreite stattfindet. Die Blätter sind lang, linealisch, spitz und haben nicht selten ein zentrisches Chlorophyllgewebe. Beispiele: Viele Koniferen (jedoch nicht alle, z. B. *Ginkgo*, *Podocarpus*, *Phyllocladus* nicht), *Ulex Europaeus*, *Helianthemum fumana*, *Hypericum coris*, *Asperula glauca* und *cynanchica*, *Linum*- und *Thesium*-Arten, *Aster linosyris*, *Tunica saxifraga*, verschiedene *Alsineen*, viele *Proteaceen* und *Bruniaceen*. 2. Das ericoide oder Rollblatt (Fig. 160 und 161). Die kleine Blattfläche ist nicht



Fig. 160. *Calluna vulgaris* mit ericoiden Blättern.

flach ausgebreitet; die Ränder sind umgerollt und zwar meistens nach unten, viel seltener nach oben (Passerina). Dadurch entsteht auf der Unterseite eine schmale, windstille Furche, worin die Spaltöffnungen — die Austrittsöffnungen für den Wasserdampf — geborgen sind. Die Abgabe des Wasserdampfes an die Atmosphäre aus dem windstillen Raume, der oft noch mit Haaren zugestopft ist, geht sehr langsam vor sich. Beispiele: Erica, Calluna, Andromeda, Phylodoce, Cassiope, Loiseleuria procumbens (Fig. 161), Empetrum nigrum, verschiedene Gräser, Ledum palustre, Rosmarinus, verschiedene Epacridaceen, Proteaceen, Thymelaeaceen, Kompositen (Espeletia, Culcitium, Diploppapus). 3. Das schuppenförmige Blatt ist breit und kurz, aufwärts gerichtet oder seltener herablaufend und der Stammoberfläche meist dicht angeschmiegt. Dadurch münden die Spaltöffnungen, welche auf der der Achse zugekehrten Seite

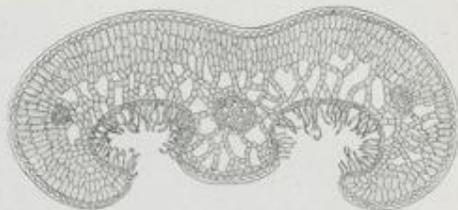


Fig. 161. Rollblatt von Loiseleuria procumbens.

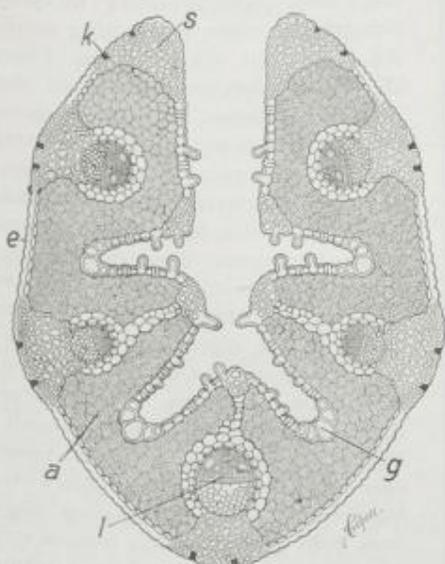


Fig. 162. Querschnitt durch das Blatt von Nardus stricta L. (z. T. nach Grob.). e Epidermis, a Assimilationsgewebe, k Kieselknollen, s Hartgewebe, g Gelenkzellen, l Leitbündel.

liegen, gleichfalls in einem windstillen Raum. Beispiele: verschiedene Koniferen aus der Gruppe der Cupressineen (Thuja, Thuopsis, Cupressus, Chamaecyparis, Callitris), Tamaricaceen, Fabiana imbricata (Solanacee aus Chile), Azorella-Arten (Umbelliferen aus den Anden von Südamerika), Veronica cupressoides und thuyoides aus den Gebirgen von Neu-Seeland) etc. 4. Das borsten- oder fadenförmige Blatt findet sich namentlich bei vielen Gramineen aus Dünen, Wüsten-, Heide- und Steppengebieten und den Hochgebirgen (Festuca ovina, Weingaertneria canescens, Nardus stricta [Fig. 162]. Stipa- und Aristida-Arten, Lygeum, Deschampsia flexuosa, Ammophila arenaria, Carex mucronata etc.), sowie bei vielen grasähnlichen Monokotylen. Auf der Oberfläche sind diese Blätter gewöhnlich gefurcht oder rinnenförmig; die Spaltöffnungen sind gleichfalls in Furchen geborgen. Bei verschiedenen Arten führen diese Blätter je nach den Feuchtigkeitsverhältnissen Bewegungen aus. 5. Das juncoides Blatt, welche Form meistens auf kalten, nassen, den Winden ausgesetzten Böden auftritt (Juncus-Arten, Cyperaceen), ist lang, stielrund, jedoch nicht gefurcht (über die Anatomie vgl. Fig. 163). 6. Beim Faltblatt (z. B. Sesleria caerulea) führt das

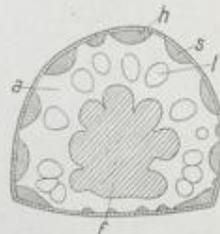


Fig. 163. Juncoides Blatt von Schoenus ferrugineus. a Assimilationsgewebe, l Lufträume, f Mark, s und h Festigkeitsgewebe.

Blatt täglich periodische Faltungen aus. Bei trockener Luft ist das Blatt der Länge nach zusammengefaltet, bei feuchter dagegen flach ausgebreitet. Die Bewegungen werden ähnlich wie bei verschiedenen Cyperaceen durch grosse, lebende, wasserklare Gelenkzellen vermittelt (Fig. 164). Zahlreiche xerophile Gewächse zeigen lederartige, auf der Oberseite oft glänzende Blätter (Oleander, Stechpalme, Buxus); andere dagegen sind fleischig, saftig und haben neben ihrer assimilatorischen Tätigkeit noch die Aufgabe von Wasserspeichern übernommen. Analog den Stammsukkulente werden derartige Gewächse als Blattsukkulente (Phyllochyten) bezeichnet; wir finden sie vor allem bei den Familien der Crassulaceen (Sempervivum [= Hauswurz], Sedum, Cotyledon, Rochea etc.) und Aizoaceen (Mesembryanthemum), doch auch bei verschiedenen Monokotylen (Aloë- und Agave-Arten). Ueber die Anatomie derartiger Blätter gibt uns Fig. 33 Aufschluss. Blätter mit dauernder Vertikal- oder Profilstellung kommen bei den sogen. Kompasspflanzen vor, deren Blätter die eine Seite nach Westen, die andere nach Osten kehren, so dass sie das starke Licht mitten am Tage unter einem spitzen Winkel trifft. Auf diese Weise werden die Blätter zur Mittagszeit nur mässig erwärmt und nur wenig zur Transpiration angeregt. Beispiele: Iris, Tofieldia, Gladiolus, Acorus, Lactuca scariola (einheimisch), Achillea filipendulina, Tanacetum balsamita etc. Die in den Prärien von Nordamerika wachsende Kompositen Silphium laciniatum ist den Jägern, die an ihr bei trübem Licht

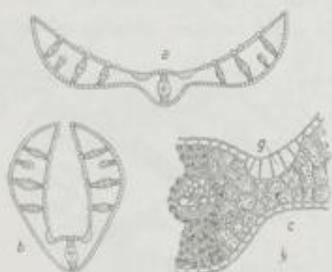


Fig. 164. Faltblatt vom Blaugras (Sesleria caerulea). a Flach ausgebreitet, b gefaltet, c Partie mit Gelenkzellen (g). Nach Kerner (z. T. schematisiert).

die Himmelsrichtung erkennen, schon lange als Kompasspflanze bekannt. In ihrem anatomischen Bau zeigen die Blätter der Xerophyten auffallende Verhältnisse. Die Epidermis zeigt im Gegensatz zu den Hygrophyten stark verdickte, oft cutinisierte Aussenwände und meist eine dicke Cuticula (Fig. 23); hie und da ist die Epidermis

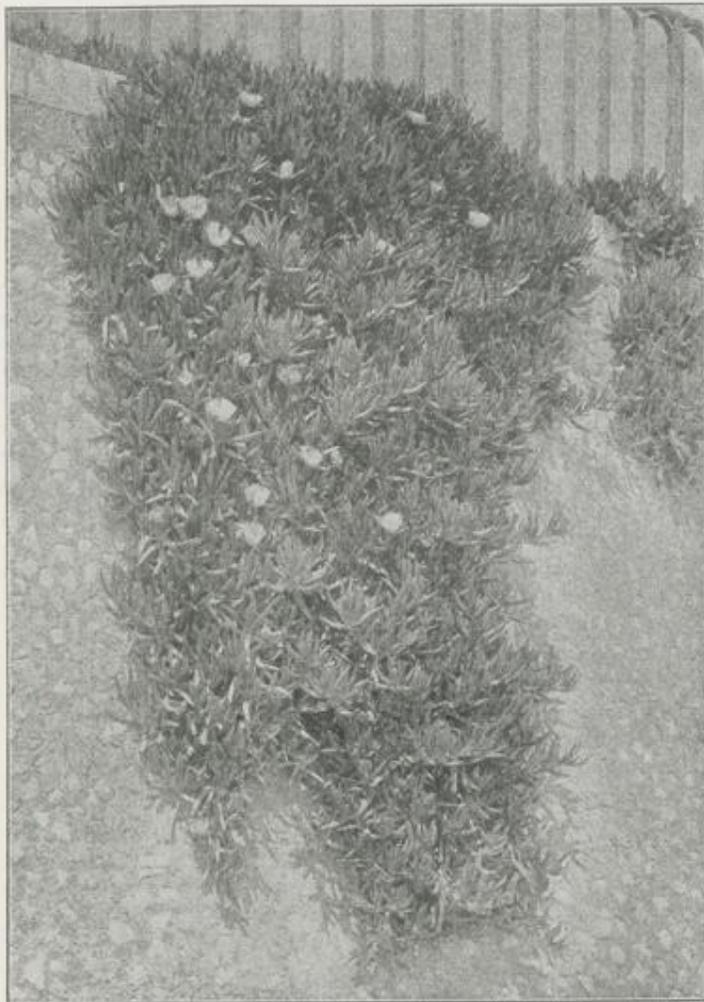


Fig. 165. *Mesembryanthemum acinaciforme* aus Südafrika (im Mittelmeergebiet verwildert). Phot. G. Kraskovits auf Corfu. (Photographie aus dem botan. Institut der Universität Wien.)

auch mehrschichtig. In einzelnen Fällen sind Kristalle von oxalsaurem Kalk oder Kieselsäureknollen (Fig. 162) in die Epidermis eingelagert. In ihrer Aufgabe wird sie zuweilen noch durch verdickte Hypodermiszellen unterstützt (Fig. 150). Die Epidermiszellen sind sehr oft in die Tiefe versenkt, befinden sich in windstillen Furchen oder wie beim Oleanderblatt in kesselartigen Erweiterungen (Fig. 166). Als besonders wirksame Schutzmittel gegen Verdunstung dienen die Haare, die oft in dicken Filzen (Edelweiss, *Helichrysum*, *Lychnis flos Jovis*, Königskerzen, Artemisien, Katzenpfötchen, *Filago*- und *Gnaphalium*-Arten) entweder die ganze Blattspreite oder doch die Blattunterseite (*Petasites niveus*, *Tussilago*, *Cirsium heterophyllum*, *Cotoneaster integerrima*) überziehen. Solche weiss- oder graufilzige Arten sind vor allem in der Mittelmeerflora und im Orient (*Salvia argentea*, *Stachys lanatus*, *Centaurea maritima*, *Teucrium*, *Marrubium*-, *Sideritis*-, *Helichrysum*-Arten) verbreitet; doch auch verschiedene alpine Arten von sonnig-trockenen oder nasskalten Standorten (*Edelweiss*, *Hieracium villosum*, *Gnaphalium supinum*, *Salix glauca*, *Senecio incanus* und *Carniolicus*) zeigen ähnliche Erscheinungen. Den gleichen Dienst wie die Haare erweisen bei andern Arten die Haarschuppen (*Elaeagnaceen*, Fig. 21 f, g, h), Wachs Ausscheidungen (*Cerithe*, *Dianthus caesius*, *Coronilla montana* und *vaginalis*, *Sedum reflexum* [zugleich Blattsukkulente], *Asperula glauca*, *Festuca ovina* subsp. *glauca*, *Melica ciliata*, *Capparis spinosa*, *Silene rupestris*, *Centranthus ruber*), die lackierten Blätter (*Cistus laurifolius* und *Inula viscosa* aus dem Mittelmeergebiet, *Grindelia squarrosa* aus den Prärien von Nordamerika, *Escalonia rubra* etc.), Korkhäute, ätherische Oele, Milchsaft etc. Die Wachsschicht kann bei den südafrikanischen *Sarcocaulon* bis 1 mm dick, bei Wachspalmen bis 5 mm dick werden. Dicke Korkmäntel finden sich namentlich bei Wüstenpflanzen wie z. B. bei *Testudinaria elephantipes* (*Dioscoreaceae* aus Südafrika). Nicht selten kommen bei derselben Pflanze mehrere der genannten Schutz-einrichtungen vor. Auch anatomisch sind die Xerophyten gut charakterisiert. Die Aussenwände der Epidermiszellen sind in der Regel stark verdickt und cuticularisiert. Wachs-, Haar- und Korküberzüge sind stark verbreitet. Bei verschiedenen *Ericaceen*, bei *Empetrum* etc.

In einzelnen Fällen sind Kristalle von oxalsaurem Kalk oder Kieselsäureknollen (Fig. 162) in die Epidermis eingelagert. In ihrer Aufgabe wird sie zuweilen noch durch verdickte Hypodermiszellen unterstützt (Fig. 150). Die Epidermiszellen sind sehr oft in die Tiefe versenkt, befinden sich in windstillen Furchen oder wie beim Oleanderblatt in kesselartigen Erweiterungen (Fig. 166). Als besonders wirksame Schutzmittel gegen Verdunstung dienen die Haare, die oft in dicken Filzen (*Edelweiss*, *Helichrysum*, *Lychnis flos Jovis*, Königskerzen, Artemisien, Katzenpfötchen, *Filago*- und *Gnaphalium*-Arten) entweder die ganze Blattspreite oder doch die Blattunterseite (*Petasites niveus*, *Tussilago*, *Cirsium heterophyllum*, *Cotoneaster integerrima*) überziehen. Solche weiss- oder graufilzige Arten sind vor allem in der Mittelmeerflora und im Orient (*Salvia argentea*, *Stachys lanatus*, *Centaurea maritima*, *Teucrium*, *Marrubium*-, *Sideritis*-, *Helichrysum*-Arten) verbreitet; doch auch verschiedene alpine Arten von sonnig-trockenen oder nasskalten Standorten (*Edelweiss*, *Hieracium villosum*, *Gnaphalium supinum*, *Salix glauca*, *Senecio incanus* und *Carniolicus*) zeigen ähnliche Erscheinungen. Den gleichen Dienst wie die Haare erweisen bei andern Arten die Haarschuppen (*Elaeagnaceen*, Fig. 21 f, g, h), Wachs Ausscheidungen (*Cerithe*, *Dianthus caesius*, *Coronilla montana* und *vaginalis*, *Sedum reflexum* [zugleich Blattsukkulente], *Asperula glauca*, *Festuca ovina* subsp. *glauca*, *Melica*

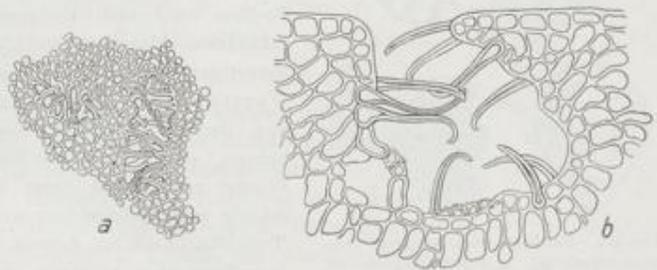


Fig. 166. *Nerium oleander*. a Flächenschnitt durch das Blatt, b Querschnitt mit kesselartiger Höhlung, in welcher sich die Spaltöffnungen befinden.

quellen die Innenwände der Epidermis gallertartig auf. Hie und da ist die Cuticula mit feinen Leisten versehen. Die Spaltöffnungen werden auf verschiedene Weise unter das Niveau der Oberfläche eingesenkt oder sind in die bereits genannten windstillen Räume verlegt (Fig. 166). Vergleicht man nahe verwandte Arten

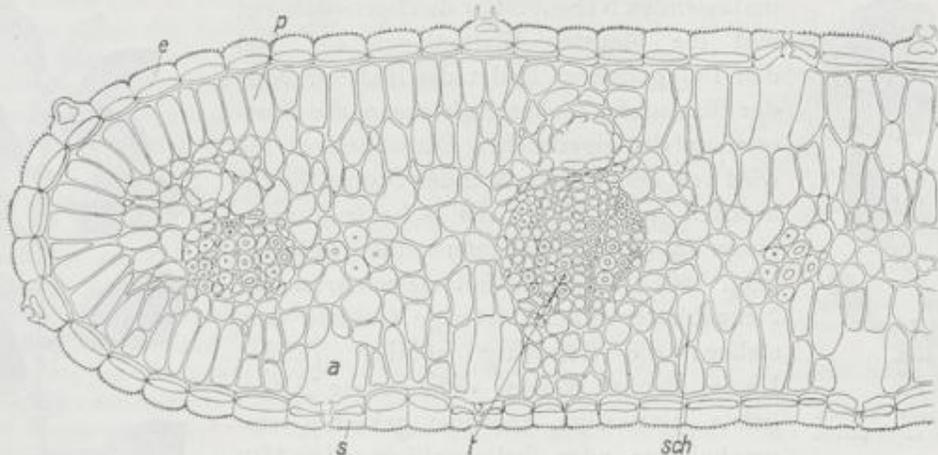


Fig. 167. Blattquerschnitt von *Aster linosyris*. *e* Epidermis mit Cuticula, Zellen nach aussen stark verdickt, *s* Schliesszellen, *a* Atemhöhle, *p* Palisadenparenchym, *sch* Schwammparenchym (Uebergangsform zum Palisadenparenchym).

miteinander, so zeigt es sich, dass je trockener der Standort um so geringer auch die Zahl der Spaltöffnungen ist. Ganz allgemein zeigt das Palisadengewebe bei den Xerophyten eine starke Ausbildung und zwar auf Kosten des Schwammparenchyms. Die Palisadenzellen werden verlängert oder treten in mehreren Schichten auf. Nicht selten zeigt auch die Blattunterseite ein mehr oder weniger ausgesprochenes Palisadenparenchym (*Bupleurum falcatum*, *Linum tenuifolium*, *Aster linosyris* [Fig. 167] usw.), so dass dann kein besonderes Schwammgewebe zur Ausbildung gelangt. Ueberhaupt gilt für die Xerophyten als Regel, dass die luftführenden Interzellularräume sehr eng sind. Ueber die Bedeutung der bei den Xerophyten (*Cistus*, *Artemisia*, *Dictamnus*, *Myrtaceen* etc.) nicht selten auftretenden ätherischen Oele ist schon früher gesprochen worden (vgl. pag. XXXIV). Xerophyten kommen vor allem auf undurchlässigen, physikalisch trockenen Böden, in warmen und heissen Klimaten vor, vor allem in Wüsten- und Steppengebieten, wo sie der grössten Hitze und Dürre — dank der verschiedenen Schutzvorrichtungen — Trotz zu bieten vermögen. Etwas merkwürdig erscheint allerdings die Tatsache, dass die Vegetation auch infolge niedriger Temperatur, Anwesenheit von Humussäuren (Moorböden) oder infolge starken Salzgehaltes des Bodens ausgesprochen xerophil gebaut sein kann. Zahlreiche Pflanzen der Arktis, des flachen Meeresstrandes, der Hoch- und Wiesenmoore zeigen ähnliche Vegetationsformen wie die Pflanzen der Steppen- und Heidewiesen, Flechtenheiden, Felsensteppen, Savannen etc. Bei den Moor- und Salzpflanzen ist zwar Wasser stets in genügender Menge vorhanden, aber die Wasseraufnahme wird durch verschiedene Faktoren erschwert oder verzögert.

Nebenblätter (stipulae), auch Afterblätter genannt, entspringen seitlich neben der Blattinsertion. Sie sind von sehr verschiedener Gestalt, in der Regel jedoch bedeutend kleiner als die eigentlichen Laubblätter. Zuweilen stehen sie rechts und links neben dem Blattstiel und sind mit diesem oder unter sich verwachsen (Rosen, Fig. 168, Klee). In anderen Fällen stehen sie frei neben der Blattinsertion. Bei manchen Pflanzen entwickeln



Fig. 168. Rosenzweig mit Laub- und Nebenblätter. Letztere mit dem Blattstiel verwachsen.



Fig. 169. Ochrea von *Polygonum persicaria*, *f* Abgeschnittenes Blatt, *e* Blattscheide, *o* Ochrea, *a* Hauptachse, *b* Seitenspross.

sie sich sehr schnell, so dass sie die Sprossspitzen als schützende Hülle vollständig überdecken. Auch bei den Feigenbäumen, Magnolien, beim Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) hüllen die tutenförmigen, stengelumfassenden Nebenblätter den Sprossscheitel und die jüngsten Blattanlagen ein. Bei den Polygonaceen bildet die Blatttute oder der Blattstiefel (*óchrea*) gleichsam die Fortsetzung der eigentlichen Blattscheide. Sie wird von dem fortwachsenden Spross durchbrochen und bleibt als scheidenförmige Hülle am Grunde des Internodiums erhalten (Fig. 169). Während bei vielen Arten die Nebenblätter braune, häutige Gebilde darstellen, die frühzeitig abfallen (Eiche, Linde, Buche), zeigen viele andere Arten, grüne, blattartige, zuweilen gekerbte, eingeschnittene oder fiederspaltige (Fig. 170)



Fig. 170. Pensee-Veilchen. Nebenblätter fiederspaltig.

Nebenblätter, die lange Zeit erhalten bleiben können. Bei einzelnen Leguminosen (Erbse, *Amicia*, *Phaca frigida*, *Astragalus glycyphyllos*, Weiden (*Salix aurita*, *nigricans*, Fig. 171) sind sie sehr gross. Bei *Lathyrus aphaca*, bei welcher Art die eigentlichen Blätter als Ranken ausgebildet sind, stellen die Nebenblätter allein die blattartigen Teile der Pflanze dar. Bei andern Leguminosen (*Robinia pseudacacia*, *Acacia*-Arten, Fig. 172) können sie verholzen und am Blattgrunde als starke Stacheln auch nach dem Laubfall lange stehen bleiben. Nebenblätter finden sich bei einzelnen Familien (Papilionaceen, Rosaceen etc.) regelmässig vor, bei andern dagegen fehlen sie vollständig (Kompositen, Primulaceen, Cruciferen). Bei verschiedenen Rubiaceen bilden die Nebenblätter mit den Laubblättern eigenartige Scheinquirle (Fig. 96). Bei den Monokotylen treten sie selten auf (*Tamus*, *Potamogeton*).



Fig. 171. Zweig von *Salix nigricans* mit Laub- und Nebenblättern; letztere frei, laubblattähnlich.



Fig. 172. *Acacia cornigera* aus Zentralamerika mit Nebenblattstacheln.

Als zarte, dünnhäutige, haarförmige oder schuppenartige Gebilde kommen in den Blattachsen verschiedener Arten (*Potamogeton*, *Najas*, *Scheuchzeria*, *Butomus*, *Hydrilla* [Taf. 20, Fig. 3a], *Helodea*, *Hydrocharis* etc.) sog. Achsel-schüppchen (*squámulae intravaginales*) vor, die nur aus wenigen Zellen bestehen oder wahrscheinlich Ligularbildungen darstellen.

Wie die Wurzeln und Sprossachsen können auch die Laub- und Nebenblätter, wenn sie eine andere Funktion übernehmen, sich morphologisch stark verändern. Einige derartige metamorphosierte Blatt-Typen haben wir bereits schon früher kurz erwähnt, so die Knospenschuppen, die Phyllodien und die sukkulenten Blätter. Aehnlich den Sprossdornen verhalten sich die Blattdornen.

Beim Sauerdorn (*Berberis vulgaris*) kann das ganze Laubblatt in einen Dorn verwandelt werden. An einem und demselben Sprosse lassen sich zuweilen alle Ueber-

gänge vom typischen Laubblatt mit dornig gezähntem Rande bis zu den handförmig geteilten Blattdornen mit Achselknospen verfolgen. Bei verschiedenen Astragalus-Arten (*A. aristatus*, *tragacantha*, Fig. 173) verdornen die Blattspindeln der paarig gefiederten Blätter. Bei *Citrus* und verwandten Gattungen befinden sich die Dornen einzeln oder zu zweien in den Achseln der Laubblätter; es sind hier die ersten Blätter des Achselsprosses, welche verdornen.

Die Blattranken (*cirrus*) verhalten sich biologisch den Sprossranken vollkommen ähnlich. Im einfachsten Falle stellt die Ranke nur eine fadenförmige, rankende Verlängerung der Blattspitze dar (*Flagellaria Indica*, *Gloriosa superba*, *Littonia modesta*). Bei vielen Leguminosen (*Vicia*- und *Lathyrus*-*superba*, *Littonia modesta*). Bei vielen Leguminosen (*Vicia*- und *Lathyrus*-*superba*, *Littonia modesta*) ist die gefiederte Blattspreite in ihrem oberen Teil nicht selten in eine einfache oder verzweigte fadenförmige Ranke umgewandelt. Bei *Lathyrus aphaca* tritt die Ranke an Stelle des Laubblattes, während die Nebenblätter laubblattartig ausgebildet sind. Umgekehrt ist bei der Gattung *Smilax* die eigentliche Spreite gut ausgebildet, während sich die Ranken aus dem Grunde des Blattes entwickeln. Andererseits kann auch der Blattstiel allein als rankendes Organ funktionieren (*Clematis*, *Tropaeolum*).

Zu den merkwürdigsten pflanzlichen Gebilden überhaupt gehören die Blattmetamorphosen, wie wir sie bei verschiedenen tierfangenden Pflanzen (Insektivoren) antreffen. Bei den sog. Kannenpflanzen (*Nepenthaceae*), welche im Monsungebiet, auf den Seychellen und auf Madagaskar beheimatet sind, setzt sich der Blattstiel als ein eigentümliches, tabakpfeifenartiges oder kannenartiges Gebilde fort, das als Tierfalle dient. Im jugendlichen Zustande ist der Blattschlauch (*ascidium*) mit einem Deckel zugeschlossen (Fig. 174b). Innerhalb der Kanne kann man leicht eine obere bläulich bereifte und eine untere hellere, grüne Zone unterscheiden. Durch

die lebhafte Färbung der Kannen und die zahlreichen, namentlich auf dem Deckel und an dem umgebogenen Rand der Kanne zahlreich sich vorfindenden Honigdrüsen werden die Tiere angelockt. Am Rande gleiten die Insekten sehr leicht aus, fallen in die Kannen hinunter und werden hier durch ein dem menschlichen Magensaft ähnliches Enzym verdaut. Morphologisch ist die Kanne als Blattspreite zu deuten. Der Blattstiel ist häufig als Ranke ausgebildet, während der Blattgrund ein Phylloodium darstellt. In der freien Natur sind die *Nepenthes*-Arten Kletterpflanzen. In den Warmhäusern, wo sie gelegentlich kultiviert werden, werden sie gewöhnlich niedrig gehalten. Sie wachsen leicht aus Stecklingen. Aehnlich verhält sich *Cephalotus follicularis*, eine Sumpfpflanze aus Westaustralien. Bei den *Sarracenien* (Fig. 175 a und b) — die

auf Mooren im atlantischen Nordamerika wachsen — und bei *Darlingtonia Californica* aus den Gebirgssümpfen der Sierra Nevada in Californien stellen die Blätter lange, nach oben allmählich erweiterte Trichter dar, die ähnlich wie die *Nepenthes*-Arten eine Flüssigkeit enthalten und als Fallgruben dienen. Bei andern tierfangenden Pflanzen führen einzelne Blattabschnitte rasche Bewegungen aus. Dahin gehören die beiden *Droseraceen* *Aldrovandia vesiculosa* und *Dionaea muscipula*. Bei der erstern Art, die ver-



Fig. 173. Sprossstück von *Astragalus tragacantha* mit Blattdornen.



Fig. 174. Kannenpflanzen (*Nepenthes*). *a* Ausgewachsenes Blatt, *b* junges Blatt, Kanne mit Deckel.

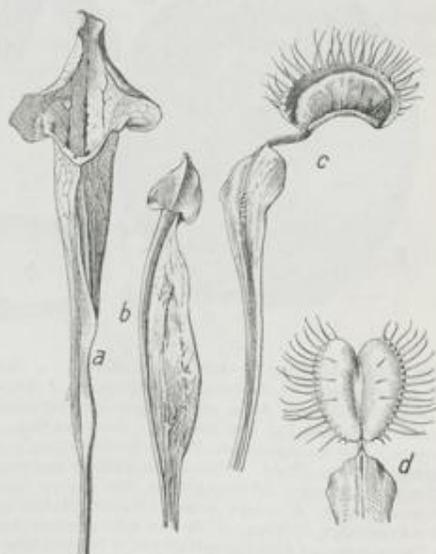


Fig. 175. *a* und *b* Schlauchblätter einer *Sarracenia*, *c* Blatt von *Dionaea muscipula*, *d* Klappen (ausgebreit) mit Fühlborsten.

einzelnt auch in Europa auftritt, sitzen auf der aus zwei Teilen bestehenden Blattscheibe sensible Trichome und verschiedenartig ausgebildete Drüsen (Fig. 176 e, f, i, k), nach welchen mehrere Zonen unterschieden werden. Die Drüsen sind teils zwei-, teils vierarmig (Fig. 176 e und i); die wichtigsten sind jedoch die runden Verdauungsdrüsen (Fig. 176 g, h). Gelangen kleine Krustentiere (Crustaceen) zwischen die beiden Klappen der Blattscheibe, so stossen die Tierchen auf die reizempfindlichen Haare, worauf die beiden Hälften sich klappenartig

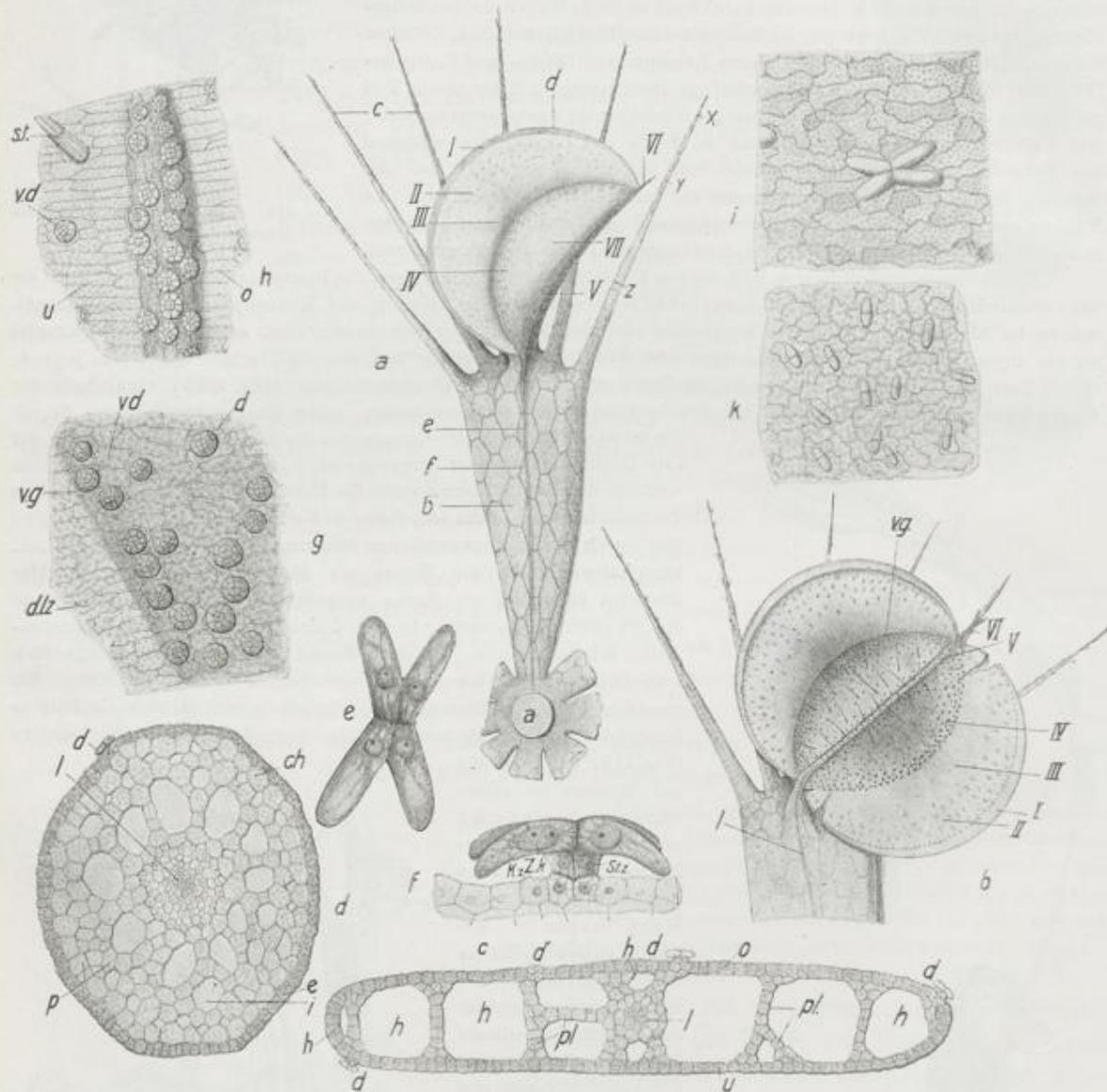


Fig. 176. *Aldrovandia vesiculosa* Mont. a Ausgewachsenes Blatt (von oben gesehen). a Stamm, b Blattstiel, c Borsten, d Blattscheibe (vollständig geschlossen). I Randzone, II Zone der zweiarmigen Drüsen der Aussenseite (auf der Innenseite entspricht ihr die Zone mit vierarmigen Drüsen), III drüsenlose Zone, IV innere Zone der zweiarmigen Drüsen (auf der Innenseite entspricht ihr die Zone der dichtgedrängten, runden Drüsen), V Gelenkzone, VI Blattspitze, VII Luftblasen, e Leitbündelzellen, f durchschimmernde Parenchymlamellen, x, y, z Zonen der Borsten (hier nicht näher berücksichtigt). b Vorderer Teil eines Blattes, Blattscheibe geöffnet. I Randzone, II Zone der vierarmigen Drüsen, III drüsenlose Zone IV Zone der dichtgedrängten, runden Drüsen (Verdauungszone), V Gelenkzone mit vielen Drüsen, VI Blattspitze, vg Verschlussgrenze. c Querschnitt durch den Blattstiel, o obere Seite, u untere Seite, l Leitbündelzellen, pl Parenchymlamellen (als Längs- und Querverperrungen), h Lufthohlräume, d zweiarmige Drüsen, d' Drüse mit abgebrochenen Köpfchen, d Querschnitt durch den ausgewachsenen Stamm, e Epidermis, p Parenchym, ck Chlorophyllkörner, i Interzellularraum, l Leitbündelzellen. e Vierarmige Drüse von oben, f Vierarmige Drüse von der Seite, Stz Stielzellen, Kz Köpfchenzellen, Zk Zellkern. g Stück von der Innenseite des Blattes, vg Verschlusszone, vd Zone der dichtgedrängten Verdauungsdrüsen, dz drüsenlose Zone, d Verdauungsdrüsen. h Gelenkzone der Innenseite mit vielen Verdauungsdrüsen, st sensibles Trichom, o obere Blattscheibenhälfte, vd Verdauungsdrüse, u untere Blattscheibenhälfte, i Stück aus der Kreuzdrüsenzzone, k Stück aus der Zone der zweiarmigen Drüsen (alle Figuren nach C. A. Fenner).

schli
(Dio
Hälft
und
ränd
rinne
welc
trete
sind
stark
welc
zähe
Insek

a

Fig.
b Qu
folia
Tent
g Le
Tent
ein I
von
f Tr
köpf
ein
zeich
Fritz
voren

schliessen und die Tierchen festhalten, Aehnliche Fangbewegungen führt die amüsante Venus-Fliegenfalle (*Dionaea muscipula*) aus, die auf sandigen Plätzen in Südkarolina vorkommt. Auch hier klappen die beiden Hälften der Blattflächen, sobald ein Insekt mit einer Fühlborste in Berührung kommt, momentan zusammen (Fig. 175 c und d). Die verhältnismässig langen und starken Borsten der Blattränder greifen ineinander ein und helfen ihrerseits mit ein Entrinnen unmöglich zu machen. Bei den Sonnentauflanzen (*Drosera*), welche Gattung mit einigen wenigen Arten auch bei uns vertreten ist (*D. longifolia* (= *Anglica*), *rotundifolia*, *intermedia*), sind die Blätter sowohl am Rande wie auf der obern Fläche mit starken, gestielten Drüsen (Tentakeln, Fig. 177 a, b, c) besetzt, welche an ihrem oberen, kopfförmig angeschwollenen Ende eine zähe, klebrige, fadenziehende Flüssigkeit absondern, wodurch Insekten, die sich auf solche Blätter setzen, festgeklebt werden.



Fig. 177. Tierfangendes Blatt von *Drosera rotundifolia*, in drei verschiedenen Stadien.

Durch den Reiz, welchen das Insekt auf das Blatt ausübt, krümmt sich dieses allmählich ein. Auch die Drüsen, in deren Bereich das Tierchen liegt, biegen sich über dessen Körper hin und hüllen es mit ihrem Sekret vollständig ein (Fig. 177 c). Die eiweisshaltigen Bestandteile werden von einem peptonisierenden Ferment soweit wie möglich aufgelöst. Ueber den anatomischen Bau der Tentakeln gibt uns Fig. 178 nähere Auskunft. Nach beendeter Verdauung kehren Blattfläche und Drüsen allmählich wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Aehnliche Drüsen finden sich auch bei *Drosophyllum Lusitanicum* aus Portugal, bei *Byblis gigantea* aus Australien, bei den einheimischen Fettkräutern (*Pinguicula*) etc.

Eigenartige Fangapparate zeigen ferner unsere einheimischen, im Wasser lebenden Wasserschläuche oder Utricularien. Einzelne Zipfel der stark getheilten Blattfläche tragen blasenartige Organe (ampullae), die nach aussen durch eine Art Gaumen verschlossen werden (Fig. 179, 180). Die sehr enge Eingangsöffnung ist mit einer Klappe versehen (Fig. 180 a und b), die sich nach innen öffnet und kleinen Krustentierchen den Eintritt ins Innere der Blase gestattet, jedoch den Ausweg, da sie sich wie ein Ventil schliesst, unmöglich macht. Sowohl an der Blase wie auch auf der Blatt- und Sprossoberfläche treten verschiedenartige Drüsenhaare (Fig. 180 c) auf. *Utricularia vulgaris* besitzt 4 typische Drüsenformen. Morphologisch sind die Blasen der Utricularien als umgewandelte Blattstrahlen (in einzelnen Fällen als Umbildungen ganzer Blätter) zu betrachten. — Als weitere metamorphosierte Blätter wären die Zwiebel- und Knospenschuppen zu erwähnen, welche bereits früher besprochen worden sind. Schliesslich möge auch



Fig. 179. Blattzipfel von *Utricularia vulgaris* mit Fangblase. Oben und unten je ein Blatt einer Winterknospe.

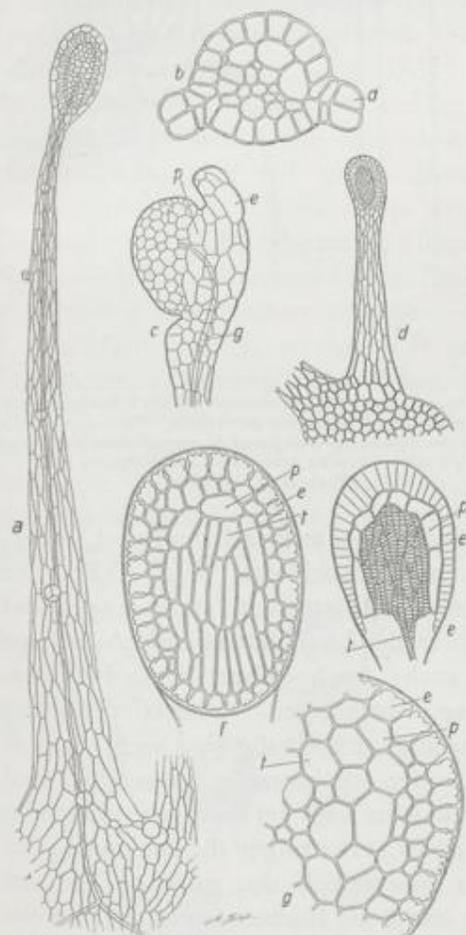


Fig. 178. a Ganzer Tentakel von *Drosera rotundifolia*, b Querschnitt durch den Tentakelstiel von *D. longifolia* mit sitzenden Drüsenhaaren (d). c Randständiger Tentakel von *Drosera rotundifolia*, e Epidermis, f Leitbündel, g Parenchym, d Abzweigung eines Tentakels von *Drosera obovata*, e Längsschnitt durch ein Drüsenköpfchen eines mittelständigen Tentakels von *Drosera rotundifolia*, e Epidermis, f Parenchym, g Tracheiden, h Längsschnitt durch ein Drüsenköpfchen von *Drosera longifolia*, g Querschnitt durch ein Drüsenköpfchen von *D. longifolia*, (Originalzeichnungen aus einer unveröffentlichten Arbeit von Fritz Höhn, über *Drosera* und verwandte Insektivoren. Aus dem systematisch-botan. Institut der Universität Zürich).

noch darauf hingewiesen werden, dass die blattähnlichen, thalloiden, auf dem Wasser schwimmenden Vegetationskörper der Wasserlinsen (*Lemna*, *Wolffia*, *Spirodela*) entgegen der Sprosstheorie auch als umgewandelte Blätter angesprochen werden (Fig. 181). Die Vorblätter, die gleichfalls in die Kategorie der metamorphosierten Blätter gehören, werden bei der Blüte besprochen.

Bei Cucurbitaceen können sie als Ranken ausgebildet sein; bei den *Salix*-Arten sind sie zu einer einheitlichen, derben Knospenschuppe verwachsen.

An den meisten fruchtbaren Sprossen lassen sich hinsichtlich der Blätter 3 ver-

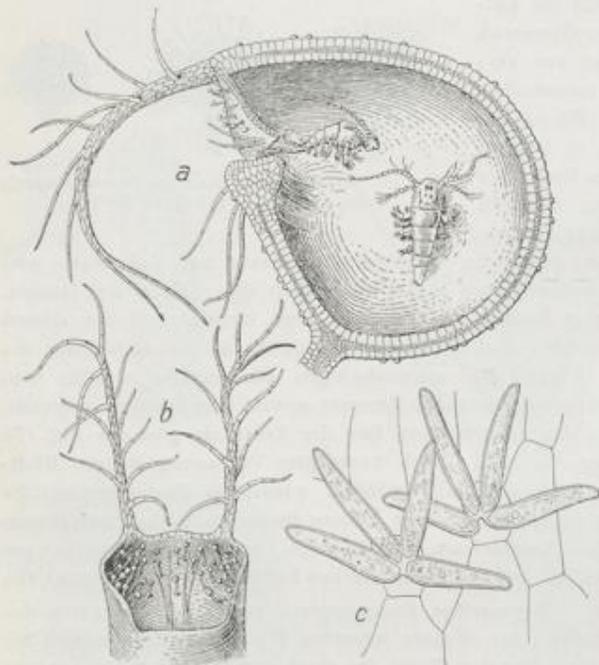


Fig. 180. a Medianschnitt durch eine ausgewachsene Blase von *Utricularia vulgaris*. b Eingang zu der Blase (von der Bauchseite gesehen). c Vierstrahlige Drüsen aus den Blasen (nach H. Meyerhofer).

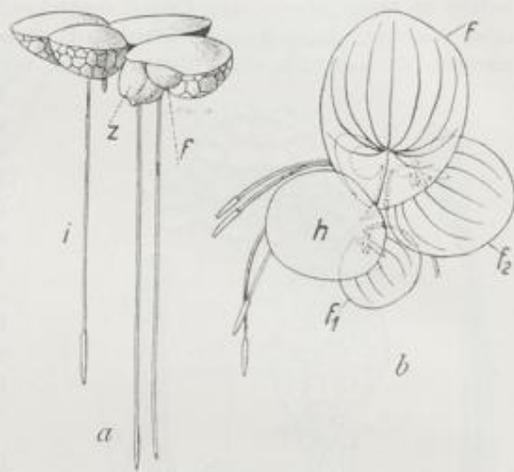


Fig. 181. a *Lemnagibba*. Sprossverband mit Früchten (*z*) und Beispross (*f*). b *Spirodela polyrrhiza*. Winterspross (*h*), die beiden Sommersprosse *f* und *f*₁ entwickelnd; der ältere (*f*) trägt seinerseits schon den Tochtterspross (*f*₂). (Nach Hegelmaier).

schiedene Regionen, die gewöhnlich durch besondere Blattformen ausgezeichnet sind, unterscheiden, nämlich die Nieder-, Laub- und Hochblätter (Fig. 182). Die Niederblätter, an denen besonders der Blattgrund stark ausgebildet ist, befinden sich bei vielen Pflanzen unter der Laubblattregion. Allerdings können Niederblätter gelegentlich auch hoch oben am Pflanzenkörper an der Basis von Seitensprossen entspringen. Die Niederblätter schliessen ihren Entwicklungsgang frühzeitig ab. Häufig sind sie schuppenförmig (Rhizom- und Zwiebelnscuppen) oder scheidenartig ausgebildet und dienen als Reservestoffbehälter. Die Blattlamina fehlt bei ihnen oft vollständig oder ist rudimentär entwickelt. Die Laubblätter zeigen die vollkommenste Ausbildung des Blattes und bekleiden gewöhnlich den grössten Teil des Stengels. Die verschiedenen Blattformen sowie die Blattanatomie sind bereits früher geschildert worden. Entweder folgen die Laubblätter ohne Vermittlung auf die Niederblätter oder sie sind mit diesen durch allmähliche Uebergangsformen verbunden (z. B. *Valeriana dioica*, *Orchis*-Arten etc.). Die Hochblätter finden sich über den Laubblättern in der „Blütenregion“. Entweder sind sie von den Laubblättern nicht stark verschieden, laubblattähnlich (*Cyperaceen* Taf. 43, *Juncaceen* Taf. 57, *Epilobium* etc.) oder sie weichen in Form, Farbe oder sonstigen Eigenschaften von den Laubblättern wesentlich ab. Stets aber stellen sie metamorphosierte Laubblätter dar und sind mit diesen durch mancherlei Uebergänge verbunden.



Fig. 182. *Leucium vernum*. n Niederblätter, l Laubblätter, h Hochblatt.

Alle
nach
blät
Melan
Aug
oder
Grun
Arac
Amo
rianu
und
gelb
[Taf.
beim
blatt
förm
blät
schö
Gatt
nus)
karm
Kron
Einz
Bei d
weiss
schli
ceen
tham



Fig. 18
kleiner

Alle Hochblätter haben das Gemeinsame, dass sie in der Blütenregion stehen; ihrer Leistung nach haben sie jedoch sehr verschiedene Bedeutung. Gewöhnlich besitzen die Hoch- oder Hüllblätter einen zarten Bau und sind häufig von kurzer Lebensdauer. Bei einigen einheimischen *Melampyrum*-Arten (*M. arvense*, *cristatum*, *nemorosum*), bei *Aiuga pyramidalis*, *Salvia sclarea* und *horminum* sind sie blau oder rötlich gefärbt. Andere Hochblätter finden sich am Grunde von Blütenständen, so vor allem die Spatha der Araceen, die oft dunkel purpurrot (*Dracunculus vulgaris*, *Amorphophallus*, *Typhonium*), hochrot (*Anthurium Scherzerianum* und *Grusoni*), weiss (*Calla Aethiopica* [Fig. 183 a] und *Calla palustris* [Taf. 55, Fig. 2], *Arum Italicum*), gelb (*Steudnera colocasiifolia*), grünlich (*Arum maculatum* [Taf. 55, Fig. 3]) oder tigerfarben (*Sauromatum guttatum*); beim Kalmus dagegen (Fig. 183 e) ist die Spatha laubblattähnlich und scheinbar endständig, indem sie den walzenförmigen Blütenstand zur Seite drückt. Aehnliche Hochblätter finden sich bei vielen Bromeliaceen (namentlich schön *Nidularium fulgens*). Bei verschiedenen Arten der Gattung *Amaryllidaceengattung Haemanthus* (z. B. *H. tigrinus*) werden die zahlreichen kleinen Einzelblüten von mehreren karminroten Hochblättern umgeben, die den Eindruck von Kronblättern machen, weshalb der ganze Blütenstand einer Einzelblüte, etwa einer roten Tulpe, täuschend ähnlich sieht. Bei dem krautigen *Cornus Suecica* (Fig. 184) sind 4 leuchtend weisse Hochblätter ausgebildet, die in ihrer Mitte die kleinen Blüten (Fig. 184 b und c) in sich schliessen. Aehnlich verhalten sich einige bei uns in Gewächshäusern zuweilen gezogene *Saururaceen* (*Houttuynia cordata* und *Anemiopsis Californica*) sowie verschiedene *Cornaceen* (z. B. *Benthamia fragifera*). Bei der brasilianischen *Nyctaginacee* *Bougainvillea spectabilis* (in Südeuropa



Fig. 184. *Cornus Suecica*. a Habitus (wenig verkleinert). b Blütenstand mit 4 Hochblättern. c Einzelblüte. d Fruchtstand.

halb verwildert) umschliessen drei tief rosafarbene Hochblätter die drei kleinen unansehnlichen Einzelblüten. Bei den Korbblütlern bilden die Hüllblätter am Grunde der Köpfe die sog. Hülle oder das Involucrum (Fig. 185). Die einzelnen Hüllblätter sind in der Regel verhältnismässig klein, grün, und decken sich dachziegelartig (*Tussilago*, *Taraxacum*), zuweilen trockenhäutig (*Xeranthemum*, *Ambrosium alatum*, *Helichrysum bracteatum*), dornig oder stachelspitzig (*Cirsium*, *Carduus*, *Lappa*, *Centaurea solstitialis* und *calcitrapa*) oder mit trockenhäutigen, oft kammförmig zerschlitzten Anhängseln (*Centaurea jacea*, *nigra* etc.) versehen. Bei der Wetterdistel (*Carlina acaulis*, Fig. 186) sind die innern Hüllblätter glänzend silberweiss und zeigen Tag- und Nachtstellung; beim Edelweiss sind sie weiss wollig und könnten leicht



Fig. 183. Hochblätter. a von *Calla Aethiopica*, b *Spathiphyllum*, c *Nizza-Anemone*, d Leberblümchen.



Fig. 185. Blütenköpfchen mit Involucrum von *Centaurea calcitrapa*.

für die Randblüten gehalten werden. Auch bei vielen Doldenpflanzen findet sich an der Ursprungsstelle der Doldenstrahlen ein meist vielblättriges, zuweilen geteiltes, in seiner Gestalt sehr mannigfaltiges Involucrum (Fig. 187). Bei verschiedenen Euphorbiaceen (*Euphorbia*



Fig. 186. Wetterdistel (*Carlina acaulis*). Blütenkopf geschlossen und geöffnet, mit silberglänzenden Hüllblättern.

fulgens [= *jaciniiflora*], *splendens*, *epithymoides* etc. [Fig. 252c], bei *Poinsettia pulcherrima*, Fig. 188, *Dalechampia Roezliana* etc.) ist das vielblättrige Involucrum, welches die einzelnen stark reduzierten Blütenstände (Cyathien) umgibt,

intensiv rosa, orange, blutrot, gelb oder weiss gefärbt. Meistens sind die Hochblätter durch ein Internodium von der Blütenhülle getrennt (Fig. 183c). Bei einzelnen Arten rücken sie jedoch so nahe an die Blüten heran, dass sie für Teile der Blüte (Kelch) gehalten werden könnten (Fig. 183d). Erst durch Vergleich mit den nächst verwandten Arten (Fig. 183) lässt sich beim Leberblümchen feststellen, dass es in der Tat nicht Kelchblätter, sondern ungeteilte, laubblattartige Hochblätter sind. Bei den Malvaceen bilden die Hochblätter dicht unter dem eigentlichen Kelch eine verwachsenblättrige Hülle, welche als Aussenkelch (involucrum) bezeichnet wird. Bei den Vertretern der Gattung *Malva* ist der Aussenkelch dreiblättrig (Fig. 189a), bei der Gattung *Althaea* sechs- bis neunspaltig (Fig. 189b). Zu den Hochblättern gehört auch



Fig. 188. *Poinsettia pulcherrima*, Blütenstände von blutroten Hochblättern umstellt.



Fig. 187. Blütendolde von *Daucus carota*. Hüllblätter fiederspaltig.



Fig. 189. Blüten mit Aussenkelch. a *Malva*, b *Althaea*.

meri
orga
zwar

Fig. 19
stand
spaltig
blätter
von

den

trete
Pflan
ähnli
Duro
Rhiz
Fig.
weni
schu
küm
dure
sind.
Blatt
dick
Rhiz
wan
und
in d
stand
unter
enge
gehe
In

meris sind die eigentlichen Blütendeckblätter verkümmert und die Nebenblätter als Schutzorgane ausgebildet. Ebenso sind die Spelzen der Gramineen als Hochblätter aufzufassen und zwar entsprechen sie dem Blattgrund, während das Oberblatt verkümmert oder als end- bzw.

rückenständige

Granne entwickelt ist. Bei *Lolium* sind nur bei den freistehenden Endährchen zwei Hüllspelzen ausgebildet, bei den Seitenährchen dagegen nur eine. Die untere, der Infloreszenzachse zugekehrte Hüllspelze ist als Schutzorgan überflüssig geworden und wird deshalb für gewöhnlich nicht mehr ausgebildet (Bd. I pag. 377, Fig. 164). Gelegentlich trifft man sie an



Fig. 190. *Eryngium alpinum*. *a* Blütenstand kopfig, distelähnlich, von viel-spaltigen, stechend-gesägten Hochblättern umgeben. *b* Einzelblüte. *c* Frucht von aussen, *d* Fruchtquerschnitt.

den untern Blüten von *Lolium temulentum* noch an.

Schuppen- oder Speicherblätter treten gelegentlich an den Rhizomen verschiedener Pflanzen auf und verhalten sich in ihrer Funktion ähnlich wie die Blätter der Blattsukkulanten. Durch ein auffälliges, weisses, schuppenförmiges Rhizom sind die Zahnwurzgewächse (*Dentaria*, Fig. 192) ausgezeichnet; es sind dies mehr oder weniger fleischige, am Rande etwas gewimperte, schuppenartige Niederblätter, die durch Verkümmern der Laminaranlage des Blattes und durch Verbreiterung des Blattstieles entstanden sind. Gelegentlich wachsen diese sogar zu einem Blattstiel oder zu einer Spreite aus. Aehnliche dickfleischige, als Reservestoffbehälter dienende Rhizomschuppen zeigen die beiden nahe verwandten Scrophulariaceen *Lathraea squamaria* und *Tozzia alpina*. Bei der erstern Art treten in der Schuppe Höhlungen auf, die dadurch zustande kommen, dass die Blattoberseite nach unten umgebogen ist und sich bis auf eine enge Spalte schliesst. Von der grossen Höhlung gehen dann weitere Kanäle ins Blattinnere hinein. In diesen Höhlungen befinden sich wohl-



Fig. 191. *Tilia platyphyllos*. Flügelblatt mit der Blütenstandachse z. T. verwachsen.



Fig. 192. *Dentaria polyphylla*. *a* Habitus ($\frac{1}{2}$ natürl. Grösse). *b* Junge Blüte. *c* Blütenlängsschnitt. *d* Blättchen mit Anlagen von Bulbillen.

verwahrt zahlreiche wasserabsondernde Drüsen, durch deren Tätigkeit die Transpiration zum Teil ersetzt wird. In frühen Stadien dienen die Hohlräume wohl auch der Durchlüftung. Bei den einfacher gebauten Schuppenblättern der *Tozzia* ist einzig der Blattrand umgebogen; die



Fig. 193. Zweig vom schwarzen Maulbeerbaum mit verschieden geformten Laubblättern.

umgewandelt sein können (Fig. 194). Bereits früher ist schon kurz auf die Heterophyllie verschiedener Wasserpflanzen hingewiesen worden (pag. CII), wo dieselbe Pflanzenspezies zweierlei Blätter, untergetauchte, zerschlitzte oder bandförmige Wasserblätter und flache, ungeteilte, an der Oberfläche schwimmende oder über diese emporwachsende Luftblätter hervorbringen kann (*Ranunculus aquatilis*, *Limnophila heterophylla*, *Bidens Beckii*, *Cabomba aquatica*, *Sagittaria* etc.). Hier wird die Blattform direkt von dem Medium beeinflusst. Analog verhalten sich die Blätter verschiedener feuchtigkeitsliebender Umbelliferen (*Sium latifolium*, *Phellandrium aquaticum*), sowie *Nasturtium amphibium* etc. Auch hier sind die Erstlings- oder Wasserblätter viel feiner zerteilt als die spätern Luftblätter und erreichen dadurch eine für die Stoffaufnahme geeignete, grössere Oberflächenentwicklung. Aber auch einzelne Landpflanzen weisen in verschiedenen Entwicklungsperioden auffallend verschiedene Laubblätter auf. Von dem durch seine Anpflanzung in Südeuropa (namentlich auch zur Assanierung von sumpfigen Gegenden) bekannt gewordenen, australischen Fieberbaum (*Eucalyptus globulus*) zeigt die Jugendform dekussiert stehende, mehlig bestäubte (Wachskörner), ovale Blätter, welche an den vierkantigen Zweigen senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl stehen. Aeltere Sprosse dagegen besitzen hängende, einzeln stehende, wechselständige, messerklingenähnliche Blätter (Fig. 195). Beim Epheu sind die Blätter der orthotropen Blütenzweige ganzrandig und eiförmig zugespitzt, diejenigen der plagiotropen, untern Sprosse dagegen 3- bis 5-eckig gelappt (die allerersten Blätter, die nach der Keimung auftreten, sind allerdings

wasserabsondernden Drüsen befinden sich nur in den von den eingeschlagenen Rändern bedeckten Blattteilen.

Im allgemeinen besitzt eine Pflanzenart — abgesehen von den Nieder- und Hochblättern — gewöhnlich nur eine einzige Form von Laubblättern, die für die betreffende Art charakteristisch ist. Eine Ausnahme machen nicht selten die Erstlingsblätter, die bei einzelnen Pflanzen (Leguminosen, Palmen) viel einfacher gebaut (bei den Leguminosen oft ungeteilt) sind als die später nachfolgenden Blätter. Solche Erstlingsblätter geben nicht selten Auskunft über die Stammesgeschichte oder über die nähere Verwandtschaft solcher Arten. Auch bei einzelnen Zweigen können gelegentlich verschiedene Blattformen auftreten. So sind z. B. beim Maulbeerbaum (Fig. 193) die äussersten Laubblätter fast ganzrandig oder doch bedeutend weniger gelappt als die weiter nach rückwärts gelegenen Blätter. Andererseits können Erstlingsblätter noch die für die betreffende Familie charakteristischen Blätter aufweisen, während die Blätter der erwachsenen Pflanzen

viel einfacher gegliedert sind, verkümmern, gänzlich fehlen oder in Dornen

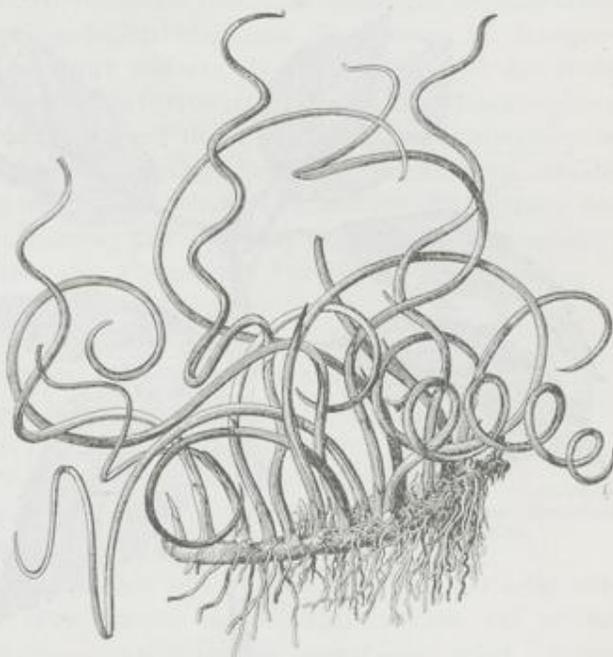


Fig. 194. Junges Pflänzchen von *Ulex europaeus*. Ueber den beiden Keimblättern folgen zunächst dreizählige, gestielte, dann ungeteilte, lineale, stachelspitzige Laubblätter mit stehenden Kurzweigen in ihren Achseln.



Fig. 195. Heterophyllie vom Fieberbaum (*Eucalyptus globulus*).

auch einfach; die fünfklappigen Blätter erscheinen erst im zweiten Jahre). Bei der Stechpalme (*Ilex aquifolium*) werden die ursprünglich am Rande welligen und stachelspitzig gezähnten Laubblätter an alternden Exemplaren eben und ganzrandig. Ausgesprochene Heterophyllie findet sich auch bei zahlreichen tropischen Farnen. Bei den Platynerien, bei verschiedenen Polypodien aus der Sektion *Drynaria* (*P. quercifolium*, *propinquum* etc.) finden sich neben den grünen, assimilierenden, oft hirschgeweihartig geteilten oder gefiederten Blättern, die als Assimilationsorgane dienen und die Sporangien hervorbringen, noch sog. Nischen- oder Mantelblätter, welche ihr Chlorophyll bald verlieren, in vielen Fällen braun und derbhäutig werden und mit breiter Basis dem Baumstamme aufliegen können. Die letztern bilden Nischen, in welche Stücke von toten Zweigen, Laub usw. hineingeweht oder durch den Regen hineingeschwemmt werden. — Von einer Reihe von sog. guten Pflanzenspezies sind eine oder mehrere Abänderungen bekannt, die in der beschreibenden Botanik als Varietäten, Formen, *Lusus* etc. bezeichnet werden. Hinsichtlich des Blattes zeigen derartige Formen, die in neuerer Zeit z. T. auch als Mutationen bezeichnet werden, vom Typus oft grosse Abweichungen. So sind z. B. bei dem in Figur 196 abgebildeten *Juncus effusus* f. *spiralis* statt der aufrechtstehenden, schaftartigen Stengel, wie diese dem Typus eigen sind, sprunghafte gewundene Sprosse und Blätter ausgebildet. Einzelne Arten, besonders viele Laubhölzer (*Sambucus*, *Corylus*, *Alnus*, *Fagus*), viele Farne etc. sind in dieser Hinsicht besonders produktiv und haben eine mehr oder weniger grosse Zahl von teilweise sehr interessanten und dekorativen Formen hervorgebracht, die von den Kultivateuren schon lange in Besitz genommen worden sind. Figur 197 zeigt zwei verschiedene Blattformen — eine rund- und eine schlitzblättrige Form — vom

Fig. 196. *Juncus effusus* forma *spiralis*.Fig. 197. Rund- und schlitzblättrige Form von *Sambucus nigra*. Rechts oben ein Zweigstück mit Rindenporen.

schwarzen Hollunder (*Sambucus nigra*), die beide vom Blatt-Typus der Art stark abweichen. Hinsichtlich der Blüten und Früchte, der Anatomie des Holzes etc. stimmen sie dagegen mit dem Typus vollkommen überein. Bei *Fraxinus excelsior* f. *monophylla* (Fig. 198) sind die Laubblätter einfach, ungeteilt, während diese beim Typus bekanntlich unpaarig gefiedert sind. Bei der Form *crispum* der Hirschzunge ist die vordere Blattpartie durch Gabelung des Mittelnerven krausig ausgebildet (Fig. 199). Nach der Ausbildung der Blattfläche werden derartige abnorm ausgebildete Formen als forma *laciniata*, *crispa*, *digitata*, *incisa*, *salicifolia*, *palmata*, *macrophylla*, *grandifolia*, *tripartita*, *quercooides*, *dissecta* etc. bezeichnet. Neben der Blattform kann auch die Farbe der Blätter \pm weniger stark abändern; dadurch kommen rotblättrige (Blutbuche, Bluthasel), buntblättrige, gestreiftblättrige, eigentümlich gefleckte, panachierte, bepuderte, gescheckte (f. *vittata*, *pulverulenta*, *maculata*, *purpurea*, *glaucescens*, *lutescens*, *atropurpurea* etc.) Formen zur Ausbildung. Solche Abänderungen, die ohne Zutun des Menschen plötzlich, sprungweise — in der Kultur wie in der freien Natur — entstehen, können sich auch an den Blüten, Früchten etc. abspielen (Fig. 268). So sind auf diesem Wege wohl die meisten gefüllten oder abnorm ausgebildeten Blüten und Früchte (Papagei-

tulpen, *Chelidonium maius* f. *laciniatum* mit zerschlitzten Petalen, gelbfrüchtige Form von *Atropa belladonna*, *Cornus mas*, *Taxus baccata* etc.) entstanden. Aehnlich verhalten sich verschiedene Wuchsformen von zahlreichen Koniferen und Laubbölgern mit hängenden Zweigen, die als Trauer-, Pyramiden-, Schlangen-, Zwerg- und Hängeformen, als Kugelbäume (f. *fastigiata*, *pendula*, *compacta*, *arborescens*, *pyramidalis*, *columnaris*, *globosa*, *nana*) etc. bezeichnet werden.

Die meisten Beispiele von sprungweiser Entstehung neuer Formen haben sich in Gärten unter sorgfältiger Pflege, wo vor allem die Kreuzung mit andern In-



Fig. 198. Eschenzweig mit einfachen Laubblättern (*Fraxinus excelsior* f. *monophylla*).



Fig. 199. *Scolopendrium vulgare* f. *crispum*.

dividuen vermieden werden konnte, ausgebildet. Denn werden solche durch Mutation oder Heterogenesis entstandene Formen wieder mit normalen Formen befruchtet, so erfolgt Rückschlag in die Normalform. Ueber die Ursache der sprungweisen Entstehung von neuen Formen sind wir gegenwärtig noch nicht näher unterrichtet.

Der reproduktive Spross.

Statt der Laubblätter treten bei den meisten Samen- oder Blütenpflanzen in den obern Teilen der Sprosse Sporophylle auf, die in ihrer Gesamtheit allgemein als Blüten bezeichnet werden. Diese Sporophylle tragen die Geschlechts- oder Fortpflanzungsorgane (Sexualorgane); die männlichen werden Staub- oder Pollensäcke, die weiblichen Samenanlagen genannt. Bereits bei den höhern Kryptogamen tritt eine Arbeitsteilung in unfruchtbare und fruchtbare, sporentragende (Sporophylle) Blätter ein. Die letztern sind bei den Equiseten, Lycopodien etc. (Fig. 83) an den Enden der Sprossachsen, deren Wachstum dadurch abgeschlossen wird, zu besondern, dichtbeblätterten, ährenartigen Ständen vereinigt. Bei verschiedenen heterosporen Gefäßkryptogamen (*Selaginella Helvetica* und *selaginoides*) geht die Arbeitsteilung noch weiter, indem hier zwei Arten von Sporen und Sporangien auftreten, welche auf verschiedene Blätter verteilt sind. Bei den Blütenpflanzen sind die Sporophylle als Staub- und Fruchtblätter entwickelt und bilden die wesentlichen Bestandteile der Blüte. Ausser den Sporophyllen kommen in vielen Blüten in den allermeisten Fällen noch weitere Blattorgane vor, die nur indirekt an der geschlechtlichen Fortpflanzung beteiligt sind. Es sind vor allem die Blätter der Blütenhülle (*perianthium*), die sehr oft in Kelch und Krone geschieden sind und ähnlich wie die Sporophylle als metamorphosierte Blätter aufzufassen sind. Die einzelnen Organe der Blüte

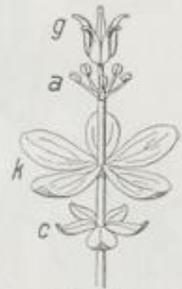


Fig. 200.
Blütentypus,
c Kelchblätter,
a Blütenblätter,
h Staubblätter,
g Fruchtblätter.

werden dementsprechend — in aufsteigender Weise (Fig. 200) — als Kelchblätter (*sépala*), Blumen- oder Kronenblätter (*pétala*), Staubblätter (*stámina*) und als Fruchtblätter (*carpélla*) unterschieden. Gelegentlich finden sich unter den Blüten bezw. unter den Blütenständen noch kronblattartige Hochblätter (siehe pag. CXI). Gewöhnlich schliessen die Sprosse ihr Längenwachstum mit Blüten ab. Die Blüte ist also nichts anderes als eine Achse oder das Ende einer Achse, welche mehr oder weniger stark umgebildete Blätter trägt. Die stärkste Metamorphose haben die Staub- und Fruchtblätter erfahren. In abnormen Fällen (bei Missbildungen etc.) kann es gelegentlich vorkommen, dass diese wiederum in die ursprüngliche Form zurückkehren. Staubblätter können mehr oder weniger blattartig ausgebildet sein, sie „verlauben“ (*Phyllodie*). Bei kultivierten Rosen (*Rosa Bengalensis* var. *viridiflora*) tritt zuweilen Vergrünung (*Chloranthie*)



Fig. 202. Längsschnitt durch die Blüte von *Dianthus*.

der bunten Perigonblätter ein, ebenso bei Formen von *Dahlia variabilis*. Auf Umwandlung der Staubblätter in Perigonblätter sind die meisten gefüllten Blüten zurückzuführen. Doppelte Kronen (*Campanula Medium* f. *calycanthema*, *Mimulus*) gelangen durch *Petaloidie* des Kelches zur Ausbildung. Eine ununterbrochene Reihe von typischen Blütenblättern zu echten Staubblättern kann man in den Blüten der Seerosen (*Nymphaea* [= *Castalia*] *alba*, Fig. 201)



Fig. 201. Staubblattformen von *Nymphaea alba*.

beobachten. Bei *Canna Indica* sind alle Staubblätter kronblattartig ausgebildet und bis auf 1 (das hintere) unfruchtbar, welches auf seinem rechten Rande einen halben, zweifächerigen Staubbeutel trägt. Selten kommt eine stielartige Verlängerung der Blütenachse zwischen Kelch und Krone (*Caryophyllaceen*, Fig. 202), zwischen Blütenhülle und *Androeceum* (*Androphor* der *Capparidaceen*, *Passiflora*) oder zwischen *Androeceum* und *Gynaeceum* (*Gynophor*) vor.

Die Blüte.

Wie an jedem Spross, so kann man auch an der Blüte die Achse und die seitlichen Blätter unterscheiden. Bei den weiblichen Blüten, den sog. Zapfen, der Koniferen ist die Achse ziemlich lang und trägt in vielen Fällen in ihrer ganzen Länge eine sehr grosse Zahl von Fruchtblättern (Zapfenschuppen). Der ganze Zapfen repräsentiert demgemäss eine einzige Blüte. In der Regel aber bleibt die Achse sehr kurz und schliesst nach oben mit den Fruchtblättern ab. Die einzelnen Bestandteile der Blüte stehen an der Blütenachse gewöhnlich sehr dicht übereinander, anscheinend durch keine Internodien getrennt. Bei Missbildungen (*teratologische* Bildungen) kommt es gelegentlich vor, dass die Achse die Blüte durchwächst und zuweilen noch eine zweite Blüte trägt. Derartige Durchwachsungen (*Prolifikationen*) kann man hie und da an kultivierten Rosen, bei *Geum* (Fig. 203) etc. beobachten. Ebenso können in den Achseln der Kelch-, Kronen- und Staubblätter sich gelegentlich Achsel sprosse ausbilden. In der Regel aber fehlen den verschiedenen Blättern der Blüte die Achselknospen; die Blütenachse bleibt einfach. Als Blütenboden (*receptáculum*, *tórus*, *thálamus*) bezeichnen wir die gemeinschaftliche Achse, auf welcher die verschiedenen Blätter der Blüte gewöhnlich nahe beieinander stehen. Er bildet das oberste Ende der Blütenachse; in vielen Fällen breitet er sich seitlich aus, so dass er flächen-, kuchen- oder krugförmig wird. Bei den Blüten mit unterständigem Fruchtknoten nimmt er auch an der Fruchtbildung teil. Die gleichartigen



Fig. 203. Durchwachsung einer Blüte von *Geum rivale*.

Blätter der Blüten werden als Kreise bezeichnet. Man unterscheidet dementsprechend einen Staubblattkreis, Kronblattkreis etc. Häufig sind die zu einem Kreise gehörigen Blätter miteinander verwachsen. Die Gesamtheit der Kelchblätter bildet den Kelch, die der Blütenblätter die Blumenkrone oder Korolle, die der Fruchtblätter den Fruchtknoten. Auch die Staubblätter verwachsen in einzelnen Fällen zu säulenartigen Gebilden (z. B. Malvaceen, Fig. 223a).



Fig. 204. Einfach gebaute Blüten. *a* Männliche Blüte von *Salix pentandra* mit Tragblatt und vorderer Honigdrüse. *b* Die gleiche Blüte, Staubblätter abgeschnitten. Die vordere Honigdrüse ist nach vorn geschlagen. *c* Weibliche Blüte von *Salix pentandra*. *d* vordere Drüse. *e* Männliche Blüte von *Salix alba*. *f* Weibliche Blüte von *Salix alba*. *g* Längsschnitt durch den weiblichen Blütenstand von *Fagus*. *h* Cupula. *i* Weibliche Blüte von *Populus alba*. *j* Drüsenbecher. *k* Männliche Blüte von *Populus tremula*. *l* Männliche Blüte von *Carpinus betulus*. *m* Männliche Blüte mit Deckschuppe von *Corylus avellana*. *n* Weibliche Blütengruppe von *Corylus*. *o* Männliche Blüte von *Myrica gale*. *p* Weibliche Blüte von *Quercus sessiliflora*.

gelblich oder rötlich. Die Blätter der Blütenhülle sind entweder frei oder miteinander verwachsen. Dementsprechend lassen sich freiblätterige Perigone (eleutherotepale Perigone), freiblätterige Kelche (eleutherosepale) und freiblätterige Blumenkronen (eleutheropetale), sowie verwachsenblätterige Perigone (syntepale), gamo- oder synsepale Kelche und sympetale (gamopetale, monopetale) Kronen unterscheiden. Sympetale Kronen sind bei den Dikotyledonen (Sympetalae) weit verbreitet; bei den Monokotylen besitzen nur

An der Mehrzahl der Blüten lassen sich wesentliche und unwesentliche Bestandteile unterscheiden. Zu den unwesentlichen, die mit der geschlechtlichen Fortpflanzung direkt nichts zu tun haben, gehört die Blütenhülle, die sehr oft in Kelch und Krone gegliedert ist. Die Blütenhülle dient einerseits vielfach zur Anlockung von Insekten; andererseits ist sie als Schutzorgan für die innern Blütenteile aufzufassen. Sind alle Blätter der Blütenhülle unter sich gleich, so wird die letztere als homiochlamydäisch oder als Perigon (Perianth) bezeichnet. Die einzelnen Blätter heissen Perigonblätter (tépala). Sind dagegen der äussere und innere Kreis der Blütenhülle ungleichartig (in Farbe, Gestalt, Grösse etc.) ausgebildet, so unterscheidet man Kelch (cályx) und Krone (corólla); eine derartige Blüte wird heterochlamydäisch genannt. Die einzelnen Kelchblätter heissen sepála, die Kronen- oder Blumenblätter pétala. Bei den nackten (achlamydäischen) Blüten fehlt die Blütenhülle vollständig (Araceen, Piperaceen, Coniferae, Cladium, Isolepis, Cyperus, Typha, Potamogeton, Salix, Glaux maritima, Corylus, Fig. 204 a, b, c, d, e, g, h, i, k, m). Bei einzelnen Arten ist das Fehlen der Blütenhülle auf Abort zurückzuführen; bei andern handelt es sich um ursprüngliche Verhältnisse. Weit aus die Mehrzahl der Monokotylenblüten gehört dem homiochlamydäischen Typus an; aber auch viele Polygonaceen, Úrticaceen, Lauraceen, Ranunculaceen (*Caltha*) etc. zeigen eine einfache Blütenhülle. Immerhin gibt es verschiedene Monokotyledonen, bei welchen die Blütenhülle in Kelch und Krone gegliedert ist (*Alisma plantago* [Taf. 19, Fig. 1 a], *Caldesia parnassifolia*, *Echinodorus ranunculoides*, *Tradescantia Virginica* etc.). Bei andern Monokotylen ist das Perianth als Schuppen (*Sparganium*, Taf. 15, Fig. 4 a und 4 b) oder als Borsten und Haare (*Eriophorum*, *Trichophorum*, *Scirpus*) ausgebildet. Bei den Juncaceen (*Luzula*, *Juncus*) sind die Tepalen trockenhäutig, blass,

wen
Hya

artig
wöl
zwe
Gat
die
wer
wac
so c
tric
Kel
Es
(tül
rige
sch
Ke
Die
Zal
der
ver
wö
mä
La
ges
zei
der
zu
Bei
Ke
oft
ver
org
för
(fe
mit
bei
spl

Fig
Au
Pa

wenige Genera verwachsenblättrige Perigone (Muscari, Convallaria, Polygonatum, Hyacinthus).

Der Kelch (calyx) ist bei den meisten Arten grün gefärbt, er assimiliert und ist blattartig. Die einzelnen Blätter sind von derber Beschaffenheit, ganzrandig und zeigen gewöhnlich eine breite Basis. Verzweigte Kelchblätter zeigt die Gattung Rosa. Nicht selten sind die Kelchblätter mehr oder weniger weit miteinander verwachsen (calyx gamosépalus), so dass röhren-, glocken-, becher-, trichterförmige oder aufgeblasene Kelche zur Ausbildung gelangen. Es lassen sich dann Kelchröhre (túbus calycis) und der freiblättrige Teil, Kelchsaum (límbus) unterscheiden. Der oberste Teil der Kelchröhre heisst Schlund (faux). Die Zahl der freien Zipfel oder Zähne (Kelchzähne) entspricht der Zahl der einzelnen, miteinander verwachsenen Kelchblätter. Gewöhnlich ist der Kelch als regel-

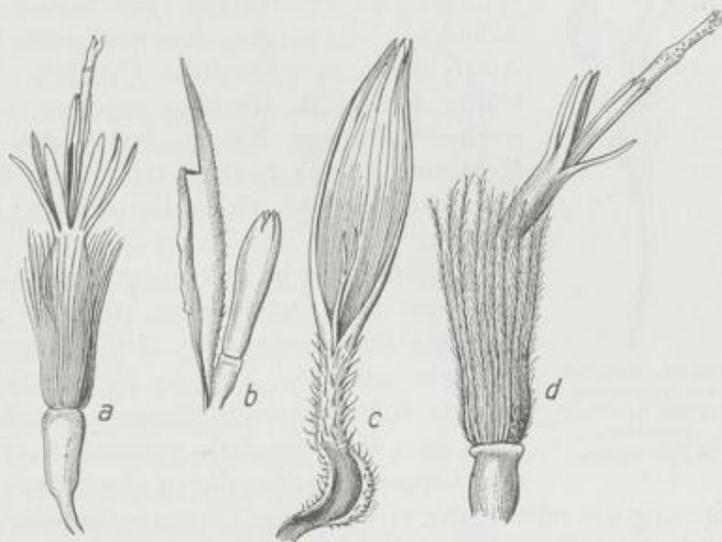


Fig. 205. Blüten verschiedener Compositen. *a* *Carduus acanthoides* (Pappus haarförmig). *b* *Buphthalmum salicifolium* (mit Spreublatt). *c* Weibliche Randblüte von *Calendula*. *d* Blüte von *Cirsium oleraceum* (Pappus federig). Alle Figuren stark vergrössert.

mässig, seltener als unregelmässig zu bezeichnen (zweilippig, z. B. bei den Leguminosen und Labiaten). Bei den Balsaminen ist das eine (das hintere) der 3 Kelchblätter sehr gross und gespornt. Zuweilen sind die Kelchblätter an den Blüten nur als kleine, unbedeutende, oft frühzeitig abfallende Gebilde (Umbelliferae, Galium) ausgebildet. Da überhaupt die Hauptaufgabe der Kelchblätter darin besteht, die innern Blütenteile während ihrer Entwicklung schützend zu umhüllen, ist es leicht begreiflich, dass viele Kelche sehr bald abfallen (calyx deciduus). Beim Mohn fallen die 2 Kelchblätter bereits beim Aufblühen der Blüten ab (hinfälliger Kelch oder calyx caducus). Im Gegensatz dazu bleibt der bleibende Kelch (calyx persistens) oft lange Zeit erhalten und erfüllt andere biologische Aufgaben. Bei den Dipterocarpaceen vergrössert er sich nach der Blütezeit flügelartig und dient für die reife Frucht als Flugorgan. Bei vielen Compositen (Fig. 205) und Valerianaceen ist der Kelch in viele haarförmige, feine Zipfel oder Borsten aufgelöst, die später als Haarschopf oder Pappus (federig oder haarförmig) an der Frucht erhalten bleiben und als vortreffliche Verbreitungsmittel für den Wind dienen. Bei der Wassernuss (*Trapa natans*) verholzt der Kelch bei der Fruchtreife. Nur in wenigen Fällen ist der Kelch bunt (petaloid) gefärbt (*Salvia splendens*, *Fuchsia*, z. T. bei verschiedenen ausländischen Rubiaceen wie z. B. bei *Calicophyllum*). Bei den Polygalaceen sind die beiden seitlichen Kelchblätter, die sog. Flügel (álae), gross, kronblattartig und ragen seitlich wie die Flügel einer Erbsenblüte vor. Verschiedene Rosaceen (*Potentilla* [Fig. 206], *Fragaria*) zeigen einen Aussenkelch (calýculus). Neben den 5 eigentlichen Kelchblättern sind noch 5 ähnliche Blättchen vorhanden, die als paarweise miteinander verschmolzene Nebenblätter der Kelchblätter aufzufassen sind.



Fig. 206. Kelch mit Aussenkelch von *Potentilla verna*.

Die Kronblätter oder Petalen sind gewöhnlich grösser als die Kelchblätter und in der Regel bunt gefärbt. Sie dienen vor allem als Schauapparat. Bei einzelnen Arten (viele Caryophyteen und Cruciferen

Bulbocodium) sind sie in Stiel und Spreite gegliedert, welche Teile dann Platte (lámina) und Nagel (únguis) genannt werden. Zuweilen sitzt die Platte \pm senkrecht auf dem Nagel. An der Uebergangszone von Platte und Nagel sind bei verschiedenen Caryophyllen



Fig. 207. Kronblatt von Melandrium, in Platte und Nagel gegliedert, n Nebenkronen.

(Melandrium [Fig. 207]), Silene, Heliosperma) Ligularbildungen zu konstatieren (Nebenkronen oder Paracorolla). Aehnliche Nebenkronen kommen auch bei verschiedenen Amaryllideen vor (Narcissus, Fig. 208). Verzweigte Kronblätter hat z. B. Dianthus superbus. — Bei vielen verwachsenblättrigen Kronen lassen sich wie beim Kelch Kronröhre (túbus), Schlund (faúx) und Kronsaum (límbus) unterscheiden. Bei vielen Borragineen, Primulaceen (Androsace) etc. ist die Krone am Schlund \pm stark eingeschnürt oder weist im Innern sog. „Schlunsschuppen“, Hohl-schuppen oder Deckklappen (fórnices) auf, die wie bei einzelnen Borragineen (Fig. 210) mit den Staubblättern abwechseln und den Eingang in den Schlund mehr oder weniger vollständig verschliessen. Nur selten ist der Kronsaum ganz (Convolvulus); meistens ist er in Zipfel, Zähne oder Lappen aufgelöst, die im allgemeinen nach der Zahl und

Stellung den miteinander verwachsenen Petalen entsprechen. Die verwachsenblättrigen Corollen werden bezeichnet: als röhrig (corolla tubulosa, Primeln), keulig (clavata, Symphytum), wenn die röhrike Blumenkrone nach oben keulig verdickt ist, als glockig (campanulata), trichterförmig (infundibuliformis, Stechapfel, Winde), präsentiertellerförmig (hypocrateriformis, Flieder, Phlox) oder radförmig (rotata), wenn die Kronröhre kurz und der Saum flach ausgebildet ist (Lysimachia, Anagallis, Galium, Veronica). Die gamopetale Blüte ist in vielen Fällen unregelmässig, vor allem beim Typus der Lippen- und Zungenblüten (Fig. 211, 212, 233).



Fig. 209. Armeria vulgaris, Krone trichterförmig mit fünf-lappigem Saum, Kelch trichterförmig, mit vorspringenden Nerven und trockenhäutigen Rand.

vielen Scrophulariaceen (Linaria, Antirrhinum) besitzt die Unterlippe eine blasenartige Verwölbung (Fig. 258), wodurch der Schlund geschlossen wird. Eine derartige Blüte wird maskiert (corolla personata) genannt. Bei den Zungenblüten, die bei den Compositen auftreten, bilden die Petalen über dem röhrenförmigen Teil einen schmalen, bandartigen Streifen (Fig. 213). Ganz unregelmässige gamopetale Kronen finden sich in den Gattungen Centranthus (Fig. 214), Scabiosa, Centaurea etc. Auch bei den getrennt- oder vielblättrigen Kronen können Unregelmässigkeiten auftreten. Bei Corydalis, Fumaria, Viola, Orchis,



Fig. 208. Narcissus pseudonarcissus mit Nebenkronen.



Fig. 210. Krone (von innen) mit Schlunsschuppen von Symphytum tuberosum.

Bei den Lippenblüten lassen sich stets Oberlippe (lábiun supérius) und Unterlippe (lábiun inférius) unterscheiden. Bei den Labiaten und Scrophulariaceen wird die Oberlippe aus zwei (Fig. 211), die Unterlippe aus drei Petalen gebildet. Bei Lonicera (Fig. 212d) sind 4 Blumenblätter zu der gewölbten, aufrechten, vierzähligen Oberlippe verwachsen, die Unterlippe repräsentiert ein Kronblatt. Bei Lobelia (Fig. 212a) findet schon vor dem Aufblühen eine Drehung des Blütenstieles um 180° (Resupination) statt, so dass die ursprüngliche, zweiteilige Unterlippe zur Oberlippe wird und umgekehrt. Bei

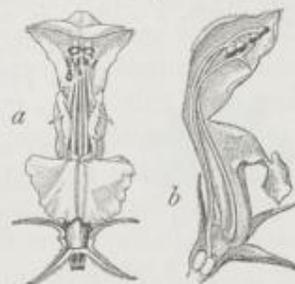


Fig. 211. Lamium album, a Blüte von vorn, b im Längsschnitt.

Gymnadenia etc. sind einzelne Kronblätter in einen Sporn ausgezogen. Bei den Orchideen weicht das hinterste Blatt (Labellum) des inneren Kreises durch Form, Grösse und Farbe von den übrigen stark ab, wodurch die Orchideenblüte stark zygomorph wird (Fig. 259g, h). Bei der



Fig. 212. a Blüte von Lobelia Dortmanna, a Griffel mit Fegeapparat, Oberlippe dreiteilig, Unterlippe zweiteilig, tief gespalten. b Blüte von Scabiosa columbaria mit Kelchborsten (h) und häutigem Aussenkelch (a). c Blüte von Euphrasia officinalis, d Doppelblüte von Lonicera alpigena.

sogar kleiner als die Kelchblätter sein. Gewöhnlich ist die Krone viel hinfalliger als der Kelch und bleibt nicht lange erhalten. Bei der Weinrebe sind die fünf Kronblätter oben miteinander verklebt und werden sehr frühzeitig als Mütze abgeworfen (Fig. 216).

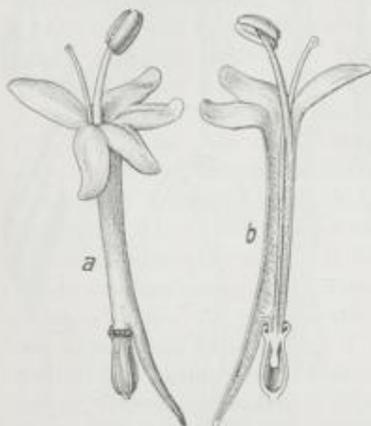


Fig. 214. Unregelmässige Blüte von Centranthus ruber. a von aussen, b im Längsschnitt. Krone röhrig gespornt, mit 5-spaltigem Saum. Staubblätter 1.

Gattung Cypripedium hat das Labellum die Gestalt eines Schuhs; bei andern Arten ist die Lippe gespornt oder gespalten. Ausgesprochen zygomorph sind auch die chori-petalen Blüten der Schmetterlingsblätter (Papilionaceae, Fig. 215). Das hintere bzw. das obere der 5 freien Kronblätter ist grösser als die übrigen, oben meist ausgerandet und heisst Fahne (vexillum). Die daran anschliessenden Petalen sind unsymmetrisch, jedoch unter sich spiegelbildlich gleich; es sind die beiden Flügel (alae). Aehnlich verhalten sich die beiden vordern Kronblätter, welche zusammenneigen oder in vielen Fällen miteinander

verwachsen sind. Diese repräsentieren das Schiffchen oder den Kiel (carina). Bei einzelnen Papilionaceen sind überhaupt alle Perigonblätter an der Basis miteinander verschmolzen (Trifolium). Zuweilen sind die Kronblätter sehr klein und unscheinbar (Rhamnus, Ribes); sie können

Eine grosse Zahl von Petalen sondert zuckerartige Säfte (Nektar) ab und lockt dadurch Insekten an. Entweder wird der Honig an der freien Oberfläche der Petalen an bestimmten Stellen abgeschieden (Kaiserkrone, Türkenbund) oder es finden sich Grübchen oder Taschen (Honiggrübchen), die von Schuppen, Wimpern oder Haaren bedeckt sind (Fig. 217). Auch der Sporn

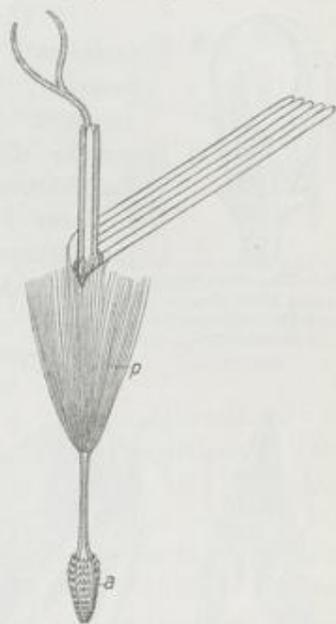


Fig. 213. Zungenblüte einer Composite (schematisiert). a Frucht (Achaene), b Pappus.

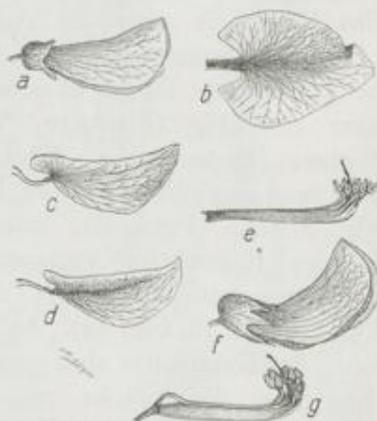


Fig. 215. Blüte von Cytisus laburnum. a von der Seite, b Fahne (vexillum), c Flügel (ala), d Schiffchen (carina), e Staubfadenröhre (alle Staubblätter verwachsen), f Blüte von Lathyrus vernus (von der Seite), g Staubfadenröhre (9 Staubblätter verwachsen, 1 Staubblatt frei).

verschiedener Petalen (*Viola*) ist als ein honigabsonderndes Organ zu betrachten. Eigentümliche verschieden gestaltete Honigblätter finden sich bei den Ranunculaceen, die als staminodiale Gebilde zu betrachten sind (siehe Fig. 230).



Fig. 216. Blüte von der Weinrebe, a Staubblätter, b Kronblätter.

Die Gesamtheit der Staubblätter (stamina), unrichtig auch Staubgefäße genannt, wird als Androeceum bezeichnet. Es sind dies diejenigen Blätter, welche die männlichen Sexualzellen, die Pollenkörner oder den Blütenstaub erzeugen. In ihrer Form und Ausbildung geben sie ihre Blattnatur nur schwer zu erkennen. Die Zahl der einzelnen Staubblätter in einer Blüte ist ausserordentlich verschieden; darauf begründet sich auch hauptsächlich das Linné'sche Pflanzensystem.



Fig. 218. a Staubblatt von *Allium rotundum*, b von *Allium vineale*.

An einem gewöhnlichen Staubblatt lassen sich 1. Staubfaden (filamentum), 2. Konnektiv oder Zwischenband (connectivum) und 3. Staubbeutel, Staubkolben oder Anthere (anthera) unterscheiden. Filament und Konnektiv werden ihrer Blattnatur entsprechend von einem Leitbündel durchzogen. Das Filament ist gewöhnlich einfach, faden- oder stabförmig, seltener verzweigt (*Ricinus*) oder blattartig verbreitert (*Seerosen*, Fig. 201). Ist es sehr kurz, so heisst es sitzend (stamen sessile). Bei verschiedenen *Allium*-Arten besitzt das Filament seitliche Anhängsel, die in Zähne auslaufen können (Fig. 218). Das Konnektiv stellt gewöhnlich einen schmalen Gewebekörper

dar, der an seinen beiden Seiten die beiden Pollensäcke trägt. In einzelnen Fällen ist es kolben- oder keulenförmig oder hat die Gestalt eines Querbalkens. Dadurch werden die beiden Pollensäcke ziemlich weit voneinander entfernt. Zuweilen ist das Konnektiv über die Anthere hinaus als Fortsatz verlängert (Konnektivfortsatz). Dieser ist entweder kurz dreieckig (*Plantago*, *Viola*, *Juglans*), fadenförmig (*Oleander*) oder lang zugespitzt (*Asarum*, *Paris*, Fig. 219e). Petaloide, muschelförmige Konnektive kommen bei den *Potamogeton*-Arten vor (Taf. 17, Fig. 2b, Taf. 16, Fig. 4a). An jeder Seite des Konnektivs sind gewöhnlich zwei Pollensäcke zu einer Antherenhälfte vereinigt (Fig. 220). Sehr oft ist die Anthere dem Staubfaden angewachsen (*anthera adnata*), in andern Fällen dagegen — ebenso wie das Konnektiv — vom



Fig. 217. Perigonblätter mit Honigtäschchen. a von *Swertia perennis*, b von *Pleurogyne Carinthiaca*.

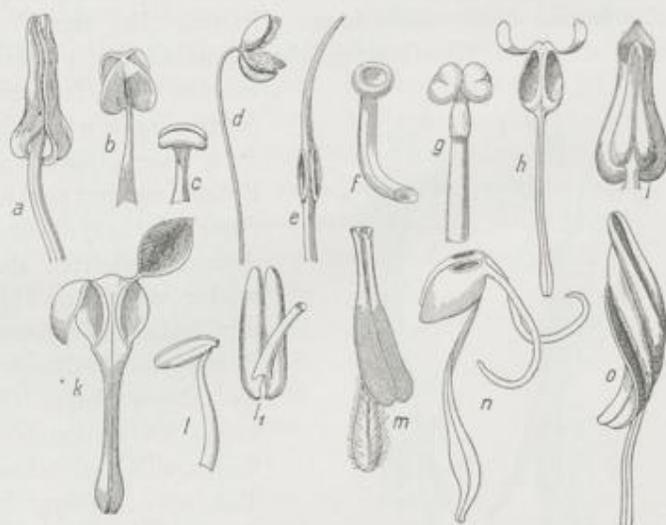


Fig. 219. Verschiedene Staubblätter, a von *Menyanthes trifoliata*, b *Chrysosplenium*, c *Adoxa moschatellina*, d *Galeopsis*, e *Paris*, f *Pinguicula*, g *Euphorbia*, h *Berberis vulgaris*, i *Cyclamen Eüropaeum*, k *Laurus*, l *Pirola* (l: Anthere von unten), m *Vaccinium vitis idaea*, n *Arctostaphylos uva ursi*, o *Erythraea centaureum*.

Filament scharf abgesetzt. Sie kann mit ihrer Basis auf dem Staubfaden stehen (anthera basifixia oder *erecta*) oder mit ihrem Rücken auf der Spitze des Filamentes ruhen (a. *dorsifixia* oder *versatilis*). Im letztern Falle ist sie sehr leicht beweglich (Gramineen). In den meisten Fällen sind die Staubbeutel nach einwärts — nach der Mitte der Blüte — gekehrt und springen nach innen auf (*intrors*); seltener sind sie als *extrors* zu bezeichnen, d. h. sie sind nach auswärts gekehrt und springen nach aussen auf. Die meisten Staubbeutel öffnen sich durch einen Längsriss, indem die beiden Pollensäcke je einer Antherenhälfte (*theca*) zusammenfließen (Fig. 220 c). Seltener springen sie mit Querspalten (Euphorbia [Fig. 219 g], Globularia, Malva, Alchemilla, Sibbaldia), an der Spitze mit Poren oder Löchern (Solanum, Ericaceen [Fig. 219 m und 219 n] oder durch Klappen (Berberideen [Fig. 219 h] und Lauraceen [Fig. 219 k], Monimiaceen etc.) auf, indem sich ein kleines Stück der Antherenwand als Klappe abhebt. Eigentümliche hornförmige Anhängsel, die als Schüttelapparate dienen, kommen namentlich bei den Ericaceen (Fig. 219 n) und Pirolaceen vor;

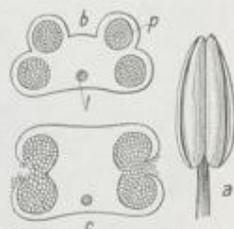


Fig. 220. a Anthero (*intrors*). b Querschnitt durch die Anthere mit 4 Pollensäcken. c Je 2 Pollensäcke sind miteinander verschmolzen, l Leitbündel.

daher auch die ältere Bezeichnung *Bicornes*. Bei *Galeopsis* (Fig. 219 d) gleichen die Antheren kleinen Büchsen oder Dosen, von welchen sich beim Oeffnen ein Lappen deckelartig abhebt. Beim Oeffnen oder nach dem Verblühen spreizen die Antheren oft unter einem rechten Winkel voneinander ab oder führen korkzieherartige Krümmungen aus (*Erythraea*, Fig. 219 o).



Fig. 221. a Blütenkrone (von innen) von *Thymus* mit 4 ungleich langen Staubblättern. b Blüte von *Nasturtium palustre* mit 6 (4 lange und 2 kurze) Staubblättern.

Für gewöhnlich sind die Staubblätter innerhalb derselben Blüte unter sich annähernd gleich. Verschieden lang sind sie bei den Vertretern der 14. und 15. Klasse des Linné'schen Systems. Bei den erstern, den *Didynamia*, wohin die *Labiatae* (Fig. 221 a), *Orobanchaceae*, *Scrophulariaceae*, *Linnaea* und *Verbena* ge-

hören, sind 2 längere und 2 kürzere Staubblätter ausgebildet. Bei der 15. Klasse, den *Tetradynamia*, kommen 6 freie Staubblätter vor, 4 längere und 2 kürzere (*Cruciferae*, Fig. 221 b). Ebenso sind bei den sog. *heterostylen* Blüten (*Primula*, *Pulmonaria*, *Forsythia*, *Lythrum*) die Staubblätter bei derselben Spezies verschieden lang (vgl. pag. 271). Aehnlich wie andere Blattorgane können auch die Staubblätter sich gelegentlich verzweigen. So ist z. B. bei *Alnus*, *Carpinus*, *Betula* der Staubfaden fast bis zum Grunde in zwei gleiche Schenkel geteilt, von denen jeder nur eine halbe (*monotheische*) Anthere trägt (Fig. 204). Bei den Gattungen *Fumaria* und *Corydalis* (Fig. 222 b) sind von den 4 Staubblättern die beiden medianen gespalten und die Hälften mit den seitlichen verwachsen, so dass in Wirklichkeit 2 dreiteilige Staubblätter vorhanden sind. Verwachsung von Staubblättern kommt überhaupt sehr oft vor (*stamina connata*). Je nachdem die Staubblätter einer Blüte zu einem, zwei, drei oder mehr Bündel — in der Regel zu einer Röhre — verwachsen sind, heissen sie ein-, zwei- oder drei- oder mehrbrüderig (*mon-*, *di-*, *tri-*, *polyadelphía*). Bei den *Monadelphía* (16. Klasse des Linné'schen System) sind 4, 5, 8 oder 10 Staubblätter miteinander zu einer Röhre verwachsen (*Malvacen* [Fig. 223 a], *Myricaria*, viele *Cucurbitaceae*, *Geranium*, *Erodium*). Zuweilen (*Linum*) beschränkt sich die Verwachsung nur auf den untersten Teil der Staubfäden, sodass die Antheren und die obere Teile der Staubfäden freibleiben (Fig. 222 a). Bei vielen Schmetterlingsblütlern sind sämtliche 10 Staubblätter miteinander zu einer Röhre vereinigt (*Ulex*, *Genista*, *Sarothamnus*, *Ononis*, *Anthyllis*, Fig. 215 e),

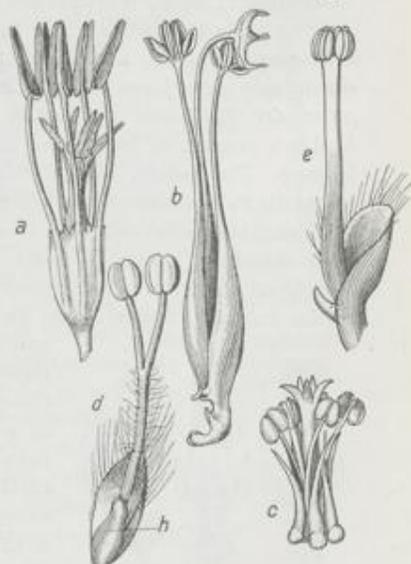


Fig. 222. Verwachsene Staubblätter. a von *Linum flavum*, b *Corydalis lutea*, c *Erodium cicutarium*, d *Salix purpurea*, e *Salix caesia*.

bei andern dagegen nur deren 9, so dass das hintere frei und die Röhre also oben geschlitzt ist (Trifolium, Oxytropis, Melilotus etc., Fig. 215 g). Bei den Hypericaceen sind die zahlreichen Staubblätter in 3 oder 5 Bündel vereinigt (Fig. 223 b), bei den Malvaceen gleichzeitig verzweigt und zu einer Säule verwachsen (Fig. 223 a). Bei den Compositen sind die Staubfäden vollständig frei, dagegen die Staubbeutel zu einer ringsumgeschlossenen Röhre (Fig. 224), durch welche der Griffel hindurchgeht, verklebt (stamina synanthéra). Derartige Antheren springen dann auf der Innenseite auf. Sehr oft sind die Staubfäden oder die Staubfädenbündel mit der Krone verwachsen bzw. an ihr befestigt (Primula, Trifolium, Labiatae Scrophulariaceae etc.). Ebenso kann das Androeceum mit dem Gynaeceum verschmolzen sein (Orchideen [Fig. 225], Aristolochiaceen, Asclepiadaceen). Dadurch gelangt dann eine Befruchtungssäule (gynostémium) zur Ausbildung. Bei den Gymnospermen schwankt die Zahl der Pollensäcke von 2 bis 15. Diese stehen gewöhnlich frei an den Seiten oder auf der Unterseite (bei Taxus rings um den Stiel herum) der meist dreieckigen, schuppenförmigen Staubblätter (vgl. Tafel 12).



Fig. 223. a Staubfadensäule von Malva, b Staubblattbündel von Hypericum.

Bei den Angiospermen sind in der Regel 4 Pollensäcke (loculaménta) vorhanden, von denen je zwei einander gewöhnlich genähert sind und eine Theca repräsentieren. Aeusserlich kann man an den Antheren — wenigstens im jugendlichen Stadium — fast immer 4 Wülste konstatieren, welche den 4 Pollensäcken entsprechen. Auf einem Querschnitt durch eine junge Anthere lassen sich die 4 Pollensäcke (Homologa der Mikrosporangien der Gefässkryptogamen) deutlich als Fächer erkennen (Fig. 220 b, 227). Ursprünglich sind diese voneinander vollständig gesondert; später verschmelzen jedoch je zwei einander genäherte Pollensäcke miteinander, um gemeinsam den Pollen zu entlassen (Fig. 220 c). Die Anthere ist dann zweifächerig geworden. Histologisch besteht die Anthere in der Hauptsache aus parenchymatischem Gewebe. Ein zartes Leitbündel geht aus dem Filament durch das Konnektiv in den Staubbeutel hinein. Als wesentlichsten Bestandteil ist der Pollen oder Blütenstaub, eine staubartige Masse, zu bezeichnen, der aus zahlreichen, kleinen Zellen, den männlichen Geschlechtszellen oder den Pollenkörnern (grána póllinis) zusammengesetzt ist (Fig. 15). Sobald die Körner vollkommen ausgebildet sind, werden sie durch Zerreißen der Antherenwand frei.

Die Entwicklung der Pollenkörner in den Antheren beginnt schon sehr frühzeitig, lange vor dem Aufblühen der Blütenknospen. Auf einem Querschnitt durch eine sehr junge Anthere lässt sich konstatieren, dass sich an den 4 Ecken unter der Epidermis tangentiale Teilungen der Zellen vollziehen (Fig. 226 b). Dadurch gelangt in jeder Ecke eine innere und eine äussere Zellschicht zur Ausbildung. Die innere, das Archospor, wird zum sporogenen Gewebe, welches später die Pollenkörner hervorbringt, während aus der äusseren Schicht die Wandung des Pollensackes hervorgeht. Durch weitere Zellteilungen in radialer und tangentialer Richtung kommt es später zur Ausbildung von drei Schichten, welche das Archospor umgeben. Unmittelbar unter der Epidermis oder dem Exothecium liegt das Endothecium (Faser- oder fibröse Schicht), dessen Zellen im reifen Zustande häufig durch radiale Verdickungstreifen ausgestattet sind und beim Oeffnen der Antherenwand eine Rolle spielen. Zwischen dem sporogenen Gewebe und dem Endothecium ist das Tapetum eingeschaltet, das einen drüsigen Charakter aufweist. Die Zellen sind sehr plasmareich, verschwinden jedoch später, da sie bei der Ausbildung der Pollenkörner aufgebraucht werden. Zuletzt besitzt dann der Pollensack eine doppelte Wandung, bestehend aus Exothecium und Endothecium. Früher oder später — unmittelbar oder nach mehrfachen Teilungen — liefern die Zellen des Endotheciums die Pollenmutterzellen, die ungleich stark verdickt sind. Aus jeder Pollenmutterzelle gehen gewöhnlich vier Zellen hervor, von denen eine jede ein Pollenkorn ausbildet. In der Regel sind die Pollenkörner kugelig, ellipsoidisch, walzenförmig oder tetraëdrisch. Bei solchen Pflanzen, bei denen der Blütenstaub durch den Wind verbreitet wird, sind die Körner trocken, staubartig und mit einer glatten Oberfläche ausgestattet, bei Pflanzen, deren Blütenstaub von Insekten



Fig. 224. Röhrenblüte von Arnica. a von aussen, b im Längsschnitt.



Fig. 225. Gynostemium von Cypripedium. a Von unten, b von oben, c von der Seite.

weg
(Höc
Bei
gesc
nich
oder
Die
die
Stell
verd
lobi
daue
POLL
POLL
visch
Asch



Fig.
b ar
Exo

kein
ana
sich
Nic

Fig
bor

weggeführt wird, dagegen klebrig und an ihrer Oberfläche mit mannigfachen Vorsprüngen und Auswüchsen (Höckerchen, Bänder, Stacheln, Fig. 15) versehen, welche das Anhaften der Körner am Körper der Insekten erleichtern. Bei verschiedenen Wasserpflanzen wachsen die ursprünglich kugeligen — so lange sie in den Antheren eingeschlossen sind — Pollenkörner zu Fäden aus (*Zostera* [Bd. I, Fig. 70, 3], *Zanichellia*, *Halophila*). Jedes Pollenkorn besitzt eine doppelte Wandung, die Intine oder das Endospor — eine Celluloseschicht — und die Exine oder das Exospor. Die letztere ist kutikularisiert und in mannigfaltiger Weise verdickt, so dass die Oberfläche des Pollenkornes interessante Skulpturen aufweist. An solchen Stellen, wo später der Pollensack austritt, ist die Exine zuweilen nur sehr schwach verdickt. Hie und da (*Rhododendron*, *Typha*, *Listera*, *Neottia*, *Anona*, *Fuchsia*, *Epilobium*) bleiben die vier in einer Pollenmutterzelle entstandenen Pollenkörner dauernd verbunden (Pollentetraden, Fig. 228). In andern Fällen bilden zahlreiche Pollenkörner kleine Gewerkekörper (Pollenmassen oder *mässulae*) oder sämtliche Pollenkörner eines Faches bleiben miteinander im Verband und sind durch eine viscinartige Masse untereinander verbunden (Pollinarien von Orchideen [Fig. 229], *Asclepiadaceen* [Fig. 231] etc.). Bei den Orchideen besitzen die Pollinarien

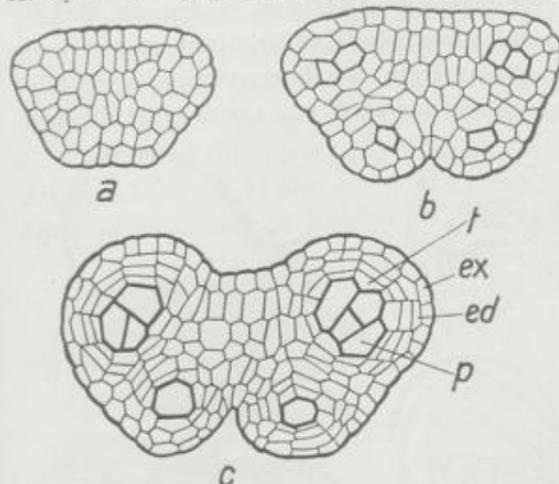


Fig. 226. Entwicklung der Pollensäcke. *a* Jüngstes Stadium, *b* an den 4 Ecken treten Teilungen auf, *c* Ausbildung des Exothecium (*ex*), Endothecium (*ed*), Tapetum (*t*) und des sporogonen Gewebes (*p*). Nach Warming.

keinen oder nur unfruchtbaren Pollen erzeugen, werden als *Staminodien* (*stamina sterilia* oder *ananthera*) bezeichnet. Sie kommen in den verschiedenen Abstufungen vor und beschränken sich zuweilen nur auf eine oder wenige Kreise des Androeceums (*Erodium* [Fig. 222c], *Lauraceae*). Nicht selten finden sie sich auch in weiblichen Blüten, die aus Zwitterblüten hervorgegangen

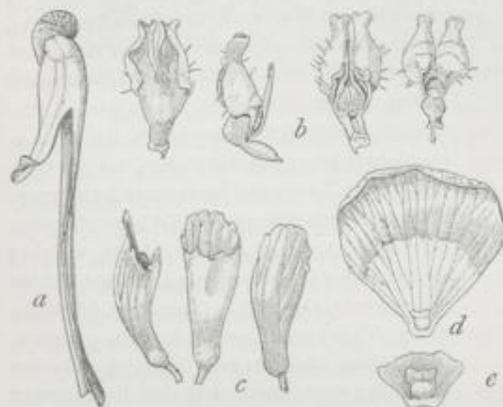


Fig. 230. Honigblätter. *a* *Aconitum*, *b* *Nigella arvensis*, *c* *Helleborus*, *d* *Ranunculus flammula* (*e* Honigtasche vergrößert).

kürzere oder längere Stielchen (*caudicula*), die unten ein Klebscheibchen tragen kann. Das Pollinarium ist in der Blüte derartig angebracht, dass es die honigsuchenden Insekten mit ihrem Kopfe berühren müssen und dasselbe als Ganzes aus dem Antherenfach herausziehen. Weitere abweichende Bildungen der Antheren kommen bei *Cucurbitaceen* vor, wo die Pollensäcke eigenartige, wurmförmige Windungen ausführen. Gelegentlich ist auch eine Antherenhälfte (*monotheische Antheren*) oder ein Pollensack einer *Theca* (*Asclepiaden*) unterdrückt. Dadurch, dass im *Archespor* einzelne Zellen steril bleiben, können die Pollensäcke gefächert werden (*Mimosen*, *Myrsinaceen*, *Oenotheraceen*). Bei *Salvia* ist eine *Theca* *staminodial* ausgebildet. Solche Staubblätter, die

keinen oder nur unfruchtbaren Pollen erzeugen, werden als *Staminodien* (*stamina sterilia* oder *ananthera*) bezeichnet. Sie kommen in den verschiedenen Abstufungen vor und beschränken sich zuweilen nur auf eine oder wenige Kreise des Androeceums (*Erodium* [Fig. 222c], *Lauraceae*). Nicht selten finden sie sich auch in weiblichen Blüten, die aus Zwitterblüten hervorgegangen sind. Metamorphosierte Staubblätter haben eine andere Form und Funktion angenommen. Sehr weit geht die Umwandlung der Staubblätter bei den *Ranunculaceen*, wo sie zu eigentlichen Honigblättern werden können. Bei den Gattungen *Anemone*, *Caltha*, *Thalictrum* besitzen die Staubblätter noch die normale Form. Bei *Helleborus* (Fig. 230 c), *Trollius*, *Eranthis* sind einzelne Staubblätter röhrig, becher- oder taschenförmig, während sie bei *Ranunculus*, *Ceratocephalus* und *Callianthemum* zu eigentlichen, petaloiden Honigblättern geworden sind, die am Grunde eine Honigtasche tragen (Fig. 230 d). Eigentümliche, oft gespornte Formen von Honigblättern finden sich bei den Gattungen *Nigella* (Fig. 230 b),

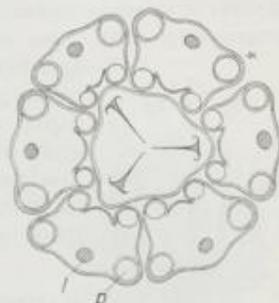


Fig. 227. Querschnitt durch das Androeceum und Gynaeceum einer Monokotyledonen. *p* Pollensäcke, *l* Leitbündel.



228. Pollentetraden mit Viscinfäden von *Rhododendron*.



Fig. 229. Pollinarium einer Orchidee. *p* Pollenmassen (*Pollinium*), *r* Stielchen (*caudicula*), *k* Klebscheibe.



Fig. 231. Zwei Pollinien mit dem Klemmkörper von *Vincetoxicum*.

Delphinium und Aconitum (Fig. 229 a). Bei der letztern Gattung werden die beiden hintern, langgestielten, kapuzenförmigen Honigblätter, „die beiden Tauben des Venuswagens“, von dem hintern, helmartigen Perigonblatt vollständig eingeschlossen. Beim Studentenröschen (*Parnassia palustris*) sind die 5 Staubblätter des innern Kreises je in ein schuppenförmiges Blatt mit langen Fransen aufgelöst, die an ihrer Spitze je ein Drüsenköpfchen tragen (Fig. 232). Eine eigentümliche Form besitzen die 2 Staubblätter der meisten Salbei-Arten (*Salvia*).



Fig. 232. Drüsen-schuppe von *Parnassia palustris*.

Das Filament bleibt hier sehr kurz; das Konnektiv dagegen ist zu einem langen, bogenförmig gekrümmten Stab ausgewachsen und trägt an seinem obern Ende die fertile Antherenhälfte. Die andere Antherenhälfte ist am untern Ende des Konnektivs zu einer gekrümmten Platte verbreitert, welche den Eingang zu der Kronröhre versperrt. Das Konnektiv ist auf dem kurzen Filament beweglich. Stösst nun ein Insekt (Hummel) mit seinem Rüssel an die Platte (sterile Antherenhälfte), so kippt der obere Teil des Konnektivs um, tritt aus der Oberlippe hervor und beladet den behaarten Rücken des Insektes mit Blütenstaub (Fig. 233).

Bei vielen Mono- und Dikotyledonen sind die Staubblätter in zwei Kreisen angeordnet, welche miteinander abwechseln (alternieren). Jeder Kreis trägt dann gewöhnlich so viele Glieder wie die beiden Kreise der Blütenhülle. In typischen Fällen, bei regelmässiger Alternanz, bilden die Kelchstamina, d. h. die Staubblätter, welche vor den Kelchblättern stehen (episepale Stamina), den äussern Staubblattkreis, die Kronstamina (epipetale)

den innern. Eine derartige Ausbildung des Androeceums heisst *diplostemon* (Liliaceen, *Lythrum*, Fig. 234 a). Als *obdiplostemon* wird eine Blüte bezeichnet, wenn die Kronstamina den äussern und die Kelchstamina den innern Kreis bilden, d. h. wenn die äussern Blätter direkt vor den Kronblättern stehen bzw. mit der Krone verwachsen sind (*Saxifragaceen*, *Primulaceen*, *Geraniaceen*, *Caryophyllaceen*, Fig. 234 b). *Haplostemon* heissen schliesslich Blüten, bei denen nur ein einziger Staminalkreis vorhanden ist (Fig. 234 c), der ebenso viele Glieder als die Kreise der Blütenhülle aufweist (*Viola*, *Labiaten*, *Borragineen* etc.). Sind mehr als zwei Staubblattkreise in einer Blüte vorhanden (*polystemon*es Androeceum), so stehen diese entweder in spiralförmiger Anordnung (*Ranunculaceen*, *Magnoliaceen*) oder in Zyklen (*Quirlen*).

Da der Pollen, nachdem er aus den Pollensäcken herausgetreten ist, nur bei wenigen Pflanzen sofort durch Windströmungen, Insekten etc. fortgeführt wird, sondern gewöhnlich eine Wartezeit durchmachen muss, ist er in vielen Fällen gegen Regen und Tau geschützt. Bei den *Labiaten*, den *Scrophulariaceen*, bei *Aconitum* bildet die Krone bzw. die Blätter der Blütenhülle über den geöffneten Staubbeuteln ein schützendes Dach oder die

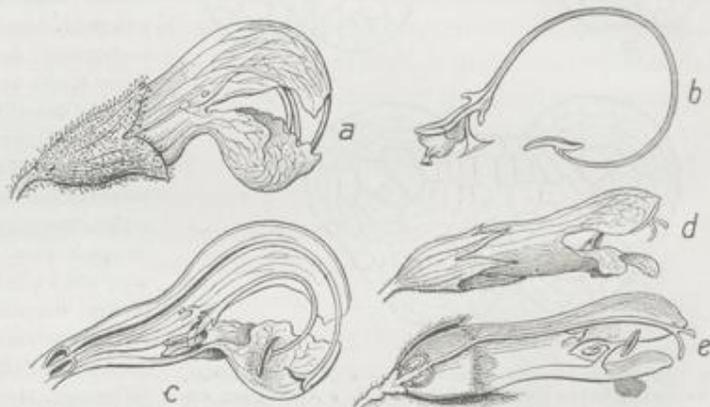


Fig. 233. *Salvia pratensis*, a Blüte von der Seite, b Staubblatt, c Blüte im Längsschnitt, *Salvia officinalis*, d Blüte von der Seite, e im Längsschnitt.

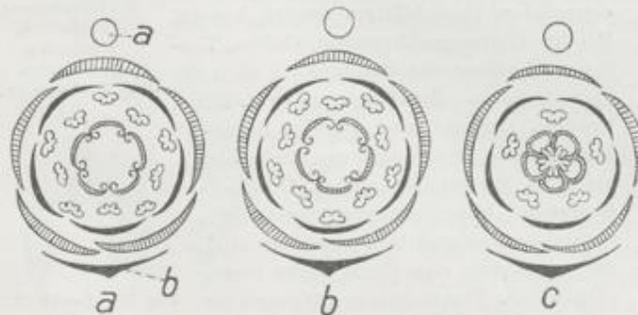


Fig. 234. a *Diplostemon*es, b *obdiplostemon*es, c *haplostemon*es Androeceum. a Abstammungsachse, b Tragblatt.

Blumenblätter schliessen zusammen (*Antirrhinum*, *Calceolaria*, *Corydalis*). Bei den *Leguminosen* ist es das Schiffchen, bei den Gattungen *Iris*, *Tacca* und *Sarracenia* die grossen, blattartig verbreiterten Griffel bzw. Narben, bei vielen *Araceen* das Hochblatt, welches die Staubkolben überdecken. Viele Blüten (*Campanula*, *Galanthus*, *Leucoium*, *Digitalis*, *Erica*, *Viola*) sind nach abwärts gerichtet und lassen den Regen nicht ins Innere der Blüte eindringen. Bei den *Borragineen* verstopfen die Schlundschuppen den Eingang in die Kronröhre (Fig. 210), während

bei den Androsace-Arten die Kronenröhre oben eingeschnürt ist. Bei den Linden, bei *Impatiens noli tangere*, *Streptopus* etc., sind die Blüten unter den Laubblättern geborgen. Als Schutzeinrichtung ist schliesslich auch das Schliessen vieler Blüten (bezw. Blütenstände) bei feuchtem und kaltem Wetter aufzufassen (*Crocus*, *Gentiana acaulis*, Wetterdistel (Fig. 186), *Erythraea*, *Ornithogalum*, *Hypericum*, *Colchicum*, *Tulipa* etc.). Infloreszenzen, welche langsam aufblühen (*Salix*, Umbelliferen), besitzen keine Schutzvorrichtung.

Die Gynaeceum nimmt den Scheitel der Blüte ein und schliesst dieselbe ab. Die Fruchtblätter oder Karpelle bilden bei den Angiospermen ein geschlossenes Gehäuse, den Stempel, das Pistill oder kurz den Fruchtknoten (pistillum), welcher in einer oder mehreren Höhlungen die Samenanlagen (Samenknospen) enthält. Die Zahl der Fruchtblätter, welche zur Bildung eines Gynaeceums zusammentreten, ist bei den einzelnen Pflanzengruppen sehr verschieden. Wenn nur ein einziges Fruchtblatt in einer Blüte vorhanden ist, heisst das Gynaeceum einfrüchtig (monokarp). Bei den Leguminosen verwachsen die beiden Ränder der Fruchtblätter an der der Mittelrippe gegenüberliegenden Seite miteinander und bilden einen einfächerigen (monomeren) Fruchtknoten. Diejenige Seite



Fig. 236. Apokarpes Gynaeceum von *Caltha palustris* (dreimal vergrössert).

Sind jedoch alle Fruchtblätter einer Blüte zu einem einzigen Fruchtknoten verwachsen, so heisst das Gynaeceum synkarp (*Liliaceen*, *Alisma*, *Geranium*, *Hypericum*, *Papaver*). Uebergänge von apokarpem zu synkarpem Gynaeceum kommen besonders bei den Saxifragaceen vor, wo die oberen Teile des synkarpem Gynaeceums frei bleiben.

Bei vielen Arten sind nur die Fruchtknoten verwachsen, nicht aber die Griffel und Narben. Bei den Asclepiadeen und Apocynaceen bleiben umgekehrt die beiden Fruchtknoten frei, während die beiden Griffel und häufig auch die Narben miteinander verwachsen sind. Ein polykarpes Gynaeceum kann ein- oder mehrfächerig sein. Mehrfächerig (polymer) wird es, wenn die verwachsenen Ränder der Karpelle auf der ganzen Länge bis in die Mitte in den Innenraum vorspringen und dort miteinander verwachsen, so dass der Hohlraum in mehrere, vollständig getrennte Fächer (lóculi) getrennt wird (*Hypericum*, *Hydrocharis*). Gewöhnlich sind so viele Fächer vorhanden als Fruchtblätter an der Bildung des Fruchtknotens beteiligt sind. Reichen die Längsleisten in der Höhlung nicht bis zur Mitte, sind also in der Mitte die Kammern gegeneinander geöffnet, so ist der Fruchtknoten als gekammert zu bezeichnen (Mohn). Auch in polymeren Fruchtknoten können falsche

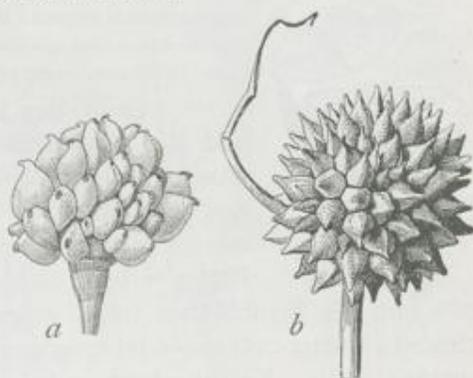


Fig. 235. Apokarpes Gynaeceum, a von *Ranunculus flammula* (dreifach vergrössert), b von *Sparganium* (natürliche Grösse).

wird als Bauchnaht bezeichnet, die entgegengesetzte Seite als Rückennaht. Die letztere entspricht der Mittelrippe eines Fruchtblattes. Selten wird der einfächerige Fruchtknoten durch Auftreten von falschen Scheidewänden (dissepiménta) unterbrochen und gekammert. Weit aus die Mehrzahl der Blütenpflanze weist im Gynaeceum mehrere Karpelle auf (polykarpes Gynaeceum). Bildet jedes Fruchtblatt für sich einen einzelnen Fruchtknoten, bleiben also die einzelnen Fruchtblätter frei, so heisst das Gynaeceum apokarp (*Ranunculaceae*, Fig. 235 a, 236, 237), *Magnoliaceae*, viele *Crassulaceae*, *Butomus*, *Scheuchzeria*, *Echinodorus*, *Sparganium* [Fig. 235 b] etc.) Die einzelnen Karpelle stehen dann entweder in einem Quirl oder in spiraliger Anordnung.



Fig. 237. Apokarpes Gynaeceum von *Paeonia*. Die drei Fruchtblätter sind geöffnet (1/3 natürl. Grösse).

Scheidewände (sie stellen jedoch niemals die eingeschlagenen Karpellränder dar, sondern sind als Wucherungen der Fruchtknotenwandung und Plazenta aufzufassen) auftreten. Bei den Labiäten und Borragineen ist der Fruchtknoten ursprünglich zweifächerig (dimer) und aus 2 Karpellen gebildet; später bilden sich durch Auftreten einer falschen Scheidewand vier Klausen (*loculi spurii*) aus, welche zu 4 Teilfrüchtchen auswachsen und als vier einsamige Nüsschen abfallen. Aehnliche falsche Scheidewände kommen bei *Astragalus*, *Cassia fistulosa* etc. vor. Bei *Linum* wird jedes der fünf Fächer durch eine falsche Scheidewand unvollständig zweifächerig (Fig. 238); im ganzen sind dann 10 Fächer vorhanden, von denen jedes Fach einen einzigen Samen enthält.

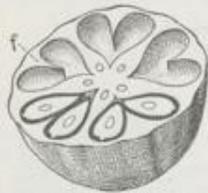


Fig. 238. Fruchtkapsel von *Linum* mit falschen Scheidewänden (f).

Steht der Fruchtknoten oberhalb der Insertion der Blütenhülle und der Staubblätter, so heisst er oberständig, die Blüte hypogyn (Anemone [Fig. 230 a], Labiatae, Liliaceen). Er wird ausschliesslich von den Fruchtblättern gebildet; die Blütenachse ist an der Bildung der Fruchtknotenwand niemals beteiligt. Bei den perigynen Blüten erhebt sich derjenige Teil der Blütenachse, welche die Blüten-

hülle und die Staubblätter trägt, ringwallartig über das Zentrum der Blüte und bildet ein schüssel-, becher-, röhren- oder krugförmiges Gebilde, die Achsenkupula oder das Hypanthium, ungenau auch „Kelchbecher“ geheissen (Fig. 239 b). Auf dem Rande dieser Achsenwucherung sind die Kelch-, Blüten- und Staubblätter inseriert, während das Gynaeceum frei im Grunde der Höhlung liegt (viele Rosaceen [Fig. 241 b, c, d, e], *Daphne* etc.).



Fig. 239. Schematische Darstellung einer hypogynen (a), perigynen (b) und epigynen (c) Blüte.

Sind endlich die Fruchtblätter mit dem von der Blütenachse gebildeten Becher vollständig verwachsen (Fig. 239 c), so ist der Fruchtknoten als unterständig, die Blüte als epigyn zu bezeichnen (Campanulaceen, Amaryllidaceen, Oenotheraceen [Fig. 240 b], Dipsaceen, Rubiaceen, Orchideen, Hydrocharitaceen, Caprifoliaceen [Fig. 212 d], *Vaccinium* [Fig. 242] etc.). Beim halbunterständigen ragt noch ein kleineres oder grösseres Stück der Fruchtblätter über den Rand des Bechers empor. Zwischen diesen Hauptformen gibt es selbstredend zahlreiche Uebergänge.

An vielen Stempeln oder Pistillen lassen sich der eigentliche Fruchtknoten (*germen*, *ovarium*), der Griffel (*stylus*) und die Narbe (*stigma*) unterscheiden. Der Griffel bildet die Verlängerung der Fruchtblätter nach oben und hebt die Narbe über den Fruchtknoten empor, so dass die letztere in eine für die Aufnahme des Blütenstaubes günstige Lage gebracht wird.



Fig. 241. Längsschnitte durch verschiedene Rosaceen-Blüten. a *Rubus idaeus*, b *Dryas octopetala*, c *Prunus avium*, d *Rosa arvensis*, e *Cydonia vulgaris*. h Blütenachse verbreitert, erhöht oder becherförmig ausgebildet.

Die Länge des Griffels variiert bedeutend; er kann sehr kurz sein oder gänzlich fehlen (*Ranunculus*, *Tulipa*). In letztern Falle heisst die Narbe dann sitzend (*stigma sessile*) und sitzt dem Fruchtknoten direkt auf. Bei einem einblättrigen Pistill ist natürlich nur

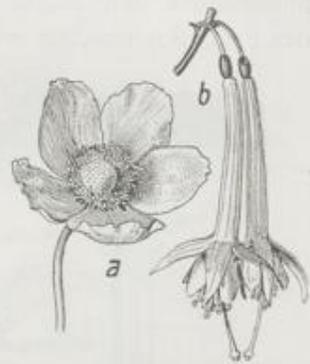


Fig. 240. a Blüte von *Anemone silvestris* mit oberständigem Fruchtknoten, b Blüte von *Fuchsia* mit unterständigem Fruchtknoten.



Fig. 242. Längsschnitt durch eine Blüte von *Vaccinium* mit unterständigem Fruchtknoten.

ein einziger Griffel vorhanden. Bei einem polykarpen Fruchtknoten sind oft ebenso viele Griffel als Karpelle vorhanden (Melandrium); es können aber auch viele Griffel miteinander verwachsen sein (Malvaceen, Fig. 243 d). Verästelte Griffel kommen bei Crocus (Fig. 243 a) und verschiedenen Euphorbiaceen vor, zweispaltige bei Drosera, Salix, Begonia (Fig. 251 b). In den meisten Fällen ist der Griffel endständig. Ursprünglich steht er auf der Spitze des Fruchtknotens; durch einseitige Entwicklung der Fruchtblätter kann er auf der Rückenseite (an dessen Innenseite) verschoben werden und schliesslich wie bei den Borragineen und Labiaten, wo er zwischen den vier Teilfrüchten sitzt und gleichsam die Fortsetzung der Blütenachse darstellt, grundständig werden. Gewöhnlich wird der Griffelkanal von einem lockeren, papillösen Gewebe (oft mit verschleimten Zellen) durchzogen und führt unmittelbar in die Höhlung des Fruchtknotens; seltener ist er ganz hohl. Das Gewebe dient zur Leitung und zur Ernährung der aus den Pollenkörnern hervorgehenden Pollenschläuche. Blattartig verbreiterte oder blumenblattartige Griffeläste kommen bei Iris (Fig. 243 b), Sarracenia, Tacca usw. vor.

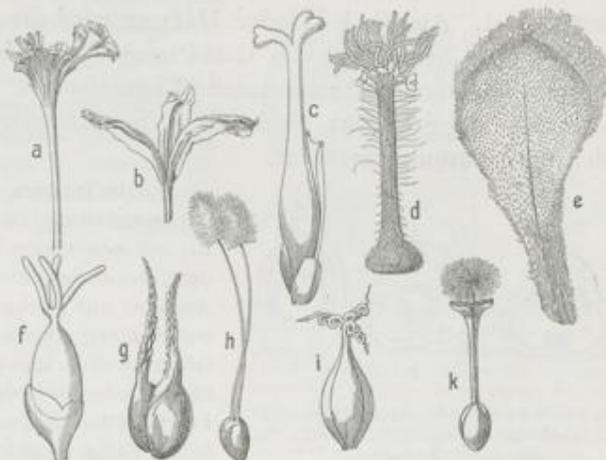


Fig. 243. Narbenformen. a Crocus, b Iris, c Salix pentandra, d Malva neglecta, e Mimulus, f Populus alba, g Vulpia myurus, h Setaria glauca, i Juncus alpinus, k Vinca minor.

Der oberste Teil des Fruchtblattes, der meist klebrig und mit Papillen besetzt ist, bildet die Narbe. Diese ist in den allermeisten Fällen endständig, seltener seitlich angeordnet (Iris, Canna). Da der Narbe die Aufgabe zukommt die Pollenkörner aufzufangen, festzuhalten und zum Austreiben zu veranlassen, zeigt sie dementsprechende Formen. Bei Blüten, welche durch Insekten bestäubt werden, stellt sie meistens ein mit kleinen Wärzchen besetztes Polster mit klebriger Oberfläche dar, während sie bei windblütigen Arten eigentümlich federig- oder sprengwedelförmig (Fig. 243 g, h) verzweigt ist und dadurch zum Auffangen der von dem Winde herbeigeführten Pollenkörner besonders geeignet ist. In den meisten Fällen entsprechen die Narben bzw. die Griffel den Spitzen der Karpelle (carinale oder dorsale Narben); seltener stehen sie über den verwachsenen Rändern, den Kommissuren derselben (kommissurale Narben; bei Weiden, Papaver, Bicornes).

In der Höhlung des Fruchtknotens sind die Samenanlagen, Samenknochen oder Eichen (óvula), die später zu den Samen heranwachsen, eingeschlossen. Zuweilen ist nur eine einzige vorhanden; in andern Fällen finden sich mehrere bis sehr viele (Fig. 244 a, 245). Die Samenanlagen sind als den Makrosporangien der heterosporen Gefässkryptogamen homologe weibliche Fortpflanzungsorgane zu betrachten. Meistens lassen sich die Samenanlagen deutlich als Anhangsgebilde der Karpelle erkennen; in einzelnen Fällen scheinen sie allerdings aus der Blütenachse zu entspringen (Fig. 246 c). Derjenige Teil der Fruchtblätter, an welchem die Samenanlagen befestigt sind, wird Plazenta genannt (Fig. 245). In vielen Fällen sind die Ovula mit den Plazenten durch einen

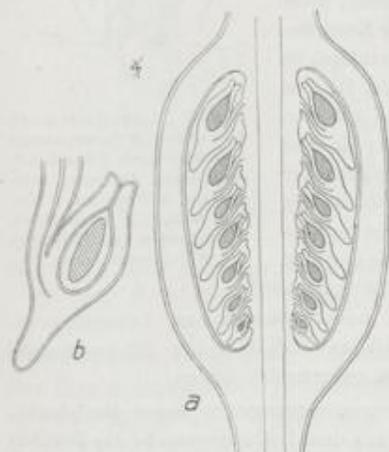


Fig. 244. a Längsschnitt durch den Fruchtknoten einer Liliacee (Hosta). b eine Samenanlage mit einem Integument isoliert.

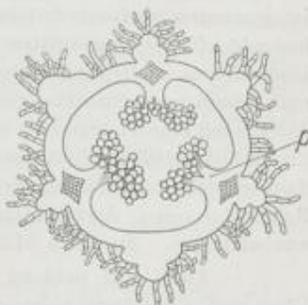


Fig. 245. Querschnitt durch einen einfächrigen, aus drei Karpellen gebildeten Fruchtknoten einer Orchidee. p Plazenta.

stielartigen Teil, den Nabelstrang oder Knospenträger (funiculus) verbunden, welcher an der Chalaza (Knospengrund) in die Samenanlage übergeht (Fig. 247). Gewöhnlich wird der Funiculus von einem Leitbündel durchzogen, das an der Chalaza endigt und sich dort auflöst. Als Nabel oder Hilum wird die Ansatzstelle der Samenanlage am Funiculus (oder wenn dieser fehlt an der Plazenta) bezeichnet. Dieser ist auch bei reifen Samen gelegentlich noch wahrzunehmen (Leguminosen, Gräser). Bei den Gräsern ist der Nabel entweder langgestreckt, lineal oder punktförmig (Taf. 21, Fig. 12 und 23) und dient als wichtiges Gattungsmerkmal.

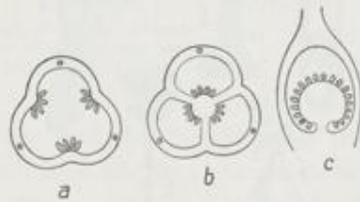


Fig. 246. a Parietale (Querschnitt), b zentralwinkelständige (Querschnitt), c zentrale Placentation (Längsschnitt).

Die Plazenta wird gewöhnlich von dem Blattrand der Karpelle, der leistenförmig ins Innere der Fruchtknotenöhrlung vorspringt, gebildet. Bei den monokarpen Fruchtknoten sitzen die Samenanlagen an der Bauchnaht, also an der Verwachsungsstelle der Ränder des einzigen Fruchtblattes. Auch bei nur polykarpen Fruchtknoten sitzen die Ovula an den Plazenten, wobei diese allerdings häufig eine nicht unbedeutende Verdickung erfahren, weit in den Hohlraum vorspringen und miteinander verwachsen können, oder die Samenanlagen entspringen auf der ganzen Innenfläche der Fruchtblätter (Alisma), wobei der Mittelnerv gewöhnlich frei bleibt. In beiden Fällen handelt es sich um parietale Placentation (Fig. 246 a). Wenn die Karpellränder weit nach innen (oft bis zur Mitte) eingeschlagen oder miteinander verwachsen sind, so dass die Samenanlagen in die Nähe der Achse zu liegen kommen, so spricht man von axiler oder zentralwinkelständiger Placentation (Fig. 246 b). Hie und da (Primulaceen, Caryophyllaceen) stehen in einfächerigen Fruchtknoten die Samenanlagen ganz im Grunde der Höhlung, zuweilen auf einer zapfenförmigen Erhöhung (Zentralplazenta), welche gleichsam die direkte Fortsetzung der Blütenachse in die Fruchtknotenöhrlung hinein darstellt (Fig. 246 c). Früher hielt man diese in der Tat für einen Beweis für die Achsenatur der Samenanlagen. Es hat sich aber gezeigt, dass alle Samenanlagen von Karpellen abzuleiten sind oder dass es sich höchstens um eine teilweise Verwachsung des Gewebes der Fruchtblätter mit der Blütenachse handeln kann.

Der wichtigste Teil der Samenanlage ist der rundliche Ei- oder Knospenkern (nucellus, Fig. 247 n). Er stellt den eigentlichen Körper der Samenknospe dar und enthält eine (selten mehrere) grosse Zelle, den Embryosack (sácculus embryonális), in welchem nach vollzogener Befruchtung die Entwicklung des Embryos oder Keimlings sich vollzieht. Die Spitze des Nucellus heisst die Kernwarze (mamilla núclei).

Gewöhnlich wird der Knospenkern von einer oder zwei (selten drei) Hüllen, den Eihüllen (integumenta), welche ihm fest anliegen, sackartig umschlossen; diese lassen nur an der Spitze der Integumente einen kleinen Kanal, den Keim- oder Knospemund (Mikropyle) offen, welche zu der Kernwarze führt. Nur selten (Portulaca) ist zwischen dem äussern und innern Integument ein Hohlraum vorhanden (Fig. 247 f). Die Zahl der Integumente ist für gewisse Pflanzengruppen konstant, Samenanlagen mit zwei Integumenten (dichlamydeische) besitzen einen kräftig entwickelten Nucellus; sie sind besonders für die Monokotylen, für die eleutheropetalen Dikotyledonen (mit Ausnahme der Umbelliferen, vieler Ranunculaceen und Rosaceen), sowie andererseits für die Ericaceen und Primulaceen charakteristisch (Fig. 249 a, e, f). Die monochlamydeischen Samenanlagen mit einem Integument haben einen weniger kräftig entwickelten Nucellus und sind für die Dikotyledonen (mit Ausnahme der Cucurbitaceen) kennzeichnend (Fig. 249 b, c, d). Seltener fehlen die Integumente vollständig, die Samenanlagen sind also nackt (Santalaceen, Loranthaceen, Balanophoraceen, Asclepiadaceen, Crinum-Arten etc.). Gewöhnlich handelt es sich hier um Rückbildungserscheinungen. Auch die Mikropyle kann wie bei Hippuris, Alchemilla etc. gelegentlich fehlen.

Form und Stellung der Samenanlagen stehen mit dem Befruchtungsvorgange in enger Beziehung. Diese sind in der Regel so angeordnet, dass der aus dem Griffelgewebe oder aus dem Leitungsgewebe des Fruchtknotens austretende Pollenschlauch die Samenanlage leicht erreichen kann (siehe bei der Befruchtung pag. CXLVI). In der beschreibenden Botanik werden drei Hauptformen unterschieden, welche oft auch für die Charakteristik von natürlichen Pflanzengruppen benützt werden. Gerade, geradläufig, orthotrop oder atrop (Fig. 248 a, b)

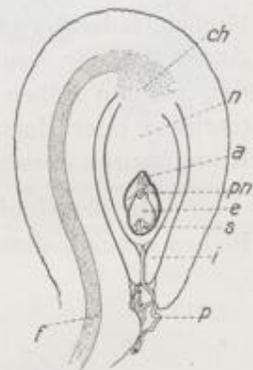


Fig. 247. Längsschnitt durch eine anatrophe Samenanlage (schematisiert). f Funiculus, ch Chalaza, i inneres Integument, n Nucellus, a Embryosack, s Synergiden, p Antipoden, pn Polkerne, p Pollenschläuche.

heis
also
ist e
Fun
Ver
pyle
krur
und
mite
der
knot
horis

Fig.
a un
e Em

Sam
als
Mik

Saf

Fig. 2
star

Cela
der

ges
oder
Fru

heisst eine Samenanlage, wenn der Nucellus in der Verlängerung des meist kurzen Funiculus liegt, die Mikropyle also der Anheftungsstelle der Samenanlage (dem Nabel) gegenüberliegt. Umgewendet, gegenläufig oder anatrop ist eine Samenanlage, wenn der Nucellus mit den Integumenten am Grunde umgebogen und das Integument dem Funiculus der Länge nach angewachsen ist (Fig. 248 c, d, Fig. 249 b, c). Die Verwachsungsnaht wird als Samennaht oder Rhaphe bezeichnet. Die Mikropyle befindet sich dann in der Nähe der Insertion der Samenanlage. Die krummläufige, campylotrope oder amphitrope Samenanlage ist gebogen und am Stiel schief befestigt; Nabelstrang und Integument sind nicht miteinander verwachsen (Fig. 248 e und f). Zur nähern Beschreibung der Samenanlage ist ausser der Form auch ihre Lage in dem Fruchtknotenfach von Wichtigkeit. Sie wird dementsprechend als aufrecht, horizontal oder hängend bezeichnet (Fig. 249). Ist bei einer hängenden

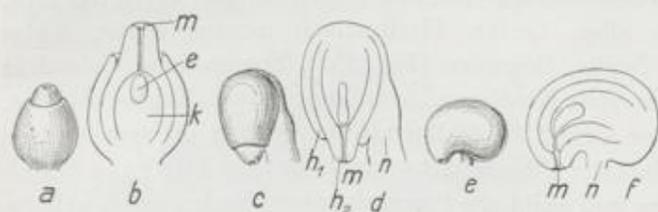


Fig. 248. Samenanlagen im Aufriß und im vergrösserten Längsschnitt. a und b orthotrope, c und d anatrop, e und f campylotrope Samenanlage. e Embryosack, f Nucellus, m Mikropyle, h₁ äusseres, h₂ inneres Integument, n Funiculus. Nach Wossidlo.

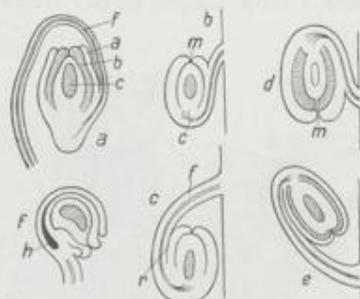


Fig. 249. a Anatrope Samenanlage von *Statice latifolia* mit sehr verlängertem Funiculus (f). a äusseres, b inneres Integument, e Embryosack, b Hängende, anatrop, monochlamydeische Samenanlage mit ventraler Rhaphe, c Chalaza, m Mikropyle. c Hängende, anatrop, monochlamydeische Samenanlage mit dorsaler Rhaphe (r). d Aufsteigende, anatrop, dichlamydeische Samenanlage. e Aufsteigende, anatrop, dichlamydeische Rhaphe. f Campylotrope Samenanlage von *Portulaca* mit einem Hohlraum (h) zwischen den beiden Integumenten. (Nach Pax dargestellt.)

Samenanlage die Rhaphe der Plazenta zugekehrt, liegt sie also zwischen Mikropyle und Plazenta, so ist sie als ventral zu bezeichnen (Fig. 249b), als dorsal dagegen, wenn sie der Plazenta abgewendet ist, die Mikropyle also zwischen Rhaphe und Plazenta liegt (Fig. 249c).

Als Nektarien werden Sekretionsorgane bezeichnet, welche einen meist süssen Saft ausscheiden. Auf die Honigdrüsen, die an Blüten und Staubblättern vorkommen

können, ist bereits auf pag. CXXI aufmerksam gemacht worden. Auf den Fruchtblättern der Umbelliferen bilden die Nektarien ein fleischiges Polster (Griffelpolster, Fig. 278d); in den Scheidewänden vieler Liliaceen treten die Nektarien als Septaldrüsen auf. Bei verschiedenen Familien kommen Achsenwucherungen vor, die zu ring-, scheiben-, schüssel- oder becherförmigen Gebilden (Discus) auswachsen können. Von den freien Discusdrüsen bis zu dem eigentlichen Discus gibt es alle Uebergänge. Liegt der Discus ausserhalb der Staubblätter — meistens zwischen Krone und Staubblätter, viel seltener zwischen Kelch und Krone (Apocynaceen) —, so wird er als extrastaminal (Sapindaceen, Cappariaceen), liegt er dagegen innerhalb der Staubblätter als intrastaminal bezeichnet (Rutaceen,

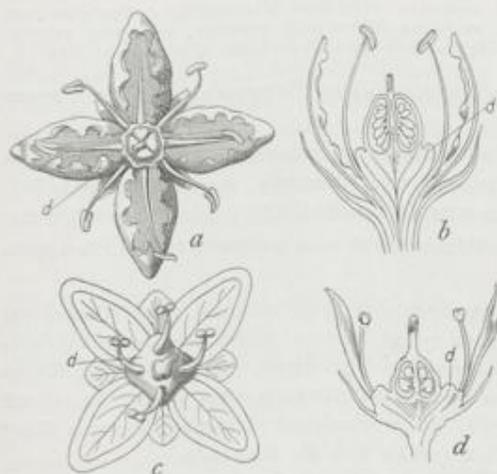


Fig. 250. a und b Blüte von *Rota graveolens* mit intrastaminalem Diskus (d). c und d Blüte von *Eoonymus*.

Celastraceen [Fig. 250], Anacardiaceen). Die Nektarien und Discusbildungen haben alle bei der Bestäubung eine grosse biologische Bedeutung.

Nach der Verteilung der beiden Geschlechter werden zwittrige und eingeschlechtige (dikline) Blüten unterschieden. Bei den zwittrigen, hermaphroditischen oder monoklinen Blüten (Zwitterblüten) treten in derselben Blüte gleichzeitig Staub- und Fruchtblätter auf. Ist in einer Blüte nur das Androeceum oder nur das Gynaeceum aus-

gebildet, so wird die Blüte als eingeschlechtig, als weibliche oder männliche Blüte bezeichnet. In vielen Fällen lässt sich das Fehlen des einen Geschlechtes auf ein Verkümmern oder Fehlschlagen in der ursprünglich zweigeschlechtigen Blüte zurückführen (z. B. die männlichen Blüten von *Fraxinus*). Zuweilen kann man in den eingeschlechtigten Blüten noch ein Rudiment des andern Geschlechtes nachweisen, so z. B. in den männlichen Blüten von *Urtica*.



Fig. 251. Dioecische Blüten von *Begonia*.
a Männliche Blüte mit 4 Blütenblätter,
b Weibliche Blüte mit 5 Blütenblättern,
 geflügeltem, unterständigen Fruchtknoten
 (*f*) und 3 zweiteiligen Narben.

Als *Monoecie* (Einhäusigkeit) bezeichnet man ein solches Verhältnis, bei welchem die getrenntgeschlechtigen Blüten auf dem gleichen Individuum, auf demselben Stock vorkommen (*Erlen*, *Haselstrauch*, *Eichen*, *Walnussbaum*, *Kastanie*, die meisten *Carex*-Arten, *Mais*, *Ricinus*, *Bryonia alba*, *Gurke*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Najas minor*, *Typha*, *Begonien* [Fig. 251], *Sparganium*, *Calendula officinalis*, viele *Koniferen*, *Arum maculatum*, *Euphorbia* [Fig. 252 c] usw.). Sind die diklinen Blüten jedoch auf verschiedene Exemplare der Pflanzenart verteilt, so liegt *Dioecie* (Zwei-

häusigkeit) vor; es können dann *Wacholder*, *Cannabis*, *Humulus*, *Populus*, *Weiden*, *Melandrium rubrum*, *Bryonia dioica*, *Sanddorn*, *Mercurialis perennis* [Fig. 252 a, b], *Carex Davalliana* und *dioica*, *Wasserpest*, *Vallisneria spiralis*, *Chamaerops humilis* etc.).

Zwischen hermaphroditischen und diklinen Blüten gibt es zahlreiche Uebergangsformen. In vielen Fällen trägt die Pflanze gleichzeitig hermaphroditische und eingeschlechtige Blüten (*Polygamie*). Biologisch lassen sich die folgenden 7 Fälle unterscheiden:

1. *Andromonoecie*. Neben Zwitterblüten trägt die Pflanze noch männliche Blüten (*Polygonum bistorta*, *Veratrum album*, verschiedene *Acer*-Arten und *Umbelliferen* (*Astrantia maior*, *Chaerophyllum aromaticum*, *Galium cruciata*), *Doronicum plantagineum*, *Lilium croceum*, *Japanische Quitte* (*Cydonia Japonica*) etc).
2. *Gynomonoecie*. Neben Zwitterblüten trägt ein Pflanzenstock noch weibliche Blüten (*Parietaria officinalis*, *Senecio Fuchsii*, *Atriplex*-Arten).
3. *Agamomonoecie*. Ausser Zwitterblüten trägt der Pflanzenstock noch unfruchtbare Blüten (*Centaurea*, *Hydrangea*, *Muscari comosum*, *Oncidium*-Arten). In den Doldenrispen von *Viburnum opulus* werden die mittlern, glockenförmigen, unscheinbaren, zwitterigen Blüten von einem Kranz von viel grösseren, geschlechtslosen Blüten umgeben (Fig. 254). Die letztern dienen hier — die Mittelblüten sind verhältnismässig klein — zur Anlockung von Insekten. Bei einer häufig kultivierten Form, beim eigentlichen Garten-Schneeball (*f. sterile*), kommen überhaupt nur noch sterile Blüten zur Ausbildung (Fig. 253). Aehnlich verhält sich die *Hortensie*.
4. *Monoecische Polygamie*, *Trimonoecie* oder *Coenomonoecie*. Auf demselben Stock kommen zwitterige, männliche und weibliche Blüten vor (*Saponaria ocymoides*, *Ricinus communis*, *Rhus cotinus*, *Sanguisorba minor*).
5. *Androdioecie*. Der eine Pflanzenstock trägt Zwitterblüten, während ein anderer derselben Pflanzenspezies nur männliche Blüten hervorbringt (*Dryas octopetala*, *Geum montanum*, *Viscaria viscosa*).
6. *Gynodioecie*. Einzelne Pflanzenstöcke weisen nur Zwitterblüten auf, andere einzig weibliche Blüten (verschiedene *Labiaten*, *Alsineen*, *Echium*, *Plantago lanceolata*, *Knautia arvensis*, *Dianthus plumarius*, *Ribes grossularia*). Zwitter- und weibliche Blüten lassen sich zuweilen auch durch ihre Grösse unterscheiden.
7. *Trioecie* oder *trioecische Polygamie*. Auf einem Exemplar kommen zwitterige, auf einem zweiten männliche und auf einem dritten weibliche Blüten vor (*Fraxinus excelsior*, *Fragaria elatior*, *Vitis vinifera*).

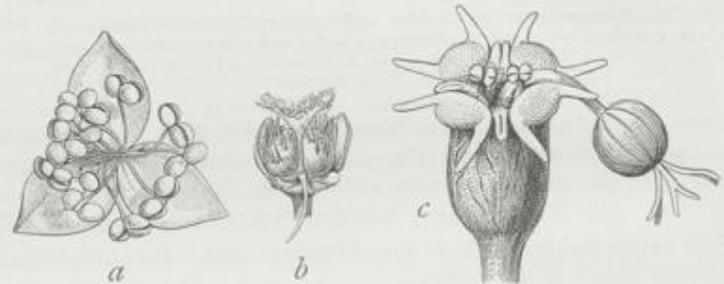


Fig. 252. *a* Männliche, *b* weibliche Blüte von *Mercurialis*, *c* *Cyathium* von *Euphorbia*. Männliche und weibliche Blüten stark reduziert, von einer gemeinsamen Hülle [Hüllbecher] umgeben (deshalb scheinbar eine Zwitterblüte).

Nur in seltenen Fällen (*Tulipa*, *Erythronium*; vgl. auch die Durchwachsungen pag. CXVII, Fig. 203) nimmt die Blüte die Spitze des Hauptsprosses ein (*flös solitarius*); gewöhnlich stehen die Blüten als Seitensprosse an vegetativen Sprossen oder an andern Blüten sprossen. Sehr oft ist die Blüte gestielt, seltener, wenn der Blütenstiel (*pedúnculus*) — wie bei den ährigen und kopfigen Blütenständen — fehlt, sitzend (*séssilis*). Wie bei den vegetativen Sprossen wird das Blatt der Abstammungsachse, in dessen Achsel die Blüte steht, als Deck- oder Tragblatt (Fig. 255, 256 a) bezeichnet. In vielen Fällen gleichen die Deckblätter den Laubblättern sowohl in Form als Farbe, in andern dagegen sind sie bunt gefärbt und werden als Hochblätter bezeichnet (pag. CXI). Unterhalb der Blüte kommen gewöhnlich noch 1 bis mehrere Hochblätter vor (Fig. 256), die Vorblätter (*prophýlla*); ihre Zahl und ihre Stellung an der Blütenachse ist für die Charakteristik der Blüte von Bedeutung. In der Regel sind sie klein, einfach gestaltet, unauffällig und könnten leicht für Nebenblätter gehalten werden. Wie die



Fig. 253. Blütenstand vom Garten-Schneeball (alle Blüten sind unfruchtbar).



Fig. 254. Blütenstand von *Viburnum opulus*. Die innern, kleinen Blüten sind zwittrig, die Randblüten steril.

Nebenblätter dienen auch die Vorblätter gewöhnlich dem Knospenschutz. Bei den Monokotyledonen tritt in der Regel nur ein einziges (*medianes*) Vorblatt (bei manchen Monokotylen allerdings aus 2 Blättern verwachsen) auf, welches mit seinem Rücken der Abstammungsachse zugekehrt ist (*adossiertes* Vorblatt). Bei den Dikotyledonen sind gewöhnlich zwei Vorblätter ausgebildet, die quer (*transversal*) gestellt sind und nach der Reihenfolge ihrer Entstehung als α - und β -Vorblätter unterschieden werden. Nur in seltenen Fällen sind die Vorblätter besonderen Funktionen angepasst. Hieher gehört z. B. das Flügelblatt der Linde, welches bei der Entfaltung der Blüten den nach abwärts gebogenen Blütenstand zunächst schützt, später aber für die Frucht einen Flugapparat darstellt. Bei einigen Cyperus-Arten funktionieren die Vorblätter als Schwellkörper und bewirken dadurch ein horizontales Absteigen der Laubblätter von der Achse. Bei Cucurbitaceen können die Vorblätter zu Ranken umgebildet sein. Bei vielen *Thesium*-Arten (Fig. 92 c) stehen die beiden Vorblätter mit dem Tragblatt nebeneinander in einem Quirl. Zuweilen entspringen in der Achsel den Vorblättern seitliche Blüten höherer Ordnung, so dass dann die Vorblätter der einen Blüte zugleich die Deckblätter für andere Blüten darstellen. Nicht selten sind die Vorblätter gänzlich unterdrückt.

Wie bei den Laubblättern lassen sich bei den Blattgebilden der Blütenregion quirlige und spirale Stellung unterscheiden. Im Gegensatz aber zu den Laubblättern, die bei einer und derselben Pflanze für gewöhnlich dieselbe Blattstellung zeigen, kann in der Blüte quirlige und spirale Stellung nebeneinander auftreten. Sind sämtliche Organe einer Blüte in Quirlen angeordnet, so nennt man die Blüte *zyklisch*. Phylogentisch lässt sich die quirlige Stellung von der spiralen Stellung ableiten. Meistens alternieren die unmittelbar aufeinanderfolgenden Zyklen miteinander. Die Zahl der Blätter, die einen Kreis darstellen, ist in



Fig. 255. Einzelblüte mit Tragblatt von *Corydalis solida*.

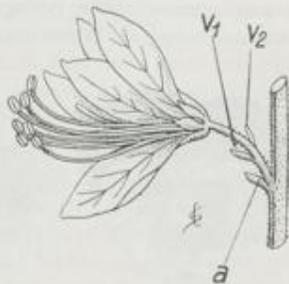


Fig. 256. Blüte von *Dictamnus albus*, a Tragblatt, v_1 und v_2 Vorblätter (nach Giesenhagen).

der Regel für jede Blüte — besonders für jeden Blütenblattkreis — konstant. Darnach unterscheidet man zwei- (dimere), drei- (trimere), vier- (tetramere), fünf- (pentamere), viel- (polymere) gliederige Blütenkreise. Für die meisten Monokotylen (Ausnahmen: Paris, Majanthemum, Potamogeton, Gräser etc.) ist die Dreizahl charakteristisch, während bei den Dikotyledonen die Fünfzahl vorherrscht. Dimere zyklische Blüten besitzt z. B. Majanthemum, Circaea, Fumaria, trimere unter den Dikotyledonen viele Lauraceen, tetramere Oenothera, viele Rubiaceen, Celastraceen, hexamere manche Lythraceen, 7- bis 8-zählige Trientalis; bei den Crassulaceen kommen bis 30-gliedrige Zyklen vor. Auch die Zahl der einzelnen Quirle ist sehr schwankend (von 1 bis 15); bei gefüllten Blüten (z. B. Aquilegia) lassen sich bis 50 Quirle nachweisen. Sehr häufig treten fünf Quirle auf, so dass auf jede der 5 Hauptformationen der Blüte — Kelche, Krone, Staubblätter, Fruchtblätter — je ein bzw. je 2 Quirle (2 Staubblattkreise) fallen. Bei den Solanaceen, Primulaceen, Scrophulariaceen etc. sind nur 4 Quirle (nur 1 Staubblattkreis!) ausgebildet; bei Carex, Salix enthalten die männlichen oder weiblichen Blüten einen einzigen Quirl. Solche Blüten, welche von durchaus gleichzähligen Quirlen gebildet werden, heissen *euzyklisch* (Liliaceen, Amaryllidaceen, Juncaceen, Linaceen, Geraniaceen etc.), solche, bei denen nicht alle Quirle gleichzählig sind, d. h. verschiedene Gliederzahlen aufweisen (*heteromere Quirle*) dagegen *heterozyklisch*. Sehr oft ist im Gynaeceum die Zahl der Glieder geringer als in den übrigen Quirlen. So haben die Violaceen (Fig. 259b) und Droseraceen ein dreigliedriges, die Umbelliferen ein zweigliedriges, die Papilionaceen (Fig. 261a) ein eingliedriges Gynaeceum, während in den übrigen Zyklen die Fünfzahl auftritt. Im Blütenstand von *Ruta graveolens* sind die Gipfelblüten fünfzählig (10 Staubblätter), die seitlichen Blüten vierzählig (8 Staubblätter). Die spiraligen oder azyklischen Blüten sind am häufigsten nach der Divergenz $\frac{2}{5}$ angeordnet; doch kommen auch — namentlich im Androeceum — höhere Divergenzen vor. In einzelnen Fällen, z. B. bei *Calycanthus*, existiert keine scharfe Grenze zwischen den einzelnen Organgruppen; bei *Nymphaea* gehen Kelch-, Kronen- und Staubblätter (Fig. 201) ganz allmählich ineinander über. Bei den hemizyklischen Blüten sind einzelne Blütenformationen in Quirlen, andere (Fig. 259a) spiralig angeordnet. Bei vielen Ranunculaceen ist die Blütenhülle zyklisch (*Anemone*, *Ranunculus*) gebaut, während die Staub- und Fruchtblätter in Spiralen stehen. Gleichzählige Quirle werden *isomer*, mehrzählige *heteromer* genannt. In den meisten Fällen alternieren die aufeinanderfolgenden, gleichzähligen Quirle miteinander. Es kommen also die Blätter eines jeden Blütenkreises gerade über die Zwischenräume oder in die Lücken der nächst vorhergehenden und gerade über die Medianen des zweitvorhergehenden Kreises zu stehen. Viel seltener stehen die Glieder des äusseren Kreises direkt, d. h. auf gleichen Radien vor den Gliedern des innern Kreises. Solche Quirle, die wohl als modifizierte Stellungsverhältnisse betrachtet werden müssen, werden als *opponiert* oder *superponiert* bezeichnet. Bei *Primula* sind z. B. die Staubblätter den Blütenblättern *superponiert* (Fig. 259e); sie werden als *epipetale* Staubblätter bezeichnet. Würden sie vor den Kelchblättern stehen, d. h. mit den Kronblättern alternieren, so würden sie *episepale* benannt (vgl. auch das *obdiplostemonische* Androeceum, Fig. 234b). *Superponierte* Stellung kann durch Unterdrückung (Abort) eines Blütenkreises zustande kommen. Ebenso können durch Verwachsung einzelner Glieder oder durch Verdoppelung (*Dedoublement*) die ursprünglichen Stellungsverhältnisse in der Blüte wesentlich verändert werden. Von den Scrophulariaceen besitzt die Gattung *Verbascum* noch fünf normale Staubblätter, *Scrophularia* und *Pentstemon* 4 fertile und ein *Staminodium* (das hintere), die meisten Gattungen überhaupt nur 4 Staubblätter, *Gratiola* (Fig. 259n) 2 fertile Staubblätter und 2 *Staminodien* (die beiden seitlichen, vordern Staubblätter) und die Gattung *Veronica* nur noch 2 Staubblätter. Ebenso lassen sich die *Haemadoraceen* durch Abort des äusseren Staubblattkreises, die *Iridaceen* durch Schwinden des innern der beiden Staubblattkreise von den *Liliaceen* ableiten. Bei *Iris pallida* kommen gelegentlich 1 bis 3 Glieder des inneren Kreises vor.

Symmetrieverhältnisse der Blüte. Als *Mediane* oder *Medianebene* wird diejenige Ebene bezeichnet, welche zugleich durch die Achse der Blüte und durch die Abstammungsachse verläuft, die Blüte also in eine rechte und linke Hälfte trennt. Die *Transversale* oder *Transversalebene* steht auf der ersten senkrecht und geht gleichfalls durch die Blütenachse. Die meisten Blüten sind als *symmetrisch* zu bezeichnen und können durch mindestens eine Ebene, die natürlich durch das Zentrum der Blüte gelegt werden muss (die *Symmetrieebene*), in zwei symmetrische (spiegelbildlich gleiche) Hälften zerlegt werden. Die regelmässigen, strahligen oder *aktinomorphen* Blüten sind vollkommen *radiär* gebaut. Die *Perianthblätter*, die Staub- und Fruchtblätter sind



Fig. 257. a Zygomorphe Blüte (Pensée-Veilchen)
b Aktinomorpe Blüte (Potentilla).

ringsum die Achse gleichmässig verteilt, zeigen in den einzelnen Kreisen ziemlich die gleiche Grösse, Gestalt, Farbe etc. und lassen sich meistens (vor allem die zyklisch gebauten mit isomeren Zyklen) durch mehrere Symmetrieebenen in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften (Fig. 257b) zerlegen (Schiefe der Kronblätter, gedrehte Knospenlage, hemizyklischer Blütenbau bleiben dabei unberücksichtigt). Die nicht radiären Blüten sind meistens *dorsiventral* gebaut und lassen sich nur durch eine einzige Ebene in zwei symmetrische Hälften zerlegen; solche Blüten werden als *dorsiventral*, als *zweiseitigsymmetrisch* oder *zygomorph* bezeichnet (Fig. 257a). Gewöhnlich sind die *dorsiventralen* Blüten *medianzygomorph*, d. h. die *Symmetrieebene* fällt mit der *Medianen*

zusammen (Orchideen, Papilionaceen, Labiatae etc.). Bei den quer- oder transversalzygomorphen Blüten (Corydalis, Fumaria) bildet die Transversale die Symmetrieebene. Bei den schiefzygomorphen Blüten (Aesculus) fällt die Symmetrieebene zwischen Mediane und Transversale. Gänzlich unsymmetrisch sind nur wenige Blüten (Valeriana, Centranthus [Fig. 214], Canna). Bei verschiedenen Blüten führen die Blüten nachträglich Bewegungen aus, durch welche natürlich auch eine Aenderung in der Symmetrie bedingt wird. So dreht sich der Blütenstiel von Fumaria und Corydalis um 90° , so dass der ursprüngliche seitliche Sporn nach hinten (oben) zu liegen kommt; die Blüte wird dann medianzygomorph. Bei verschiedenen Leguminosen (Cytisus, Trifolium resupinatum, Robinia) kehren die Blüten ihre ursprüngliche untere Hälfte nach oben und umgekehrt. Ähnlich verhalten sich die Blüten vieler Orchideen (nicht alle), welche sich während ihrer Entfaltung um 180° drehen, so dass z. B. die ursprünglich nach hinten stehende Lippe (bei Cypripedium der Schuh) nach vorn zu liegen kommt (Resupination).

Gelegentlich kommt es vor, dass an Blütenständen mit typisch zygomorphen Blüten vereinzelt, mehr oder weniger regelmässige, radiäre Blüten auftreten. Sie werden als Pelorien bezeichnet und können gelegentlich bei Scrophulariaceen (Antirrhinum [Fig. 258], Linaria, Digitalis) und bei Labiataen (Teucrium botrys, Leonurus cardiaca, Lamium, Nepeta, Ophrys arachnites), doch auch bei Leguminosen, Balsaminaceen, Violaceen, Gesneraceen etc. beobachtet werden. Durch Stecklinge lassen sich derartige Pelorienbildungen weiter kultivieren.

Die Zahlen-, Stellungen- und Symmetrieverhältnisse einer Blüte lassen sich durch das Diagramm und die Formel leicht veranschaulichen. Beim Diagramm werden die einzelnen Organe, welche annähernd dem Querschnitt des betreffenden Organes entsprechen, durch Zeichen eingetragen. Die Abstammungsachse wird mit einem Ring bezeichnet; ihr gegenüber liegt das Tragblatt. Auch die Vorblätter können eingezeichnet werden (Fig. 259 a, b, c, k, m). Verwachsungen werden durch Verbindungen der betreff. Zeichen ausgedrückt (Fig. 259 g, k). Das empirische Diagramm stellt einen wirklichen Querschnitt durch eine junge Blüte dar; hier werden nur die-

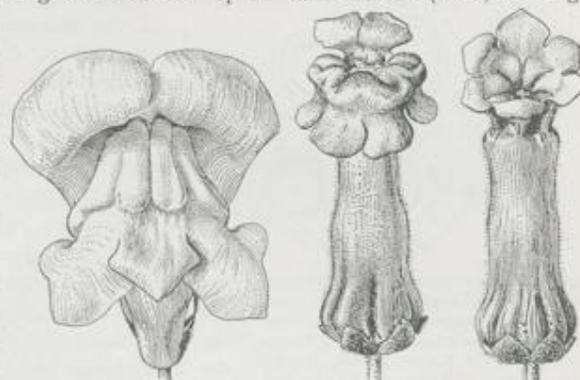


Fig. 258. Antirrhinum maius, links eine normale Blüte (von vorn), rechts zwei Pelorien.

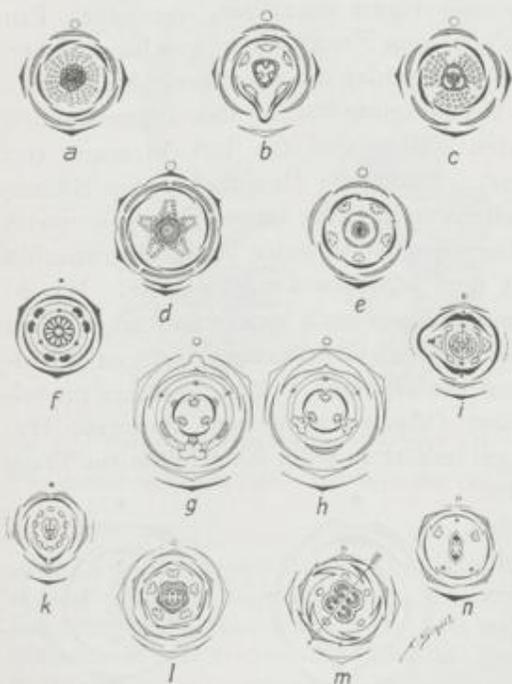


Fig. 259. Diagramme. a von Ranunculus acer, b Viola, c Hypericum, d Althaea rosea, e Primula, f Butomus, g Epipactis, h Cypripedium, i Corydalis, k Vicia faba, l Convolvulus sepium, m Datura stramonium, n Gratiola officinalis.

jenigen Teile eingetragen, welche auf dem Querschnitt auch wirklich getroffen werden, während beim theoretischen Diagramm durch Kreuzchen, Punkte etc. auch solche Blüten-teile markiert werden können, die von dem Schnitt nicht getroffen werden (z. B. ein unterständiger Fruchtknoten) oder nur als rudimentäre Organe (Staminodien) bzw. gänzlich fehlende Organe vorhanden sind. Ausser den Zahlen- und Stellungenverhältnissen lassen sich im Diagramm auch die Deckungsverhältnisse der Glieder darstellen. Unter Aestivation oder Knospendeckung versteht man die Art und Weise, wie die Blätter eines Zyklus in der Knospe mit ihren Rändern übereinandergreifen. Für die Systematik ist die Knospenlage der Perianthblätter von grosser Bedeutung (Fig. 260). Stossen die benachbarten Blätter eines Quirls nur mit ihren Rändern zusammen, so nennt man die Knospendeckung klappig (aestivatio valvata, Kelch in Fig. 260e, Krone in Fig. 260f), greifen sie mit ihren Rändern übereinander, dachig (aestivatio imbricata). Erfolgt das Uebereinandergreifen in regelmässiger Weise, so dass jedes Blatt mit dem einen Rande deckt und mit dem andern Rande bedeckt wird, so spricht man von gedrehter Knospendeckung (aestivatio contorta) und zwar heisst sie links bzw. rechts gedreht, wenn von aussen gesehen die linken resp. die rechten Ränder die deckenden sind (wie bei den Contortae: Gentianaceen, Apocynaceen, Asclepiadaceen, Loganiaceen, Salvadoraceen). Geschieht das Uebereinandergreifen der Blätter nach einer nach $\frac{2}{5}$ verlaufenden Spirale, so handelt es sich um quincunciale Aestivation. Aufsteigend wird die Deckung genannt, wenn das oder die vorderen Blätter

des Zyklus die äussersten, das oder die hinteren Blätter die innersten sind (Krone der Caesalpiniaceen, Fig. 261 b), absteigend, wenn das oder die hinteren Blätter die äussersten, das oder die vorderen die innersten sind (Krone der Papilionaceen [Fig. 257 b] und vieler Scrophulariaceen). Die Knospelage (vernatio) dagegen bezieht sich immer nur auf einzelne Blätter der Knospe und gibt an, welche

Lage das Blatt in der Knospe (gefaltet, zerknittert, flach eingerollt, zurückgerollt, zusammengerollt, schneckenförmig gerollt) einnimmt.

In der Blütenformel werden die einzelnen Organgruppen mit Buchstaben bezeichnet, die Zahl der Glieder in den einzelnen Gruppen durch Ziffern ausgedrückt. Das Fehlen eines Kreises wird durch eine Null angedeutet. Dabei bedeutet P = Perigon (= Perianth oder Blütenhülle), K = Kelch, C = Krone, A = Androeceum, G = Gynaeceum. Durch Klammern wird ausgesprochen, dass die betreffenden Blattgebilde miteinander verwachsen sind. Ober- und unterständiger Fruchtknoten werden durch einen Strich unter bzw. über der betreffenden Zahl bezeichnet, Verdoppelung durch den Exponenten 2. So lautet z. B. die Formel einer regelmässigen, isomeren Monokotylenblüte folgendermassen: $P\ 3 + 3, A\ 3 + 3\ G\ (5)$, von Iris, bei welcher Gattung der innere Staubblattkreis meist unterdrückt und der Fruchtknoten unterständig ist: $P\ 3 + 3, A\ 3 + 0\ G\ (5)$. Die Formel der Primulaceen, welche dem Diagramm e in Fig. 259 entspricht, lautet $K\ (5)\ [C\ 5, A\ 0 + 5], G\ (5)$; die 5 innern Staubblätter sind der Kronröhre angewachsen und stehen vor den Kronsaumlappen (besonders bei den kurzgriffeligen Formen der Gattung Primula deutlich zu sehen). Die Formel

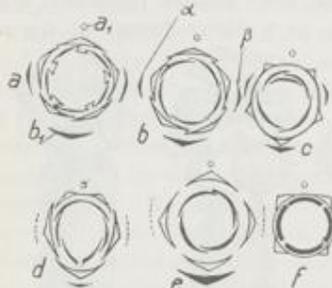


Fig. 260. Aestivation der Perianthblätter. a Kelch quincuncial, Krone rechts gedreht, b Kelch quincuncial, Krone links gedreht, c Krone aufsteigend, d Kelch aufsteigend, e Kelch valvat, Krone links gedreht, f Krone valvat, α Abstammungsachse, β Tragblatt, α und β Vorblätter. Nach Pax.

für die Fumariaceen, die dem Diagramm i in Fig. 259 entspricht, lautet: $K\ 2\ C\ 2 + 2\ A\ 2 + 2\ G\ (2)$. Die Formel der Cruciferen heisst $K\ 2 + 2\ C\ 4\ A\ 2 + 2^2\ G\ (2)$. Die vier Kronblätter repräsentieren einen Kreis, die beiden Staubblätter des innern Kreises sind verdoppelt. Die Blütenformel bringt nur die wesentlichsten Merkmale der Blüte zum Ausdruck; vor allem gibt sie die Zahlenverhältnisse in der Blüte an. Die Transversalzygomorphie, die Verwachsung der Staubblätter etc. kommt dagegen in der Formel nicht zum Ausdruck.

Nur wenige Pflanzen erzeugen eine einzige terminale Blüte. In der Regel sind die Blüten in grösserer Zahl vorhanden und zu Blütenständen oder Infloreszenzen, welche mehr oder weniger komplizierte Verzweigungssysteme darstellen, vereinigt. Ein Blütenstand ist als nichts anderes aufzufassen, als ein zum Zwecke der geschlechtlichen Fortpflanzung metamorphosiertes Sprosssystem; namentlich erleiden die assimilierenden Organe in der Blütenregion eine starke Reduktion. Die Verzweigung ist in den Blütenständen gewöhnlich monopodial und axillär. In den meisten Fällen sind die Infloreszenzen von den vegetativen Teilen der Pflanze scharf abgegrenzt. Bildet die Hauptachse den Blütenstand, so heisst dieser terminal oder endständig; seitenständig oder lateral dagegen, wenn die Seitenachsen die Blüten tragen, während der Hauptspross vegetativ bleibt (Lysimachia thysiflora). Nach dem Ausreifen der Früchte fällt der Blütenstand meistens ab. Nur in seltenen Fällen wächst die Achse über den Blütenstand hinaus noch weiter und trägt einen endständigen Blattschopf (Ananas [Fig. 286 e], Eucomis [Liliacee], Callistemon [Myrtacee], Fritillaria imperialis). In dichtblütigen Infloreszenzen sind die obersten Blüten zuweilen unvollkommen entwickelt, geschlechtlos oder stark reduziert (Muscari comosum, Araceen, Hydrangea, Viburnum opulus, vgl. Fig. 254). In der Regel gehört zu jeder Einzelblüte ein Trag- oder Deckblatt (bractea, Fig. 255). In den Blütenständen der Kruziferen (Fig. 262 g) fehlen die Tragblätter sehr oft, ebenso in den Köpfen vieler Kompositen (Fig. 263 b) während sie bei Solanaceen Verschiebungen erleiden können (Fig. 92). Im allgemeinen begegnen wir bei den Blütenständen den gleichen Sprossverkettungen wie in der vegetativen Region, d. h. der racemösen und cymösen Verzweigung. Als die wichtigsten Typen von Blütenständen mögen die folgenden genannt sein:

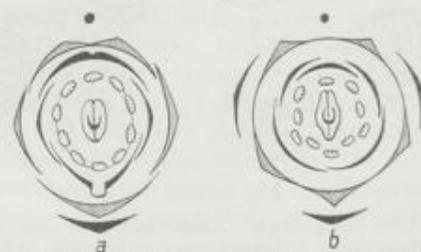


Fig. 261. a Diagramm einer Papilionaceenblüte b einer Caesalpiniaceenblüte.

I. Traubige, racemöse oder botrytische Blütenstände. Die Hauptachse ist verhältnismässig stark entwickelt und besitzt eine unbestimmte, gewöhnlich grössere Zahl von Nebenachsen, die sich in der Regel nicht stärker entwickeln als die Hauptachse. Die Entwicklung der Seitenachsen erfolgt in aufsteigender (akropetaler, centripetaler) Richtung; die Blüten öffnen sich von unten nach oben (deutlich zu beobachten z. B. bei *Lupinus*, *Plantago*, *Onobrychis*). Die obersten Blüten sind die jüngsten; sie können sich noch im Knospenstand befinden, während die untersten Blüten der gleichen Pflanzen bereits Früchte hervorgebracht haben (Fig. 262 a, g). Hauptformen der botrytischen Blütenstände:



Fig. 262. Botrytische Blütenstände, a Einfache Aehre (*Verbena*), b Zusammengesetzte Aehre (*Hordeum distichum*), c Kolben (Mats), d Kätzchen (Erle), e Zapfen (*Pinus silvestris*), f Einfache Traube (Johannisbeere), g Doldentraube (Hirtentäschchen), h Rispenähre (*Bromus arvensis*), i Einfache Dolden (Hedera), k Zusammengesetzte Dolden (Umbellifere), l Köpfchen (*Tussilago*).

1. Traube (*racemus*, *bótrys*). Die Hauptachse ist gestreckt, stark verlängert und trägt übereinanderstehende, ziemlich gleichlang gestielte, unverzweigte Blüten. Die Blütenstiele sind gewöhnlich voneinander entfernt. Beispiele: Sauerdorn, Johannisbeere [Fig. 262 f], *Robinia*, *Cruciferae*, *Majanthemum*). Werden die obern Blütenstiele immer kürzer, stehen also die obern Blüten sehr nahe beieinander, so spricht man von einer Doldentraube oder Schirmtraube. Beispiele: *Ornithogalum*. Viele Trauben haben nur zur Zeit des Aufblühens die Gestalt einer Doldentraube (viele *Cruciferae*, Fig. 262 g).

2. Aehre (*spica*). Die gemeinschaftliche Achse (*rhachis*) ist wie bei der Traube stark verlängert und trägt zahlreiche, sehr kurzgestielte, sitzende Einzelblüten. Beispiele: Eisenkraut (*Verbena officinalis*, Fig. 259 a), *Plantago*-Arten, die männlichen Aehren von *Carex*. Die sog. „Grasähren“ gehören zu den zusammengesetzten,

botrytischen Blütenständen (Fig. 262 b). Ähren mit schlaffer, herabhängender Spindel heissen Kätzchen (amentum, Fig. 262 d). Gewöhnlich handelt es sich hier um eine Dichasienähre. Häufig sind die Blüten eingeschlechtig und das Kätzchen fällt später als Ganzes ab (Birken, Erlen, Haselnussstaude, Weiden, Pappeln etc.).

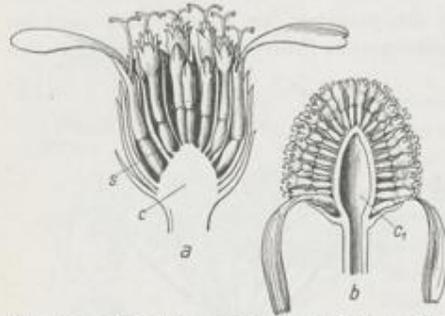


Fig. 263. a Blütenlängsschnitt von *Achillea millefolium*, s Spreublätter, c verdickte Blütenachse, b Blütenlängsschnitt von *Matricaria chamomilla*, c₁ hohle Blütenachse, c₂ verdickte Blütenachse.

Beim Kolben (spadix) ist die Ährenspindel dick, fleischig; die Zahl der meist kleinen Blüten ist sehr gross. Häufig wird der Kolben von einem stark entwickelten Hochblatt (spatha) eingehüllt (Calla, Kalmus [Fig. 183 a], Aronstab; Fruchtzapfen vom Mais [Fig. 262 c] usw.). Beim Zapfen (cónus) verholzen später Spindel und Schuppen (Koniferenzapfen, Fig. 262 e).

3. Dolde oder Schirm (umbélla). Die Hauptachse der Infloreszenz ist stark verkürzt. Die deutlich gestielten, unverzweigten Blüten entspringen scheinbar am Ende der verkürzten Hauptachse aus einem Punkt. Oben ist die Dolde flach oder kugelig gewölbt. Die Tragblätter der einzelnen Blütenstiele, die zwar nicht immer vollzählig vorhanden sind oder auch ganz fehlen können, bilden die Hülle (involucrum). Beispiele: Epheu (Fig. 262 i), Reiherschnabel. Von den habituell ähnlichen Trugdolden unterscheiden sich die eigentlichen Dolden dadurch, dass hier die Blüten

der äussersten Doldenstrahlen zuerst aufblühen. Viel verbreiteter als die einfache Dolde ist die zusammengesetzte Dolde (siehe unten).

4. Köpfchen oder Blütenkopf (capitulum). Die Hauptachse ist stark verkürzt (Fig. 262 i) und oben zu einem kurzen, kegel- oder scheibenförmigen oder vertieften Blütenlager oder Fruchtboden verdickt bzw. verbreitert (receptaculum). Die meist zahlreichen, ungestielten Blüten sitzen auf dem receptaculum gewöhnlich dicht nebeneinander (Kompositen [Fig. 263], Dipsaceen, Eryngium, Sanicula, Phyteuma). Die Deckblätter der Einzelblüten fehlen zuweilen oder sind wie bei vielen Kompositen als Spreublätter entwickelt (Fig. 205 b, 263 a). Die Basis des Köpfchens (aussen) wird sehr oft von einer Anzahl Hochblätter (involucrum) umgeben, wodurch der Blütenstand einer Einzelblüte sehr ähnlich wird, welche Aehnlichkeit noch dadurch erhöht werden kann, dass diese blumenähnlichen Blütenkörbe wie einfache Blüten zu Trauben, Doldentrauben oder Rispen vereinigt sind. Bei Kompositen trägt das Köpfchen sehr oft zweierlei Blüten, Rand- oder Zungenblüten und Scheiben- oder Röhrenblüten (Fig. 263). Bei verschiedenen Moraceen (*Ficus*, *Dorstenia* [Fig. 286 b]) ist das receptaculum fleischig ausgebildet und verbreitert sich zu einem flachen, becherförmigen Blütenkuchen (coenanthium, hypanthodium), der auf seiner Oberfläche zahlreiche Blüten trägt. Bei der Feige ist der Blütenkuchen bis auf einen feinen Kanal geschlossen; die Blüten liegen dann im Innern des Gehäuses (Fig. 286 a).

Zusammengesetzte botrytische Blütenstände kommen dadurch zustande, dass sich die Seitenäste nach dem racemösen Typus weiter verzweigen. Darnach lassen sich unterscheiden:

5. Rispe (panícula) oder zusammengesetzte Traube. Die Aeste der einfachen Traube sind weiter verzweigt; die Verzweigung ist gewöhnlich am Grunde des Blütenstandes stark ausgebildet (Fig. 265 a). Beispiele: *Vitis*, männliche Blütenrispe von *Mais*. Eine stark zusammengedrückte Rispe heisst Strauss (*Syringa*, Fig. 264). Die Rispengräser gehören eigentlich zu den gemischten Blütenständen, da hier die Rispenäste statt Einzelblüten Ährchen tragen.

6. Zusammengesetzte Ähre. Die Ährenspindel trägt statt der Einzelblüten stets kurzgestielte Blüten; (hierher die sog. „Ährengräser“ wie *Hordeum* (Fig. 262 b), *Triticum*, *Secale*, *Lolium*, *Haynaldia*, *Elymus*, *Asprella*, *Agriopyrum*).

7. Zusammengesetzte Dolde. Hier schliessen die einzelnen Strahlen statt mit einer Blüte mit einem Döldchen (umbéllula), ab, das unten häufig von einem Hüllchen (involucellum) umgeben wird. Die zusammengesetzten Dolden (Umbelliferae) sind viel häufiger als die einfachen und werden auch schlechthin als Dolden bezeichnet (Fig. 262 k). In den bis jetzt besprochenen Fällen handelt es sich stets um gleichartig zusammengesetzte Infloreszenzen. — Daneben gibt es sog. gemischte Blütenstände, bei denen ungleichartige Typen von Blütenständen in vielen Kombinationen (auch



Fig. 264. a Blütenstand von *Syringa*, b Längsschnitt durch die Blüte, c Narbe, d Fruchtkapsel (geöffnet).

botrytische mit cymösen) verbunden sind. So können Ähren zu einer Traube (*Melica*) oder zu einer Rispe (*Agrostis*, *Festuca*), Köpfchen zu einer Traube (*Petasites*), Rispe (*Artemisia*), Doldentraube (*Tanacetum*) oder zu einer cymösen Infloreszenz (*Scabiosa*, *Hieracium*, *Crepis*, *Anthemis* etc.) vereinigt sein.



Fig. 265. a Rispe, b Pleiochasium.

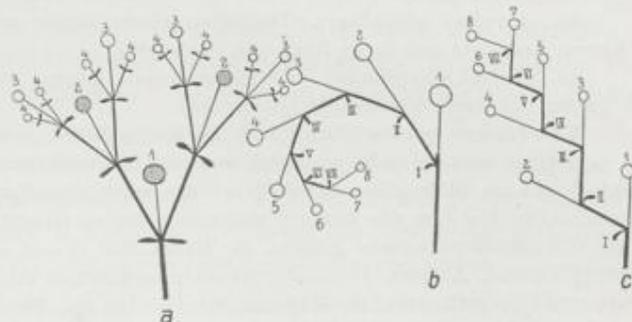


Fig. 266. a Schematische Darstellung von cymösen Blütenständen. a Dichasium, b Schraubel, c Wickel. Die Endblüte der Hauptachse ist mit 1 bezeichnet.

II. Trugdoldige oder cymöse Blütenstände. Die Hauptachse ist meist begrenzt, schliesst mit einer Blüte ab und entwickelt unter der Endblüte nur wenige (häufig 2 oder 1), ziemlich in gleicher Höhe stehende Seitensprosse, welche sich weiter verzweigen und stärker ausbilden als die Hauptachse. Die Entwicklung der Blüten erfolgt in absteigender (basipetaler, zentrifugaler) Richtung. Die Endblüte entwickelt sich zuerst (Fig. 267 a, b) und ist sehr oft schon abgeblüht, wenn die Blüten der Seitenzweige sich erst öffnen. Hauptformen:

1. Vielgabelige Trugdolde, Scheindolde oder Pleiochasium. Unterhalb der Sprossspitze entspringen zahlreiche, 3 oder viele unter sich gleich starke Seitensprosse (viele Euphorbien). Das Pleiochasium (Fig. 265 b) ist einer echten Dolde sehr ähnlich; es öffnet sich jedoch basipetal, d. h. von innen nach aussen. Sehr oft entwickeln sich die nach aussen gerichteten Seitenäste stärker als die nach innen gerichteten (Hollunder, Schneeball).

2. Zweigabelige Trugdolde, Dichasium oder dreiblütige Trugdolde (Fig. 266 a). Unter der Endblüte des Hauptsprosses stehen ziemlich auf derselben Höhe zwei Seitensprosse, welche sich weiter verzweigen. Beispiele: *Myosotis* (Fig. 267 a), *Caryophyllaceen* und *Alsineen* (Fig. 267 b). Nicht selten gehen Dichasien in Monochasien über (*Caryophyllaceen*). Ab und zu stehen die Dichasien rechtwinklig übereinander (*Valerianella*).

3. Eingabelige Trugdolde, Monochasium oder Sympodium (Fig. 266 b). Diese Form erinnert stark an eine einseitwendige Traube. Unter der Endblüte entspringt nur ein einziger Seitenspross, welcher den Hauptspross übergipfelt. Das Monochasium, das fast stets als Sympodium auftritt, kommt in den 4 folgenden Formen vor:

3a. Schraubel (*böstryx*, *cyma unipara helicoidea*). Die aufeinander folgenden Seitenachsen sind



Fig. 267. Cymöse Blütenstände. a *Myosotis*, b *Cerastium* (Dichasium), c *Sedum* (Wickel), d *Scirpus lacustris* (Spirre), e *Dianthus* (Bläsel), f *Chenopodium album* (Knäuel), g *Salvia officinalis* (Scheinquirle)

alle nach der gleichen Seite (Fig. 266b) und zwar immer quer (transversal) zur relativen Abstammungsachse gerichtet (Hypericum, Hemerocallis).

3b. Wickel (cincinnus, cýma unípara scorpíoidea). Die aufeinanderfolgenden Seitensprosse fallen wie bei 3a in die Transversale der relativen Hauptachse, stehen aber abwechselnd an verschiedenen Seiten nach rechts und links (Fig. 267c). Beispiele: Borraginaceen, Drosera, Sedum- (Fig. 267c) und Sempervivum-Arten, Scilla bifolia, Tradescantia).

3c. Fächer (rhipídium). Die Seitenachsen stehen median zur relativen Hauptachse (also alle in einer Ebene) und stets auf deren Rückseite (Iridaceen).

3d. Sichel (drepanium). Die Seitenachsen stehen wie bei 3c median zur relativen Hauptachse, jedoch immer auf deren Vorderseite (Juncaceen).

Verschiedene cymöse Blütenstände, die wegen ihres eigentümlichen Aussehens besondere Namen erhalten haben, unterscheiden sich nicht prinzipiell von den beschriebenen Formen. Höher gehört u. a. der Büschel (fascículus), wo die Blütenstiele eines Dichasiums bzw. Pleiochasisms sehr kurz sind, so dass die Blüten nahe zusammenrücken und fast alle ziemlich gleichhoch stehen (Dianthus, Fig. 267e). Beim Knäuel (glomérulus) [sind die Blütenstiele noch mehr gekürzt, die Blüten fast sitzend und unregelmässig gehäuft (Beta, Chenopodium (Fig. 267f), Obione, Atriplex, Herniaria, Adoxa moschatellina etc.). Trugdoldig sind auch die Schein- oder Halbquirle (Verticillastren) der Lippenblütler, wo die ein- (Scutellaria), drei- (Salbei, Fig. 267g) oder mehrblütigen Dichasien stark verkürzt sind und wie bei Mentha eine endständige Scheinähre bilden können. Bei der Spirre (anthéla) werden die Zweige ersten Grades von aussen nach innen (genauer von unten nach oben) allmählich kürzer (Spiraea filipendula, Juncus, Luzula, Scirpus lacustris, Fig. 267d). Bei der Schirmrispe oder Ebenstrauß (corýmbus) endigen die letzten Verzweigungen alle in der gleichen Ebene, so dass der Gesamtblütenstand abgeflacht erscheint (Schneeball, Schwarzer Hollunder, verschiedene Kompositen).

Bei eingeschlechtigen Blüten sind die männlichen Blüten oft zu anderen Blütenständen vereinigt als die weiblichen. Beim Mais sind die weiblichen Blüten in Kolben, die männlichen in Rispen angeordnet. Bei den Kätzchenblütlern stehen nur die Staubgefässblüten in Kätzchen. Beim Hopfen sind die weiblichen Blütenstände zapfenähnlich, während die männlichen lockerrispig sind und in Wickel endigen.

Durch die Vereinigung vieler Blüten zu einem Blütenstand werden auch kleine Blüten für die Insekten auffällig (Umbelliferen, Armeria, Jasione, Phyteuma, Iberis, Euphorbia, Dipsaceen, Kompositen). Bisweilen sind die Randblüten grösser oder anders gestaltet (oft zygomorph) als die Mittelblüten (Heracleum [Fig. 269a und b], Orlaya, Anthriscus, Dipsaceen [Fig. 269c und d], Viburnum opulus [Fig. 254] etc.). Ähnlich wie in den vegetativen Teilen (vgl. pag. LXXVII), können auch in der Blütenregion Verbänderungen (Fasciationen) auftreten. Dahin gehört z. B. die bei uns häufig kultivierte Hahnenkammform von Celosia argentea (Fig. 268).

Den Blüten bzw. den Blütenständen kommt für die Bestäubung und Befruchtung eine grosse Bedeutung zu. Beide Vorgänge sind streng auseinander zu halten und sind meistens auch zeitlich voneinander getrennt. In den allermeisten Fällen (vgl. unten die Parthenogenese)



Fig. 268. Hahnenkamm (*Celosia argentea* f. *cristata*.)



Fig. 269. a Randblüte, b Mittelblüte von *Heracleum*, c und d von *Scabiosa columbaria*.

wird der Befruchtungsvorgang durch die Bestäubung eingeleitet, welcher die Aufgabe zukommt die Ueberführung des Blütenstaubes von den Antheren auf die Narbe des Fruchtknotens zu besorgen. Die Uebertragung des Pollens auf die Narbe kann auf verschiedene Weise erfolgen. Zunächst muss zwischen Selbstbestäubung (Autogamie oder Homogamie) und Fremd- oder Kreuzbestäubung (Allogamie) unterschieden werden. Innerhalb der Allogamie lassen sich wiederum zwei Fälle unterscheiden. Die Bestäubung kann sich zwischen zwei Blüten derselben Pflanze (Nachbarbestäubung oder Geitonogamie) oder aber zwischen Blüten verschiedener Individuen (Xenogamie) vollziehen. Selbstbestäubung bildet nicht die Regel, sondern die Ausnahme und wird meistens nur dann ausgeführt, wenn alle Lockmittel für die Insekten erfolglos geblieben sind oder wenn schlechte Witterung die richtige Entfaltung der Blüte hinderte. Selbstverständlich kann Selbstbestäubung sich nur in zwittrigen Blüten vollziehen. Sie besteht darin, dass der Pollen aus den Antheren auf die Narbe der gleichen Blüte gebracht wird. Selbstfertil sind z. B. die Getreidearten (mit Ausnahme von *Secale*), *Reseda lutea*, *Capsella bursa pastoris* usw. Wie wenig vorteilhaft die Selbstbestäubung ist, geht auch aus den verschiedenen Einrichtungen hervor, welche einerseits die Selbstbefruchtung verhindern andererseits die Kreuzbefruchtung sichern sollen.

In zahlreichen Fällen ist nachgewiesen worden, dass nur der Pollen von fremden Blüten eine Befruchtung ausführen kann, dass der eigene Pollen sich dagegen als vollständig unfruchtbar oder doch als bedeutend weniger befruchtungsfähig als der von fremden Individuen erweist. Bei den sog. „selbststerilen“ Pflanzen (*Corydalis cava*, *Lilium candidum*, *Papaver somniferum* etc.) ist der eigene Pollen gänzlich unfruchtbar. Selbstbestäubung wird verhindert oder doch wenigstens erschwert durch Diklinie (vgl. pag. CXXXI), Dichogamie und Heterostylie.

Bei der Dichogamie entwickeln sich Antheren und Narben ungleichzeitig. Sind die Staubblätter vor den Narben reif, d. h. springen die Antheren auf, bevor die Narben den Pollen aufnehmen können, so spricht man von Proterandrie. Beispiele: Compositen, viele Dolden- und Steinbrecharten, Campanulaceen, *Allium*-Arten, *Nigella arvensis* und *Damascena*, *Althaea*, *Malva*, *Echinops*, *Aconitum napellus*, *Teucrium scorodonia*, *Gentiana pneumonanthe* etc. Ist dagegen das Gynaeceum vor den Staubblättern entwickelt, d. h. sind die Narben vor dem Aufspringen der Staubbeutel empfängnisfähig, so liegt Proterogynie vor. Beispiele: *Aristolochia clematitis* (Fig. 270), *Paeonia peregrina*, *Atropa belladonna*, *Luzula pilosa*, *Clematis*, *Helleborus*, *Scrophularia*, *Plantago media*, *Hippuris*, *Arum*, *Asarum*, *Lilium martagon*, *Alchemilla vulgaris*, *Anthoxanthum*, *Alopecurus*, *Nardus stricta*, *Sesleria caerulea*, *Magnolien* etc. Sind Antheren und Narben zu gleicher Zeit geschlechtsreif, so heisst die Blüte homogam. Einzelne Arten sind bald homogam, bald dichogam.

Bei den heterostylen Blüten ist das Längenverhältnis zwischen Staubblättern und Griffel nicht bei allen Exemplaren derselben Spezies das gleiche. Bei der Heterodistylie treten auf derselben Pflanze langgriffelige (macro- oder dolichostyle) Blüten, bei denen die Narbe bedeutend über den Antheren steht und kurzgriffelige (micro- oder brachystyle) Blüten auf; im letztern Falle befindet sich die Narbe bedeutend unter den Antheren. Streckt ein Insekt seinen Rüssel auf den Grund einer kurzgriffeligen Primelblüte, so kommt der Kopf mit den am Schlunde inserierten Staubbeutel in Berührung und wird mit Pollen stark eingepudert. Besucht das gleiche Insekt später eine langgriffelige Blüte, so wird es den mit Blütenstaub bedeckten Kopf an der kugeligen Narbe streifen, wodurch Fremdbefruchtung eingeleitet ist. Beispiele von heterodistylen Pflanzen: die meisten Primulaceen, *Menyanthes*, *Limnanthemum*, *Fagopyrum*, *Pulmonaria officinalis* und *montana*, viele Oleaceen (z. B. *Forsythia suspensa*, Fig. 271), *Polemoniaceen*, *Rubiaceen*, *Linum*, *Silene dichotoma* etc. Auch die Pollenkörner und die Narbenpapillen können sich in der Grösse verschieden verhalten. Bei *Primula* hat die lang-

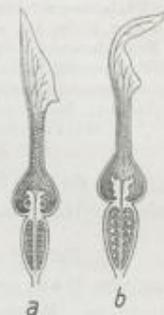


Fig. 270. *Aristolochia clematitis*.
a weibliches
b männliches
Stadium.

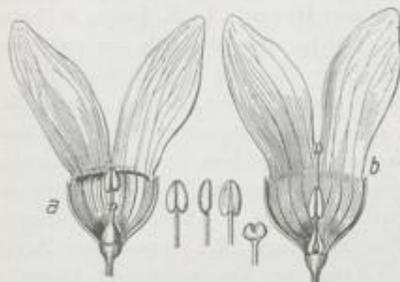


Fig. 271. Blüte von *Forsythia suspensa*, a kurzgriffelige, b langgriffelige Form.

griffelige Form längere Papillen (5mal länger) und kleinere Pollenkörner als die kurzgriffelige. Bei einzelnen Pflanzen kommt Dreigriffeligkeit (Heterotristylie) vor, d. h. es gibt 1. Blüten mit langem Griffel, mittlern und kurzen Staubblättern, 2. Blüten mit mittlerem Griffel, langen und kurzen Staubblättern und 3. Blüten mit kurzem Griffel, langen und mittleren Blüten. Das bekannteste Beispiel für trimorphe Blüten ist *Lythrum salicaria* (ausserdem *Oxalis*-Arten, *Colchicum autumnale* und einzelne *Pontederiaceen*).

Bei einer Anzahl von Phanerogamen findet die Bestäubung und Befruchtung innerhalb der geschlossenen bleibenden Blütenknospe statt (kleistogame oder klandestine Blüten); diese Blüten produzieren dennoch meist reichlich Samen. Beispiele: verschiedene Gramineen (*Leersia oryzoides*, *Diplachne serotina*, *Vulpia myurus*, *Bromus secalinus*, *Sieglingia decumbens*, *Aristida*- und *Sporobolus*-Arten), *Juncaceen* (*Juncus bufonius*), verschiedene *Violaceen* (z. B. *Viola mirabilis*), *Cistaceen*, *Malvaceen*, *Cruciferen* (*Cardamine chenopodiifolia*), *Malpighiaceen*, *Polygalaceen*, *Papilionaceen* (*Amphicarpaea monoica*, *Ononis Columnae* und *alopecuroides*, *Lythraceen* (*Ammania*, *Peplis* etc.), *Polemoniaceen* (*Collomia grandiflora*), *Labiaten* (*Lamium amplexicaule*), *Scrophulariaceen*, *Utriculariaceen*, *Polycarpon tetraphyllum*, *Rubiaceen* (*Houstonia*), *Campanulaceen*, *Oxalis acetosella*, *Impatiens noli tangere* usw. Alle kleistogamen Blüten sind als Hemmungsbildungen der offenblütigen (chasmogamen) Formen zu betrachten. Schauapparate, Staubblätter, Pollensäcke etc. sind gewöhnlich stark reduziert (Fig. 272 c, h); auch die Krone kann vollständig fehlen oder stark reduziert sein. Die Antheren besitzen sehr oft nur 2 Pollensäcke und die Pollenkörner keimen in vielen Fällen innerhalb der Anthere. Die Antheren öffnen sich sehr oft nicht (Fig. 272 h), so dass dann die Pollenschläuche durch die Antherenwand hindurchwachsen müssen und dadurch die Staubbeutel mit der Narbe verkleben (Fig. 272 g). Gewöhnlich treten die kleistogamen nur neben chasmogamen Blüten auf; die chasmogamen stehen dann an denjenigen Teilen der Infloreszenz, von denen anzunehmen

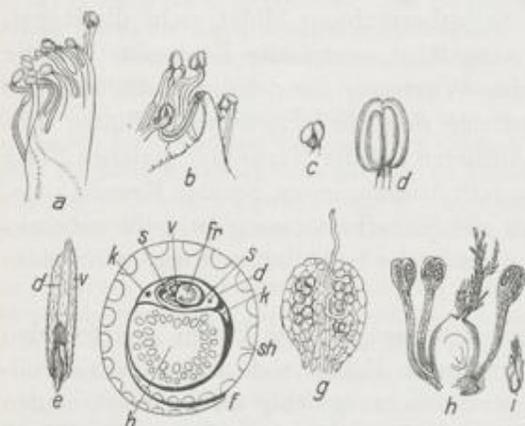


Fig. 272. a Kleistogame Blüte nach Entfernen von Kelch und Krone von *Ononis Columnae*, der Griffel ist noch gerade gestreckt und wird von den Antheren fixiert. Bei b hat sich der Griffel herabbiegen müssen. c Anthere einer kleistogamen, d von einer chasmogamen Blüte. e Kleistogames Aehrchen von *Leersia oryzoides*. f Querschnitt durch die kleistogame Blüte von *Diplachne serotina* mit der sie einschliessenden Scheide (sh) und dem Halm (h). d Deckspelze, k Hüllspelzen, v Vorspelze, fr Fruchtknoten, s Staubgefäss, g Staubbeutel von *Diplachne* mit Pollenschläuchen, welche durch die geschlossen bleibende Antherenwand hindurchtreten. h Kleistogame Blüte von *Diplachne serotina*. i Kleistogame Blüte von *Diplachne serotina*. (Fig. a bis d nach Helene Ritterow, Fig. e bis h nach Schröter).

ist, dass sie am besten ernährt werden. Bei einigen Gräsern (*Leersia*, *Diplachne*) sind die kleistogamen Blüten zwischen Halm und Blattscheide eingeschlossen.

Erfolgt eine Bestäubung oder Befruchtung zwischen den Blüten zweier verschiedener Arten, so spricht man von Bastardierung oder Hybridisation. Bastarde können einerseits auf experimentellem Wege (durch künstliche Bestäubung) erzeugt werden; andererseits bilden sie sich freiwillig in der Natur. In der Gärtnerei ist dieses Verfahren seit Jahrzehnten praktiziert worden; viele der schönsten Blüten- und Blattpflanzen sind auf diesem Wege erzeugt worden, so vor allem viele Begonien, Formen von *Canna Indica*, *Rhododendron*, *Dahlia variabilis*, *Chrysanthemum Indicum*, *Coleus*, *Rosa*, von *Dianthus Caryophyllus*, *Petunia*, *Pelargonium*, *Verbena* und *Cineraria*. Die meisten dieser hybriden Formen führen besondere, oft ganz originelle Namen, so z. B. braunrotlaubige *Canna*-Hybriden: König Humbert I., Stadtrat Heidenreich, Präsident Mayer, Deutscher Kronprinz, Andenken an Fürst Bismarck, Emblematique, Andenken an J. H. Krelage; grünlaubige Sorten: Austria, Italia, Germania, Kaiser Wilhelm, Königin Charlotte, Justizrat Hempel, L. E. Bally, Wilhelm Bofinger, Franz Buchner, Alphonse C. Bouvier etc. Im allgemeinen zeigt es sich, dass Bastarde nur zwischen Arten derselben Gattung vorkommen. Verschiedene Gattungen sind in dieser Hinsicht besonders produktiv, so die Gattungen *Hieracium*, *Cirsium*, *Sempervivum*, *Saxifraga*, *Rubus*, *Rosa*, *Salix*, *Draba*, *Sorbus*, *Potentilla*, *Epilobium*, *Erigeron*, *Verbascum* etc.; andere Gattungen zeigen dagegen sehr wenig Neigung zur Bastardierung. Einige wenige Bastarde sind auch zwischen Arten, welche verschiedenen Gattungen angehören, konstatiert worden, so bei einigen Orchideen (*Platanthera bifolia* × *Gymnadenia conopsea*, *Gymnadenia conopsea* × *Orchis latifolius*, *Gymnadenia odoratissima* × *Nigritella nigra*) und Gramineen (*Calamagrostis epigeios* × *Ammophila arenaria*, *Lolium perenne* × *Festuca pratensis*). Andererseits ist eine Hybridisation zwischen nahe verwandten Arten (z. B. zwischen Apfelbaum und Birnbaum) nicht möglich. Ausser der Nähe der Verwandtschaft (sexuelle Affinität) müssen aber noch andere Faktoren mitwirken. Die durch Befruchtung zweier verschiedener Arten entstandene Pflanze, der Mischling, Bastard oder Blendling, zeigt in seinen Eigenschaften (Blattform, Blüten-

farbe, Blattanatomie, Blütezeit) eine Mischung der Eigenschaften der beiden Stammpflanzen; doch können auch neue Eigenschaften auftreten. Bastarde sind oft kräftiger entwickelt als die Stammarten und zeigen eine gesteigerte Variabilität ihrer Nachkommen. Es hat sich gezeigt, dass bezüglich der Kombinationen der Merkmale und des Verhaltens derselben in den verschiedenen Generationen sich folgendes feststellen liess (nach Mendel, Tschermack): Gewisse Merkmale besitzen eine gesetzmässige Verschiedenheit für die Vererbung und kommen an den

Hybriden nur abwechselnd zur Ausprägung, die einen sind dominierend, die anderen recessiv oder latent. Die Zahl der Träger des einen dominierenden und des andern recessiven Merkmals steht in einem für jede Generation bestimmten Verhältnis. Die Träger des recessiven Merkmals sind durchweg, die des dominierenden Merkmals zu 33,3% samenbeständig. Bekannte Farbenbastarde sind z. B. *Medicago falcata* × *M. sativa*, *Ribes aureum* × *R. sanguineum*, *Geum urbanum* × *G. rivale*. Hinsichtlich der Blattform lassen ihre Bastardnatur deutlich erkennen: *Sorbus aria* × *aucuparia*,

Senecio alpinus × *S. Jacobaea*, *Saxifraga aizoon* × *S. geum* (Fig. 273), *Potentilla alba* × *P. micrantha* (Fig. 274) etc. Bei *Rhododendron hirsutum* × *R. ferrugineum* hält der Bastard in der Zahl und Form der Drüschuppen die Mitte zwischen den beiden Stammformen. Es hat sich gezeigt, dass bei den Bastardformen die Pollenkörner oft sehr mangelhaft (steril) ausgebildet sind. In der Praxis werden deshalb Hybride häufig auf vegetativen Wegen durch Stecklinge vermehrt. Ausserdem sind dadurch weitere

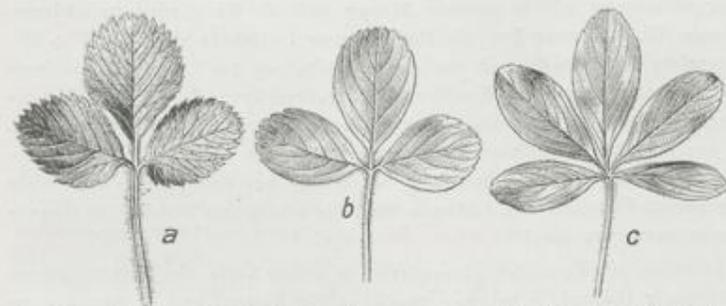


Fig. 274. a Blatt von *Potentilla micrantha*, c von *Potentilla alba*, b vom Bastard.

Komplikationen möglich, dass der Bastard wiederum mit einer dritten Pflanze gekreuzt werden kann (Tripelbastarde). Ausser Artbastarden und Bastarden zwischen nahestehenden Gattungen gibt es auch Varietätenbastarde (Erbse, Bohne, Mais, Levkoje etc.).

Auch durch Pfropfung können gelegentlich Bastardformen (Pfropfbastarde) erzeugt werden. In einzelnen Fällen können dann auch Eigenschaften des Pfropfreises auf die Unterlage oder umgekehrt übertragen werden (*Cytisus Adami*, angeblich auch Birne und Weissdorn, *Abutilon*-Formen, Kartoffel-Sorten).

Mit Rücksicht auf die Bestäubungsvermittler lassen sich die Pflanzen in Wasserblütler (*Hydrophilae*), Windblütler (*Anemophilae*) und in Tierblütler (*Zooidophilae*) gruppieren. Die Fremdbestäubung der Gymnospermen geschieht durch den Wind (alle sind narbenlos, *astigmaticae*), die der Angiospermen durch Tiere (vor allem durch Insekten), nicht selten auch durch Wind und in vereinzelt Fällen durch das Wasser.

Gänzlich unrichtig wäre es anzunehmen, dass alle Wasserpflanzen zu den Wasserblütlern gehören. Ein Teil der phanerogamen Wasserpflanzen wird durch den Wind (*Potamogeton*), ein anderer durch Insekten bestäubt. Auch unter den eigentlichen Wasserblütlern müssen wir zwei besondere Typen unterscheiden. Bei den einen erfolgt die Bestäubung unter Wasser, bei den andern an der Wasseroberfläche. Zu der ersten Gruppe gehören *Najas*, *Zostera*, *Posidonia*, *Halodule*, *Ceratophyllum* etc. Die Blüten sind ausserordentlich einfach gebaut; Lockmittel (Nektar, Färbung der Blütenhülle) irgendwelcher Art fehlen vollkommen. Fremdbestäubung wird durch Dioecie (*Cymodocea*, *Najas marina*), Monoecie (*Najas minor*, *flexilis*) und Proterogynie (vgl. pag. CXXI) gesichert. Die ursprünglich kugeligen Pollenkörner besitzen Reservestoffe (Stärkekörner) und wachsen bereits in den Antheren zu schlauchförmigen Gebilden (*confervoider* Pollen) aus, die dann entweder auf dem Wasser schweben oder allmählich in die Tiefe sinken, um hier von der band- oder fadenförmigen Narbe in Empfang genommen zu werden. Die Exine, welche im allgemeinen die Pollenkörner gegen Nässe schützen soll, ist zuweilen nicht ausgebildet (fehlt z. B.

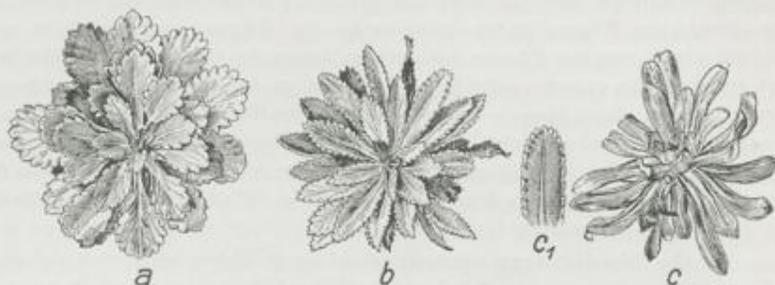


Fig. 273. Blattrosetten von *Saxifraga geum* (a), *S. aizoon* (c) und dem Bastard (b), c Blattspitze von *Saxifraga aizoon* (vergrössert) mit Kalkschüppchen.

bei Najas), da sie ja auch ganz wertlos wäre. Zur zweiten Gruppe gehört neben *Ruppia* vor allem *Vallisneria spiralis*, deren eigentümlicher Bestäubungsvorgang schon seit Jahrhunderten bekannt ist. Die männlichen Blüten der dioecischen Pflanze sitzen am Grunde der Pflanze und sind kurz gestielt. Später lösen sich einzelne Blütenknospen von der Pflanze los und gelangen an die Oberfläche des Wassers. Die Antheren öffnen sich und entlassen die grossen, sehr klebrigen, stets zu mehreren zusammenhängenden Pollenkörner, welche auf die inzwischen auf einem langen Stiele gleichfalls an die Oberfläche gekommene Narbe der weiblichen Blüte gelangen. Die Bestäubung wird durch das Wasser bezw. Luftströmungen vermittelt. Später rollt sich der Blütenstiel spiralförmig auf, er wird kürzer und die Früchte reifen unter Wasser aus (vgl. Bd. I, pag. 162, Fig. 75). Hier ist streng genommen neben dem Wasser auch der Wind beteiligt, weshalb *Vallisneria* als eine Uebergangsform zur folgenden Gruppe aufgefasst werden kann.

Die Windblüher zeichnen sich durch kleine, unscheinbare, meist sehr zahlreiche Blüten aus, die niemals Honig absondern und keine ätherischen Düfte erzeugen. Entweder sind die Blüten nackt oder die Blütenhülle ist klein und unscheinbar, niemals aber auffallend bunt gefärbt. Die Staubbeutel sitzen gewöhnlich auf langen, dünnen Filamenten, die durch den leisesten Windstoss erschüttert werden und ihren Pollen ausfallen lassen. In andern Fällen sind die einzelnen Blüten (*Rumex*, *Acer negundo*), die Aehrchen (*Briza*) oder die ganzen Blütenstände (Kätzchen von Erlen, Pappeln, Eichen, Birken) sehr leicht beweglich, indem die Blütenstiele oder die Achsen der Blütenstände sehr dünn und lang, oft fadenförmig ausgebildet sind. Bei verschiedenen *Moraceen* und *Urticaceen* (*Broussonetia papyrifera*, *Morus*, *Urtica*, *Pilea* [= Bombardierpflanze], *Parietaria*) schnellen die einwärts gebogenen Staubfäden beim Entfallen der Perigonblätter federartig los und schleudern plötzlich eine ganze Masse von Pollen in die Luft. Sämtliche Windblüher entwickeln reichlich kleine, leichte und glatte Pollenkörner, die bei schlechter Witterung oft in grosser Menge auf die Erde niedergeschlagen werden („Schwefelregen“). Bei verschiedenen Koniferen tragen die Pollenkörner Luftsäcke (Taf. 12, Fig. 15). Eine Reihe von anemophilen Pflanzen blüht zeitig im Frühjahr, oft vor der Entwicklung des Laubes (Kätzchenträger). Windblütig sind vor allem die Gräser, Scheingräser, Koniferen, Kätzchenträger, *Juncaceen*, *Plantaginaceen*, die Gattungen *Mercurialis*, *Rumex*, *Sanguisorba*, aber auch *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Sparganium*, *Hippuris*, *Cannabis*, *Urtica* etc. Auch in solchen Familien, deren Angehörige in der Regel Insektenbestäubung aufweisen, sind einzelne Arten bezw. Gattungen windblütig, so unter den Kompositen *Artemisia vulgaris*, unter den *Ranunculaceen* die Wiesenrauten (*Thalictrum*). Ebenso sind die arktischen Weiden im Gegensatz zu den Weiden der südlicheren Länder teilweise anemophil.

Für die tierblütigen Pflanzen kommen als Bestäubungsvermittler in erster Linie die Insekten (entomophile Blüten), seltener auch Vögel (ornithophile Blüten), Schnecken (malakophile Blüten) und in vereinzelt Fällen Fledermäuse in Betracht. Alle tierblütigen Pflanzen besitzen lebhaft gefärbte Teile, die man als Schaulapparate zusammenfasst und lenken ausserdem durch Duft und Honig die Aufmerksamkeit der Besucher auf sich. Vögel kommen nur in den Tropen und Subtropen als Bestäubungsvermittler in Frage. Der Nektar ist tief geborgen und deshalb nur von Vögeln mit langen und dünnen Schnäbeln zu erreichen. Im tropischen Amerika sind es die Kolibris (*Trochilidae*), im mittlern tropischen und südlichen Afrika die Honigvögel (*Nectarinidae*). Unter den ornithophilen Blumen herrscht die rote Farbe vor; sehr oft sind es auch die bunten Staubblätter, welche die Anlockung der Vögel besorgen. Wie unsere einheimischen Insekten sind die Kolibris an bestimmte Blüten gebunden. Lang- und kurzschnebelige Kolibris lassen sich unterscheiden, ebenso — unsern Tag- und Nachtfaltern entsprechend — solche Kolibris, welche nur am Tage oder nur bei einbrechender Dunkelheit die betreffenden Blüten aufsuchen. Beispiele: *Canna*, *Fuchsia longiflora*, *Tecoma radicans*, *Salvia splendens*, *Lobelia cardinalis*, *Erythrina crista galli*, *Abutilon*, *Datura arborea*, *Strelitzia reginae*, *Marcgraviaceen* etc. Schnecken (Land- und Wasserschnecke) kommen wohl gelegentlich, jedoch kaum ausschliesslich als Kreuzungsvermittler in Betracht. Wenn die Tiere über Blüten kriechen, können sie mit Hilfe ihrer schleimigen Füsse Pollen von einer Blüte auf eine andere verschleppen. Zu den Schneckenblütlern gehören vor allem die *Lemnaceen* (diese sind vielleicht überhaupt reine Schneckenblütlern), einzelne *Araceen* (*Calla*), *Phyteuma*-Arten, Kompositen etc. Weit aus die Mehrzahl (wenigstens in unserer einheimischen Flora) der Pflanzen werden von Insekten (Entomophile Blüten) bestäubt. Neben der Blütenfarbe ist in vielen Fällen der Duft und der Nektar als wirksames Lockmittel. Um die Gesamtwirkung zu steigern, sind häufig Blütenduft, Nektar und Farbe in der gleichen Blüte vereinigt. Für weitere Entfernungen ist es wohl der Geruch, welcher die Insekten anlockt, während für kleinere Entfernungen (1 bis 2 m) die Farbe der Blüte ausschlaggebend ist. Verschiedene Insektengruppen haben eine grosse Vorliebe für bestimmte Farben. So liebt z. B. die Honigbiene Dunkelblau, Violett, Hellblau und unter Umständen auch Rot, wobei allerdings nicht angenommen werden darf, dass nicht gelegentlich auch eine weisse oder gelbe Blume besucht wird. In den meisten Fällen kommen Pollen und Honig nebeneinander in der Blüte vor. Immerhin gibt es Pflanzen, die den Insekten nur Pollen, jedoch keinen Nektar darbieten können. Die Pollenblumen sind sehr einfach gebaut (meist regelmässig, aktinomorph) und deshalb für alle Insekten zugänglich. Wie bei den anemophilen Blüten, wird stets viel Pollen produziert. Als weitere Merkmale der Pollenblumen sind die zahlreichen Antheren,

das Fehlen besonderer Bestäubungsvorrichtungen, das Fehlen von Nektar und Duft, sowie die grellen Farben oder Farbenkontraste der meist grossen Blütenblätter (Feuermohn im gelben Aehrenfeld) zu erwähnen. Beispiele von Pollenblumen: *Verbascum*-Arten, *Helianthemum vulgare*, *Anemone hepatica*, *Clematis*, *Glaucium flavum*, *Adonis vernalis*, *Hypericum perforatum*, *Rosa* etc. Von dem Pollen der Windblütler unterscheidet sich der Pollen der tierblütigen Pflanzen vor allem dadurch, dass die einzelnen Körner meist sehr gross sind und dass die Oberfläche feucht und klebrig, sowie mit eigentümlichen Höckern, Warzen und Vorsprüngen besetzt ist. Dadurch bleiben die Pollenkörner an dem Insektenkörper leicht haften.

Die Nektarblumen, die sich sonst in der Ausbildung der Blüten voneinander wesentlich unterscheiden, haben alle das gemeinsame, dass sie Nektar produzieren. Verschiedene Formen zeigen deutlich, wie Blumen und Insekten sich allmählich aneinander angepasst haben. Bei der niedrigsten Stufe der Nektarblumen tritt der Honig offen zutage (Umbelliferen, Saxifragaceen, Amelanchier, Rhamnus, Ribes, Galium verum, *Draba aizoides*, *Veratrum album*, *Hedera helix*, *Helleborus*, Galium, *Anthericum*, *Ruta*), während er bei anderen Blüten halb bis vollständig verborgen ist. In einzelnen Fällen ist der Nektar den Insekten nur zu gewissen Zeiten zugänglich, d. h. wenn die Blüten vollständig geöffnet sind. Beim Sauerdorn (*Berberis*) sind die Staubblätter reizbar; auf der Oberseite des Staubfadens befinden sich Fühlpapillen, so dass die Staubblätter bei Berührung durch ein Insekt plötzlich gegen den Fruchtknoten einwärts schnellen. Dabei wird das Tier mit einer Menge von Blütenstaub eingepudert, den es dann auf eine andere Blüte verschleppt. Im allgemeinen zeigt es sich, dass Blüten mit den vollkommensten Bestäubungseinrichtungen und mit völlig verborgenem Honig vor allem von langrüsseligen Bienen, Hummeln und Faltern aufgesucht werden, während Fliegen, Mücken, Käfer, kurzrüsselige Bienen und Wespen hier zurücktreten. Der Honig, eine meist süsslich schmeckende Flüssigkeit, sammelt sich häufig im Grunde der Blüte an; sehr oft wird er in besonderen Behältern (Honiggruben oder Nektarien) abgeschieden (vgl. Fig. 217). Oft zeigt eine farbige Zeichnung der Perigonblätter (Honig- oder Saftmal) den Weg zum Honigbehälter an (*Dianthus*-Arten, *Viola tricolor*, *Linaria alpina*, *Teucrium*- und *Stachys*-Arten etc.). Entweder tritt der Honig auf osmotischem Wege an die Oberfläche oder er wird aus besonderen Spalten, die Ähnlichkeit mit den Spaltöffnungen der grünen Laubblätter haben, abgeschieden. Die Lage der Honiggrube steht mit der Bestäubungseinrichtung der betreffenden Blüte in engem Zusammenhang. Im allgemeinen ist der Honig nur denjenigen Insekten zugänglich, welche durch ihren Körperbau geeignet sind die Bestäubung auszuführen. Sehr oft bemerkt man, dass sog. „Honigräuber“ die Blüten am Grunde von aussen her anbohren, den Honig herausholen, aber für die Bestäubung vollständig belanglos sind. Nach den Insekten, welche die Uebertragung des Pollens besorgen, lassen sich Falter-, Fliegen-, Bienen-, Wespen- und Hummelblumen unterscheiden.

Die Falterblumen werden besonders durch langrüsselige Schmetterlinge bestäubt. Der Zugang zum Honig führt durch enge Röhren oder der Nektar liegt in einem Sporn (*Platanthera*, *Cephalanthera*, *Viola calcarata*), so dass er von kurzrüsseligen Insekten nicht geholt werden kann. Da die Blüten (Türkenbundlilie) oft nach abwärts gerichtet sind, müssen die Schmetterlinge den Honig im Schweben saugen. Die Falterblumen lassen sich in Tagfalter- und Nachtfalterblumen gruppieren. Die Tagfalterblumen sind bunt gefärbt; rote, blaue oder violette Farben — die Lieblingsfarben der Tagschmetterlinge — dominieren. Hierher gehören: *Dianthus superbus*, *barbatus*, *caesius* und *Carthusianorum*, *Trifolium rubens*, *Melandrium rubrum*, *Lychnis flos Jovis*, *Lilium martagon* (Taf. 61, Fig. 1), *Daphne striata*, verschiedene Orchideen mit langem Honig-Sporn, *Centranthus ruber*, *Viola calcarata* und *cornuta*, verschiedene Enziane (*Gentiana verna*, *nivalis*, *Bavarica*) etc. Im Gegensatz dazu sind die Nachtfalterblumen bedeutend weniger lebhaft gefärbt, sehr oft von blasser (tristis) oder unscheinbarer Färbung; die Blüten welken nicht selten am Tage. Dafür sind sie durch aromatische Gerüche ausgestattet, die sich in der Nacht verstärken können. Beispiele: *Silene nutans* und *inflata*, *Narcissus poeticus*, *Mirabilis longiflora*, *Platanthera*, *Lonicera periclymenum* und *caprifolium*, *Saponaria officinalis*, *Nicotiana longiflora*, *Datura stramonium*, *Convolvulus sepium* usw. Vor allem sind es Sphingiden (*Macroglossa*, *Sphinx*), welche die Bestäubung der Nachtfalterblumen ausführen.

Unter den Fliegenblumen beanspruchen vor allem die Kesselfallenblumen (*Aristolochia*, *Asarum*, *Cypripedium*, *Arum maculatum*) grösseres Interesse. Durch besondere Einrichtungen können die Tierchen (kleine Mücken) in die kesselartigen Erweiterungen gelangen. Ein frühzeitiges Entweichen wird ihnen durch die sog. Reusenhaare unmöglich gemacht. Erst später, nachdem die Tierchen mit Pollen beladen sind, welken die Reusenhaare und schaffen einen freien Ausgang. Zu den Schwebefliegenblumen mit zierlichen und zarten Zeichnungen gehören verschiedene *Veronica*-, *Moehringia*- und *Circaea*-Arten. Ekelblumen, von unangenehmem Geruch und trüber Färbung werden von Kotfliegen besucht. Beispiele: *Stapelia*, *Saxifraga geum*, *Viola biflora*. Die Kesselfallenblumen werden gleichfalls von kleinen Fliegen besucht. Die Blüten sind kompliziert gebaut und am Narbenkopf mit Drüsengebilden (Klemmkörpern) versehen, welche dem Rüssel oder den Beinen der sie besuchenden Insekten anhaften und beim Abfliegen der Insekten vom Narbenkopf lostrennt — zugleich samt den mit ihnen verbundenen Pollinien (vgl. Fig. 229) — nach anderen Blüten hingetragen werden. Beispiel: *Vincetoxicum*.

Die Zahl der Bienen-, Wespen- und Hummelblumen ist in unserer einheimischen Flora eine sehr grosse. Ebenso gross ist auch die Mannigfaltigkeit der Bestäubungseinrichtungen, von denen einige (*Salvia* pag. CXXXVI

und Orchideen pag. CXXV) bereits früher besprochen worden sind. Die Wespenblumen enthalten in bauchigen Höhlungen reichlich Nektar und sind trüb bräunlich oder weisslich gefärbt. Beispiele: Scrophularia, Cotoneaster, Symphoricarpos, Lonicera alpigena (Fig. 212d). Bei den Bienenblumen ist der Nektar mehr oder weniger versteckt, jedoch durch den Rüssel der Honigbiene erreichbar. Beispiele: Nigella, Corydalis cava, Antirrhinum, viele Leguminosen (Trifolium, Ononis, Lotus, Melilotus), Orchis-Arten, Symphytum officinale, Lathraea squamaria, Lamium album, Stachys, Teucrium, Hieracium aurantiacum, der borstige Bienenfreund (Phacelia tanacetifolia), eine einjährige Hydrophyllacee aus Kalifornien, die bei uns neuerdings von Bienenzüchtern angebaut wird. Bei den Hummelblumen ist der Nektar durch den Rüssel der Hummeln, der etwas länger als der der Bienen ist, erreichbar. Beispiele: Iris pseudacorus, Aconitum, Aquilegia, Delphinium, Cerinthe maior, Polygonatum officinale, Brunella, Gentiana cruciata, Digitalis purpurea, Campanula, Antirrhinum maius. In Gegenden, wo die betreffenden Bestäubungsvermittler fehlen, bleibt die Befruchtung aus. Dies wurde z. B. auf Neu-Seeland beim Rotklee beobachtet, der erst dann reichlich zu fruktifizieren begann, nachdem Bienen und Hummeln importiert wurden. Zahlreiche Pflanzen werden gleichzeitig von verschiedenen Insekten besucht, so z. B. viele Kompositen zugleich von Faltern, kurzrüsseligen Fliegen und langrüsseligen Bienen. Bei verschiedenen Kompositen (Centaurea) sind die Staubfäden reizbar und kontrahieren sich bei Berührung (z. B. durch einen Insektenstich). Dadurch wird der Staubbeutelzylinder nach abwärts geführt, der Pollen aber oben hinausgefegt, so dass er am Körper des Insektes hängen bleibt. Bei den Umbelliferen liegt der Honig vollkommen offen da und ist allen Insekten zugänglich.

Die Bestäubung ist eine notwendige Vorbedingung für die Befruchtung. Sind die Pollenkörner durch irgend einen Bestäubungsvermittler auf die Narbe gelangt, so fängt das Pollenkorn an auszukeimen; es wird zu einem schlauchartigen Gebilde (Pollenschlauch). Bei den Angiospermen muss der Pollenschlauch, um zu den Eizellen zu gelangen, durch das Gewebe der Narbe, des Griffels und durch

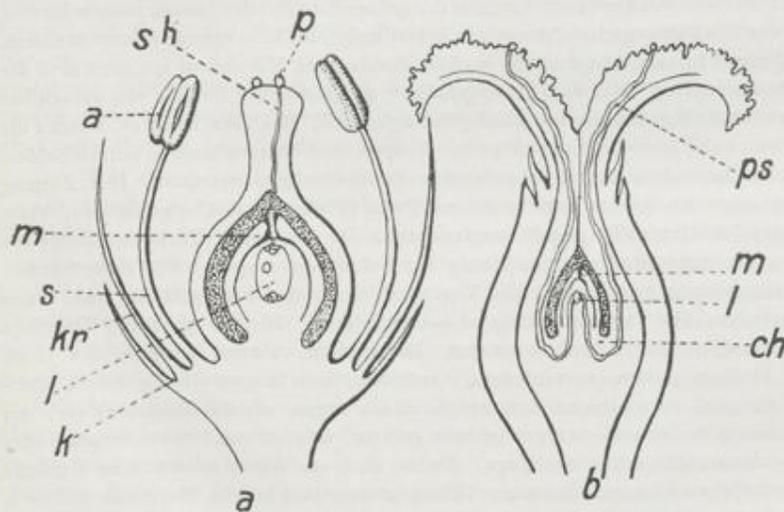


Fig. 275. Schematischer Längsschnitt durch eine Angiospermenblüte. a Porogamie. k Kelch, kr Krone, s Staubblatt, m Mikropyle, p Pollenkorn, sh Pollenschlauch, l Embryosack. b Chalazogamie (Juglans). ps Pollenschlauch, ch Chalaza.

einen Teil des Fruchtknotens hindurchwachsen. Da bei den Gymnospermen Narbe und Griffel nicht ausgebildet sind, gelangen hier die Pollenkörner direkt auf die Samenanlagen und zwar nicht selten durch die Mikropyle in die sog. „Pollenkammer“, welche eine Ausbuchtung des Nucellus darstellt. Bei der Mehrzahl der Angiospermen verlässt der Pollenschlauch das Gewebe des Griffels und wächst auf dem nächsten Wege — oft Lufträume überbrückend — direkt nach der Mikropyle der Samenanlage zu (Porogamie). In andern Fällen wächst er im Gewebe des Fruchtknotens weiter und erreicht erst auf Umwegen die Eizelle (Aporogamie). In einzelnen Fällen von Aporogamie gelangt der Pollenschlauch durch das Integument (Sibbaldia, Cucurbita), in andern [Chalazogamie, Fig. 275b] von unten her durch die Chalaza zur Eizelle (Juglans, Corylus, Betula, Ulmus, Celtis occidentalis, Bryonia dioica, Casuarinen). Die Zeit, welche der Pollenschlauch braucht um den Weg bis zur Mikropyle und zum Nucellus zurückzulegen, ist verschieden gross (bei Crocus 24 bis 72 Stunden, bei Orchideen mehrere Tage, Wochen bis Monate). Soll eine Befruchtung stattfinden, so müssen sich in der Samenanlage, deren Bau auf pag. CXXX genauer beschrieben worden ist, verschiedene Vorgänge abspielen. Die Samenanlage besteht zunächst nur aus dem Knospkern (nucellus). Entwicklungsgeschichtlich ist er als Makrosporangium aufzufassen und gliedert sich bald in die Wand und in ein zentrales Gewebe

ein Teil des Fruchtknotens hindurchwachsen. Da bei den Gymnospermen Narbe und Griffel nicht ausgebildet sind, gelangen hier die Pollenkörner direkt auf die Samenanlagen und zwar nicht selten durch die Mikropyle in die sog. „Pollenkammer“, welche eine Ausbuchtung des Nucellus darstellt. Bei der Mehrzahl der Angiospermen verlässt der Pollenschlauch das Gewebe des Griffels und wächst auf dem nächsten Wege — oft Lufträume überbrückend — direkt nach der Mikropyle

na
Z
sp
sp
P
E
w
E
in
g
B
so
d
bi
S
R
tr
ül
g
k

Fi
T
na
go
a
sch
Po
vo
de
Ke
Sp
s

(Archiespor), welches nach aussen hin der Tapetenschicht homologe Zellschichten und nach innen das sporogene Gewebe erzeugt. Eine von diesen in dem Nucellus gebildeten Zellen des sporogenen Gewebes erfährt eine ganz besonders starke Ausbildung. Sie entspricht der Makrospore der heterosporen Pteridophyten und entwickelt sich bei den Angiospermen zum Embryosack (Keimsack). Bei den Gymnospermen dagegen liefert sie ein dem Prothallium homologes Gewebe (primäres Endosperm), welches Archegonien ausbildet. Der Embryosack der Angiospermen repräsentiert ursprünglich eine einzige plasmareiche Zelle, welche vom Nucellargewebe rings umgeben wird und einen (einigen Zellkern (primärer Endospermkern) aufweist. Durch Teilungen des Zellkernes sind in einem späteren Stadium im Embryosack 8 Kerne nachzuweisen, von denen zwei (die beiden Polkerne, Fig. 277 p₁, p₂), gegen die Mitte des Embryosackes vorrücken und dort nicht selten vor oder nach der Befruchtung zu einem einzigen Kerne (sekundärer Embryosackkern, Zentralkern) verschmelzen. Die übrigen 6 Kerne umgeben sich mit Protoplasma und wandern zu je 3 nach den Polen hin. Diejenigen drei Zellen, welche an der der Mikropyle zugekehrten Seite liegen, bilden den Eiapparat und bestehen aus der Eizelle und den beiden Gehilfinnen oder Synergiden (Fig. 277 d, s). Diese letzteren spielen beim Befruchtungsvorgang insofern eine Rolle als sie chemotaktisch das Wachstum der Pollenschläuche beeinflussen und den Uebertritt des Spermias aus dem Pollenschlauch in das Ei vermitteln. Die drei Zellen am gegenüberliegenden Pole sind der Chalaza zugewendet und werden Gegenfüßler oder Antipoden genannt. Sie repräsentieren vielleicht die letzten Reste eines Prothalliums. Den Antipoden kommt wahrscheinlich für den Embryosack bzw. den Embryo eine gewisse ernährungsphysiologische Bedeutung zu, indem sie die Zuleitung von Baustoffen aus dem benachbarten Nucellargewebe vermitteln. An Stelle der Antipoden können haustorienartige Auswüchse des Embryosackes treten, die in die Plazenta oder in das Nucellargewebe eindringen.

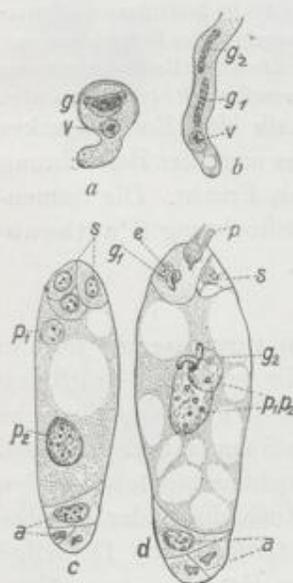


Fig. 277. Befruchtungsvorgang bei *Tulipa Gesneriana* (Fig. a und b nach Guignard) und *Lilium martagon* (Fig. c und d nach Ernst) a Pollenkorn mit jungem Pollenschlauch (p). b Spitze eines älteren Pollenschlauches. c Embryosack vor der Befruchtung. d Im Moment der Befruchtung. v vegetativer Kern, g generative Zelle, g₁ und g₂ Spermakörper, p Pollenschlauch, s Synergiden, e Eizelle, a Antipoden, p₁ und p₂ Polkerne.

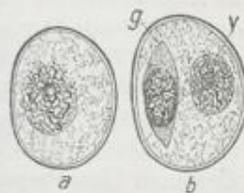


Fig. 276. Pollenkörner von *Lilium martagon* (im optischen Durchchnitt). a reifes Pollenkorn, b Dasselbe mit vegetativer (v) und generativer (g) Zelle. Nach Guignard.

Abweichungen von diesem typischen Verhalten sind mehrfach konstatiert worden. So können z. B. mehr als 8 Zellen im Embryosack auftreten (Gunnera, Peperomia, Balanophoraceen), die Antipoden können fehlen (Limncharis, Balanophoraceen) oder sehr frühzeitig verschwinden (Salix, Colchicum).

Schliesslich gibt es auch Beispiele, wo mehr als 3 Antipodenzellen auftreten, so bei Kompositen, Gentiana, Triglochin (bis 14), bei Gramineen (bis 36) usw. Bei Lorantheaceen wächst der Embryosack aus dem Nucellus bzw. aus der Mikropyle heraus.

In einem reifen, ursprünglich einzelligen Pollenkorn lassen sich bereits in der Anthere oder später auf der Narbe des Fruchtknotens zwei Zellen nachweisen. Eine kleine generative Zelle (Fig. 276 b, g) ist anfänglich durch eine Plasmahaut von der vegetativen Zelle (v) getrennt. Bald wird diese Membran aufgelöst, so dass dann die generative Zelle (respektive der generative Kern) frei im Plasma der vegetativen Zelle liegt. In dem Pollenschlauch teilt sich nun der generative Kern weiter in zwei Kerne (generative Kerne oder Spermakörper), die einander unmittelbar folgen (Fig. 277 b). Nachdem der Pollenschlauch durch die Mikropyle zur Samenanlage vorgedrungen, erfolgt die eigent-

liche Befruchtung. Sie besteht darin, dass die beiden generativen Kerne, die beim Eindringen oft wurmförmige Gestalt annehmen, sich mit den Kernen des Embryosackes vereinigen (Fig. 277d). Der eine der beiden Spermakörper (g_1) verschmilzt mit der empfängnisfähigen Eizelle, der andere (g_2) mit den beiden Polkernen (p_1 p_2) bzw. mit dem sekundären Embryosackkern, sofern die Vereinigung der beiden Polkerne bereits früher erfolgt ist. Der vegetative Kern oder Schlauchkern (v) wird bereits vor der Befruchtung im Pollenschlauch aufgelöst und resorbiert. Die Befruchtung ist nun vollzogen. Dadurch, dass die befruchtete Eizelle fortgesetzt Teilungen erfährt, geht aus ihr allmählich der Keimling oder Embryo hervor. Durch freie Zellbildung entsteht aus dem sekundären Embryosackkern allmählich ein parenchymatisches Gewebe (Endosperm), das ein Nährgewebe darstellt und von dem heranwachsenden Embryo aufgezehrt wird (vgl. pag. XLVIII). Antipoden und Synergiden gehen bald zugrunde. Ebenso wird das Nucellargewebe im allgemeinen resorbiert; bleibt es erhalten, so wird es als Perisperm bezeichnet.

Bei den Angiospermen wird also im Gegensatz zu den Gymnospermen das Endosperm erst nach erfolgter Befruchtung ausgebildet. Lage, relative Grösse und Gestalt des Embryos sind bei den einzelnen Pflanzenfamilien ausserordentlich verschieden, weshalb sie in der systematischen Botanik vielfach als Charaktermerkmale der Familien etc. Verwendung finden. Die oben geschilderte Doppelbefruchtung ist bis jetzt erst bei verhältnismässig wenigen Familien der Angiospermen (Liliaceen, Orchideen, Ranunculaceen, Kompositen) nachgewiesen worden; es ist aber anzunehmen, dass sie bei den Angiospermen weiter verbreitet ist. Bei den Gymnospermen und Archegoniaten findet sich kein Analogon dazu. Ausnahmsweise können auch Embryonen aus Synergiden (Iris, Najas, Mimosa), aus Nucellarzellen (Hosta, Colchicum, Citrus), aus Antipoden (Allium odorum) oder aus Endospermzellen (Balanophora) hervorgehen. Embryobildung ohne vorhergegangene Bestäubung und Befruchtung wird als jungfräuliche Zeugung oder Parthenogenesis bezeichnet und ist schon mehrmals konstatiert worden (bei Alchemilla-Arten, Thalictrum purpurascens, Antennaria alpina, Taraxacum- und Hieracium-Arten, Elatostema, Gunnera Chilensis, Dorstenia, Wikstroemia Indica, Ficus hirta, Mercurialis annua [nur weibliche Individuen werden erzeugt] etc.). Wie bei niedern Insekten (Blattläusen etc.) von dem Weibchen ohne vorausgegangene Befruchtung entwicklungsfähige Eier erzeugt werden können, bilden sich auch bei einzelnen Pflanzen gelegentlich ohne Bestäubung Samen aus. In der Regel gelangt in einem Nucellus nur ein einziger Keimling zur Ausbildung, seltener mehrere (Polyembryonie).

Durch den Befruchtungsvorgang werden auch die ausserhalb des Embryosackes gelegenen Gewebepartien zu weiterem Wachstum angeregt. Alles was nach der Befruchtung (oder wenigstens mit der Samenreife) hervorgeht, bezeichnet man als Frucht. Die Samenanlage wird zum Samen (vgl. pag. XLIX). Fruchtbildung ohne Befruchtung (Parthenocarpie) ist bei Obstbäumen und bei der Gurke konstatiert worden.

Die Frucht.

Unter Frucht (fructus) versteht man im strengen Sinne den vergrösserten und in seiner Beschaffenheit veränderten Fruchtknoten, dessen Ausbildung die erfolgte Befruchtung zur Voraussetzung hat. An der Frucht lassen sich Fruchtwand (Perikarp), welche die durch Wachstum veränderte Fruchtknotenwand darstellt und die Samen unterscheiden. Allerdings gibt es auch taube Früchte und Samen oder einzelne Fruchtknotenfächer bilden sich nicht aus (Valeriana, Tilia). Nicht allzu selten sind an der Ausbildung der Früchte noch andere Teile der Blüte etc. beteiligt (Blütenachse, Hochblätter, Griffel usw.) Derartige Früchte werden dann als Scheinfrüchte (vgl. pag. CLI) den echten Früchten gegenübergestellt. Eine strenge Scheidung zwischen beiden Gruppen ist aber nicht durchzuführen. Eine Scheinfrucht ist z. B. streng genommen jeder unterständige Fruchtknoten, da hier ausser den Fruchtblättern noch die hohle Blütenachse an der Fruchtbildung teilnimmt. Wenn eine Blüte mehrere Fruchtknoten enthält, so kann sich jeder derselben zu einem Früchtchen ausbilden (Aquilegia, Caltha [Fig. 236], Ranunculus [Fig. 235a], Sparganium [Fig. 235b], Rubus [Fig. 286i], Illicium); alle Früchtchen einer Blüte bilden dann zusammen eine Sammelfrucht (Syncarpium). An die Sammelfrüchte (Coenocarpium) erinnern auch diejenigen Fruchtstände, die aus Infloreszenzen hervorgehen und deren Einzelfrüchte dicht gedrängt auf gemeinsamer Achse stehen

(Ficus [Fig. 286a], Ananas [Fig. 286e], Dorstenia Fig. 286b). Entsprechend ihrer Aufgabe — Sicherung und Verbreitung der Samen — sind die Früchte äusserst mannigfaltig gebaut und zeigen zahlreiche Schutz- und Verbreitungsmittel. Nach der Beschaffenheit der Fruchtwand lassen sich vier verschiedene Fruchtarten unterscheiden. Bei den Kapsel- oder Springfrüchten sowie bei den Nuss- oder Schliessfrüchten bleibt die Fruchtwand trocken und ist unansehnlich gefärbt (Trockenfrüchte), während bei den Beeren und bei den Steinfrüchten entweder die ganze Fruchtwand oder doch die äusseren Teile derselben fleischig werden und gewöhnlich auf-

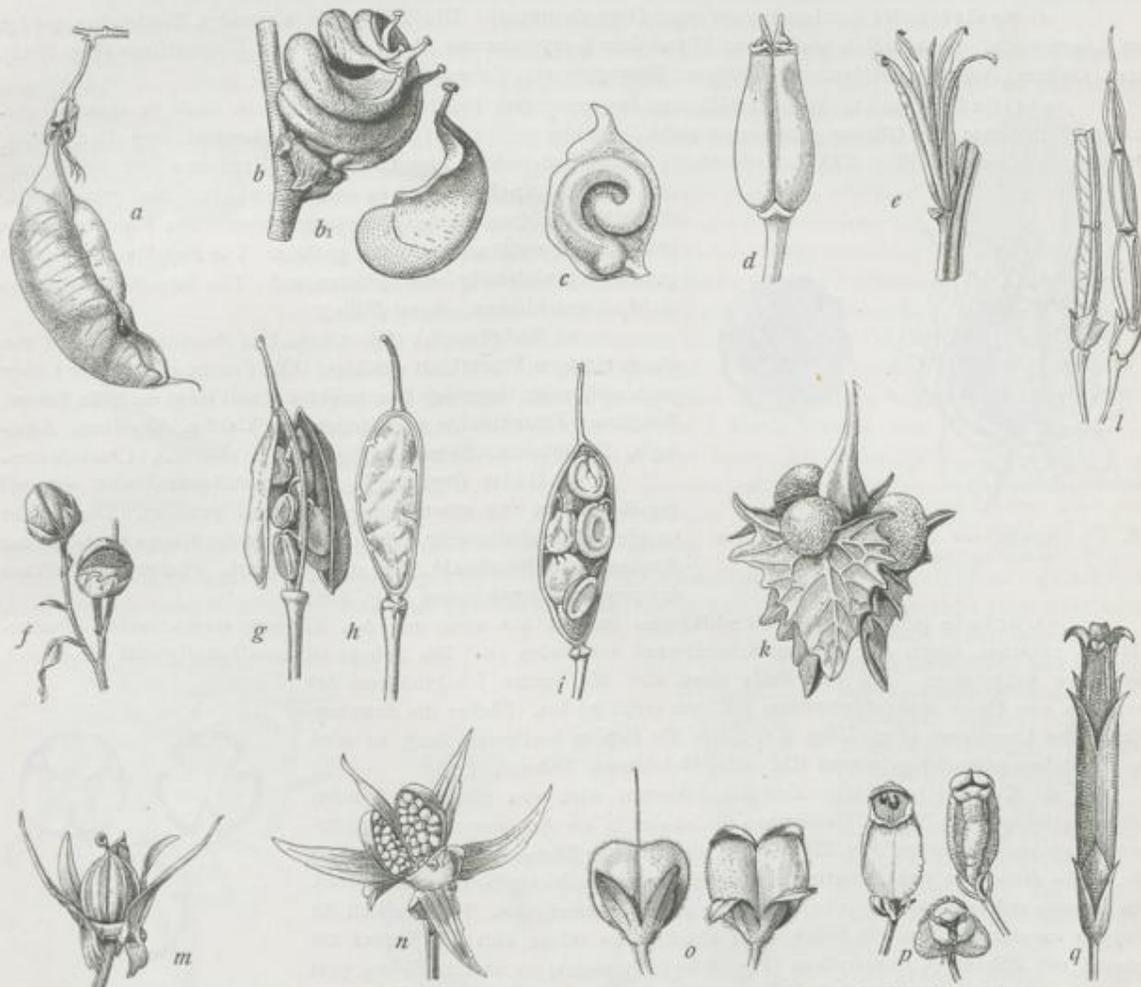


Fig. 278. Fruchtformen. *a* Hülse vom Blasenstrauch (*Colutea*). *b* Balg-Frucht von *Spiraea*, *b₁* Einzelnes Früchtchen. *c* Teilfrüchtchen von *Potamogeton densus* mit gekrümmtem Embryo. *d* Junge Doppelachaene von *Archangelica*. *e* Kapsel Frucht von *Oenothera*. *f* von *Nicotiana*. *g, h, i* Schote von *Berteroa* mit Scheidewand. *k* Frucht von *Rumex*. *l* Gliederhülse von *Coronilla varia*. *m* und *n* Kapsel Frucht von *Viola tricolor* (geschlossen und geöffnet). *o* von *Veronica* (ebenso). *p* Fruchtkapsel von *Reseda lutea* (bleibt oben offen). *q* Kapsel von *Dianthus*.

fällig gefärbt sind. An der reifen Fruchtwand lassen sich häufig 2—3 verschiedene Schichten unterscheiden, nämlich eine äussere (Epikarp), mittlere (Mesokarp) und die Innenschicht (Endokarp). Ausserdem können an der Oberfläche des Fruchtknotens verschiedene Veränderungen auftreten, z. B. starke Haarbildung (Pflirsich), Borsten oder Stacheln (an den Früchten vieler Umbelliferen, Stechapfel, Rosskastanie). Als die wichtigsten Fruchtformen mögen die folgenden genannt sein:

A. Schliessfrüchte oder Nussfrüchte. Sie gehören zu den Trockenfrüchten, sind zumeist einsamig und öffnen sich bei der Reife nicht. Spezialfälle:

a) Nussfrucht (nux). Perikarp holzig oder lederartig, meist knochenhart. Der einzige Samen liegt frei innerhalb der geschlossen bleibenden Hülle. Beispiele: Haselnuss, Buchweizen, Hanf, Chenopodium, Amarantus.

b) Karyopse. Perikarp hautartig, von der Samenschale nicht getrennt. Fruchtknoten oberständig. Hierher die Getreidekörner. Die Früchte der Gramineen sind in der Mehrzahl als Scheinfrüchte zu bezeichnen, da die Spelzen (Deck- und Vorspelzen) an den Fruchtkörnern erhalten bleiben und mit diesen abfallen.

c) Achaene oder Nüsschen. Perikarp lederartig, nicht vollständig mit dem Samen verwachsen. Fruchtknoten unterständig. — Durch Teilung (der Länge oder der Quere nach) eines mehrsamigen Fruchtknotens in einsamige Teilfrüchte oder Mericarpien entsteht die einsamige Schliessfrucht.

d) Spaltfrucht (schizocarpium oder Doppelachaene). Die Teilung in einsamige Teilfrüchte erfolgt der Länge nach. Gewöhnlich bleibt eine Mittelsäule (carpophorum) übrig. Beispiele: Umbelliferen (Fig. 278d), Acer, Galium, Asperula, Malvaceen, Labiatae, Borraginaceen, Pelargonium.

e) Gliederfrucht. Hier zerfällt der langgestreckte Fruchtknoten der Quere nach in einzelne einsamige Teilfrüchte, die Glieder geheissen werden. Hierher gehört die Gliederhülse der Leguminosen (Hedysarum, Ornithopus, Coronilla [Fig. 278l], Hedysarum) und Gliederschote der Cruciferen (Raphanus, Raphanistrum).

B. Springfrüchte oder Kapseln. Sie gehören wie die Schliessfrüchte zu den Trockenfrüchten. Die Fruchtwand ist trocken und meist unansehnlich gefärbt. Die Früchte sind jedoch gewöhnlich vielsamig und springen auf. Die Samen bleiben also nicht eingeschlossen. Spezialfälle:

a) Balgfrucht (folliculus). Der Fruchtknoten wird von einem einzigen Fruchtblatt gebildet. Die Frucht springt der Länge nach und zwar längs der Bauchnaht auf und trägt dort die Samen. Beispiele: Einzelfrüchte von Helleborus, Caltha, Aconitum, Aquilegia, Delphinium, Spiraea (Fig. 278 b und b₁), Crassulaceen.

b) Hülse (legumen). Der Fruchtknoten wird wie bei der Balgfrucht von einem einzigen Karpell gebildet. Die Frucht ist gleichfalls einfächerig, öffnet sich aber der Länge nach an der Rücken- und Bauchnaht mit zwei Klappen. Hierher die Früchte der meisten Leguminosen (Fig. 278 a).

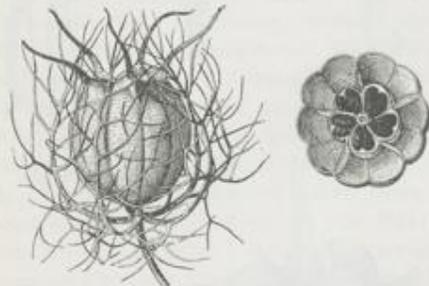


Fig. 279. Frucht von *Nigella Damascena*, von aussen und im Querschnitt.

c) Schote (siliqua). Der Fruchtknoten besteht aus zwei mit den Rändern verwachsenen Fruchtblättern, zwischen denen eine falsche Scheidewand vorhanden ist. Die Schote ist zweifächerig und öffnet sich von unten nach oben. Bei der Reife lösen sich die beiden Längshälften des Perikarps von einem stehenbleibendem Rahmen (réplum) los. Hierher die Schotenfrüchte der Cruciferen (Fig. 278 g, h, i). Ist die Schote breiter als lang, so wird sie Schötchen (silicula) geheissen (Capsella, Hutchinsia, Thlaspi).

d) Kapsel (capsula). Der Fruchtknoten wird von mehreren Fruchtblättern gebildet. Bei *Nigella Damascena* finden sich in der Aussenwand des Fruchtknotens grosse Luftlücken (Fig. 279). Nach der Zahl der Fächer wird die Kapsel als ein-, zwei-, drei- oder mehrfächerig bezeichnet (capsula unilocularis, bilocularis etc.). Die Klappen (válvae) lösen sich bei der Reife nicht vollständig los. Trennen sich die Klappen voneinander nur ein Stück weit abwärts, so öffnet sich die Kapsel am Scheitel mit Zähnen (Caryophyllen [Fig. 278 q], Primula); in andern Fällen geht die Trennung bis zum Grunde. Gewöhnlich entspricht die Zahl der Zähne der Zahl der Karpelle, aus denen der Fruchtknoten zusammengesetzt ist. Die Oeffnung der Kapsel erfolgt stets durch Längsrisse (Fig. 278 f, n, e). Werden dabei die



Fig. 281. Pyxidium, a von *Hyoscyamus*, b von *Plantago*.

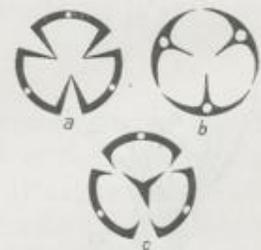


Fig. 280. a Septicide, b loculicide, c septifrage Kapsel.

Karpelle voneinander gespalten (bei einem mehrfächerigen Fruchtknoten die Scheidewände getrennt), so heisst die Kapsel wandspaltig (septucid, Fig. 280 a); wird dagegen jedes Karpell in seiner Mitte gespalten, so wird sie fachspaltig (loculicid, Fig. 280 b) geheissen. Ferner können die Scheidewände auf den Klappen einer septiciden Kapsel stehen bleiben oder zu einer mehr oder weniger geflügel-

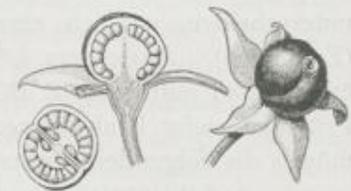


Fig. 282. Beerenfrucht von *Atropa*.

ten Mittelsäule verbunden sein, von welcher sich auch die Klappen abgelöst haben (septifrag, Fig. 280 c, Euphorbiaceen, Rhododendron). Verschiedene Arten besitzen elastisch aufspringende Kapseln, welche die Samen fortzuschleudern (Euphorbia, Impatiens [Fig. 299], Oxalis, Erodium, vgl. Fig. 298).

e) **Deckelkapsel** (pyxidium). Die Oeffnung des mehrkarpelligen Fruchtknotens erfolgt der Quere nach; die obere Klappe der Fruchtwand fällt wie ein Deckel ab. Beispiele: Hyoscyamus (Fig. 281 a), Portulaca, Anagallis, Plantago (Fig. 281 b), Lecythis.

f) **Die Porenkapsel**. Die Oeffnung erfolgt dadurch, dass in der Fruchtwand des mehrkarpelligen Fruchtknotens an bestimmten Stellen scharf umschriebene Löcher entstehen (Papaver).

Die saftigen Früchte, die sich in Beeren und Steinfrüchte gliedern lassen, springen zum grössten Teil nicht auf (Ausnahmen: Früchte verschiedener Cucurbitaceen, Juglans, Aesculus).

C. **Beere** (bacca). Das Epikarp ist eine zähe Haut, während das Meso- und Endokarp ein saftiges Fruchtfleisch von einem weichen Brei (pulpa) bilden. Die Zellen füllen sich gegen die Reife zu mit einem zuckerhaltigen Saft. Die Fruchtwand umschliesst meist zahlreiche, hartschalige Samen. Beispiele: Johannisbeere, Vitis, Solanum, Capsicum, Orange, Heidelbeere. Die Samen werden dadurch verbreitet, dass Tiere die Früchte verzehren (die hartschaligen Samen gehen unverdaut mit den Exkrementen ab) oder dass die Beeren zur Erde fallen und hier leicht verwesen. Bei den Beerenfrüchten von Citrus ist das Epikarp dick und drüsenreich. Das Endokarp ist schwammig und zeigt häutige Scheidewände. Das saftreiche Gewebe besteht aus Emergenzen, welche der Innenseite der Fruchtwand entspringen (Fig. 284 b). Bei den Orangen und Zitronen können gelegentlich Missbildungen beobachtet werden, so Früchte, die aus 2 bis 3 Wirteln von Fruchtblättern bestehen (Fig. 284 a) oder solche, bei denen die Fruchtblätter z. B. frei sind. Zu den beerenartigen Früchten sind auch die Früchte der Cucurbitaceen (Kürbis, Gurken), sowie von Sorbus (Fig. 283), vom Apfel- und Birnbaum zu rechnen.

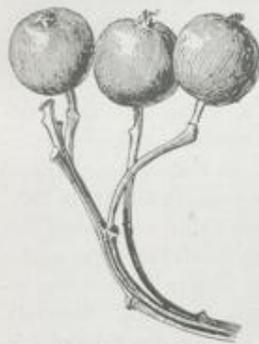


Fig. 283. Beerenfrüchte von Sorbus chamaemespilus.

Die Zellen füllen sich gegen die Reife zu mit einem zuckerhaltigen Saft. Die Fruchtwand umschliesst meist zahlreiche, hartschalige Samen. Beispiele: Johannisbeere, Vitis, Solanum, Capsicum, Orange, Heidelbeere. Die Samen werden dadurch verbreitet, dass Tiere die Früchte verzehren (die hartschaligen Samen gehen unverdaut mit den Exkrementen ab) oder dass die Beeren zur Erde fallen und hier leicht verwesen. Bei den Beerenfrüchten von Citrus ist das Epikarp dick und drüsenreich. Das Endokarp ist schwammig und zeigt häutige Scheidewände. Das saftreiche Gewebe besteht aus Emergenzen, welche der Innenseite der Fruchtwand entspringen (Fig. 284 b). Bei den Orangen und Zitronen können gelegentlich Missbildungen beobachtet werden, so Früchte, die aus 2 bis 3 Wirteln von Fruchtblättern bestehen (Fig. 284 a) oder solche, bei denen die Fruchtblätter z. B. frei sind. Zu den beerenartigen Früchten sind auch die Früchte der Cucurbitaceen (Kürbis, Gurken), sowie von Sorbus (Fig. 283), vom Apfel- und Birnbaum zu rechnen.



Fig. 284. a Längsschnitt durch eine Doppelfrucht der Orange. (Nach von Wettstein.) b Safthaltige Haare.

D. **Die Steinfrucht** (drüpa) zeigt eine festere, gefärbte, hautartige Aussenschicht, eine fleischige, seltener faserige (Kokosnuss) Mittelschicht und eine knochenharte, aus Steinzellen gebildete Innenschicht (Steinkern oder putamen). Meistens ist die Steinfrucht einfächerig und enthält nur einen Stein mit einem dünn-schaligen Samen (Kirsche, Zwetschge, Pflaume, Mandel, Olive, Walnuss, Pfirsich). Beim sogenannten Steinapfel wird jedes Fach des Fruchtknotens zu einem Steinkern (Crataegus, Ilex, Rhamnus). Keimlöcher treten bei verschiedenen Palmen (Kokosnuss) auf.

Einige Arten bringen an derselben Pflanze verschieden gestaltete Früchte hervor (Heterokarpie), eine bis jetzt noch rätselhafte Erscheinung (Calendula, Dimorphotheca pluvialis, Geropogon glabrum, Fedia cornucopiae, Atriplex nitens etc.). Bei Calendula (Fig. 285) sind die äusseren Früchte in einen langen Schnabel vorgezogen und haben eine raupenähnliche Gestalt. Derartige Fälle suchte man schon durch Mimikry zu erklären, indem man annahm, Vögel würden die Samen wegen der Ähnlichkeit für Insektenlarven halten und sie mit ihren Exkrementen verbreiten.



Fig. 285. Calendula officinalis. a Fruchtstand (die meisten Früchte sind in einen Schnabel verlängert). b, c Einzelne, raupenähnliche Früchte. d, e Dieselben im Quer- und Längsschnitt. f und g Aeusserer Früchte (wenig geschnäbelt, aber innen flügelig gekielt).

Bei den Scheinfrüchten nehmen ausser dem Fruchtknoten noch andere Teile, die nicht zu der eigentlichen (ober- oder unterständigen) Frucht gehören, teil. Hierher gehören einmal die meisten Gräser, wo die Körner von den Spelzen umschlossen werden. Bei Coix lacryma Jobi (Bd. I, pag. 181) ist die Frucht ausserdem von einer oben offenen, knochenharten Hülle, die der Scheide eines Hochblattes entspricht, umgeben. Bei Stipa pennata bleibt die lange, federig behaarte Granne (Bd. I, Taf. 25), beim Schilfrohr Haare von der Aehrchenspindel an der Frucht erhalten. Bei verschiedenen Rosaceen schwillt die Blütenachse stark an

Bei den Scheinfrüchten nehmen ausser dem Fruchtknoten noch andere Teile, die nicht zu der eigentlichen (ober- oder unterständigen) Frucht gehören, teil. Hierher gehören einmal die meisten Gräser, wo die Körner von den Spelzen umschlossen werden. Bei Coix lacryma Jobi (Bd. I, pag. 181) ist die Frucht ausserdem von einer oben offenen, knochenharten Hülle, die der Scheide eines Hochblattes entspricht, umgeben. Bei Stipa pennata bleibt die lange, federig behaarte Granne (Bd. I, Taf. 25), beim Schilfrohr Haare von der Aehrchenspindel an der Frucht erhalten. Bei verschiedenen Rosaceen schwillt die Blütenachse stark an

(Erdbeere, Fig. 286 f) oder bildet eine krugförmige Hülle (Hagebutte, Fig. 241 d). Aehnlich verhalten sich Sanddorn und Feige. Bei der letztern Gattung ist die Hauptachse birnförmig ausgehöhlt und umschliesst zahlreiche Einzelfrüchtchen (Fig. 286 a). Dadurch kommen beerenartige Scheinfrüchte zur Ausbildung. Bei *Scleranthus*, *Poterium*, *Alchemilla* erhärtet sich die Achse zu einer die Frucht umgebenden Hülle. Bei der Maulbeere (Fig. 286 c und d), bei *Blitum* werden die Perigonblätter fleischig, wodurch die in einem Köpfchen stehenden Früchtchen zu einer Scheinbeere werden. Bei den Wollgräsern wachsen die Perigonborsten zu langen, baumwollartigen Haaren aus. In einzelnen Fällen bleibt der Kelch an der Frucht ziemlich unverändert erhalten und liefert zuweilen für die Frucht eine äussere Hülle (Fruchtkelch der Borragineen, von *Hyoscyamus* [Fig. 281 a], Labiaten etc.). Stark aufgeblasen ist der Kelch bei *Trifolium fragiferum* und bei *Physalis Alkekengi*. Hierher gehört auch die Federkrone (Pappus) der meisten Kompositenfrüchte (Fig. 287 c, 289). In anderen Fällen vergrössert sich der Griffel und bleibt als Flugorgan an den verhältnismässig kleinen Früchtchen erhalten (*Clematis*, *Pulsatilla*, *Sieversia*, *Dryas*, Fig. 287 b). Zu den Scheinfrüchten gehören auch viele Kätzchenträger (*Castanea*, *Fagus*, Eiche), bei denen die Becherhülle (cúpula) mit den Früchten zusammen bleibt. Bei verschiedenen Kompositen (*Lappa*, *Centaurea*, *Xanthium* etc.) löst sich das mehrere Früchte einschliessende Köpfchen als ganzes ab. Als Scheinfrüchte können schliesslich auch die Kätzchen der Erlen (Achse und Deckblätter werden holzig) und die Zapfen der Koniferen angesprochen werden.

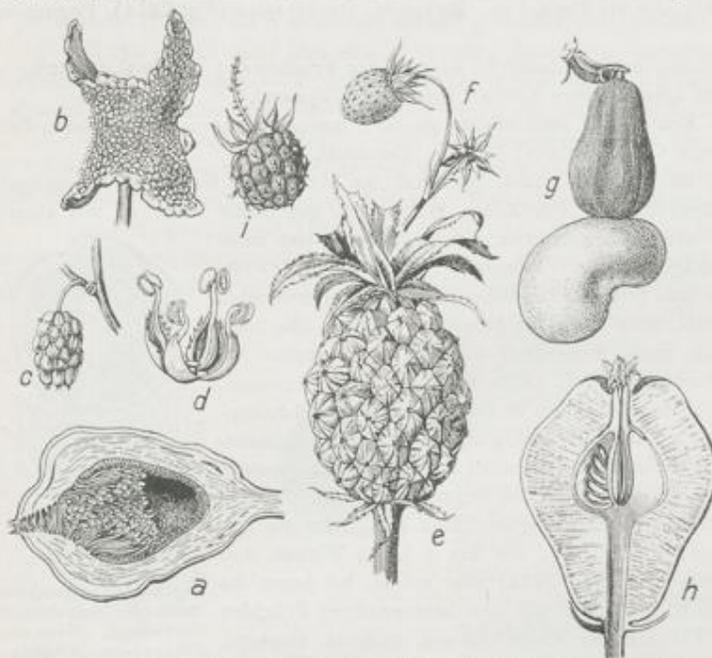


Fig. 286. Verschiedene Fruchtformen (z. T. Schein- und Sammelfrüchte). *a* *Ficus pumila* (im Längsschnitt, nach v. Wettstein), *b* *Dorstenia*, *c* Maulbeere, *d* Einzelblüte vom Maulbeerbaum, *e* Fruchtstand von Ananas, *f* Erdbeere, *g* Elefantenlaus (*Anacardium occidentale*, der Blütenstiel ist zu einem birnförmigen, essbaren Körper angeschwollen), *h* Quitte (Längsschnitt), *f* Brombeere.

schliessende Köpfchen als ganzes ab. Als Scheinfrüchte können schliesslich auch die Kätzchen der Erlen (Achse und Deckblätter werden holzig) und die Zapfen der Koniferen angesprochen werden.



Fig. 287. *a* Früchte und Samen vom Weidenröschen (*Epilobium*). *b* Früchtchen von *Dryas octopetala*. *c* Reife Frucht (Achaene) vom Löwenzahn (geschnäbelt und mit Haarkrone).



Fig. 288. Weidenkätzchen (links Früchtchen noch geschlossen, rechts Fruchtkapseln geöffnet, Samen m. Haarschopf).

Form, Farbe und Ausbildung der Früchte und Samen (diese werden im folgenden nicht weiter auseinander gehalten) zeigen verschiedene Einrichtungen, welche der Ausstreuung und Verbreitung dienen. Als Verbreitungsmittel für Früchte und Samen kommen in Betracht der Wind, Luftströmungen, Tiere, der Mensch, das Wasser usw. Durch den Wind werden vor allem viele nussartige Früchte und die Samen von sehr vielen Kapseln fortgeführt, besonders wenn diese noch mit eigenen Flugvorrichtungen versehen sind, sei es, dass sie wie die Kompositen, die Valerianaceen, die Epilobien (Fig. 287 a), viele Rosaceen (Fig. 287 b) mit einem Haar- oder Federkelch oder wie die Samen der Weiden (Fig. 288) oder der Tamarix-Arten mit einem Haarschopf ausgerüstet sind, sei es, dass ihre Oberfläche durch flügelartige Anhängsel wie bei Veratrum, Laserpitium, Peucedanum ostruthium, Swertia perennis, Aconitum napellus, Alnus, Meum mutellina, Delphinium elatum, Arabis bellidifolia, Polygala (Fig. 292 e) oder durch Wärzchen, Schuppen etc. (Heliosperma, Gypsophila repens, Saxifraga oppositifolia, alzoon) vergrößert wird. Damit steigt natürlich die Transportfähigkeit. Besonders stark ausgebildet sind die Flugapparate bei den sogen. Flügelfrüchten (Ulmus, Fraxinus, Acer, Ptelea trifoliata, Isatis, Fig. 292). Es sind nussartige Früchte, die nicht aufspringen. Diese Fruchtform wird auch als Samara bezeichnet. Nicht immer sind es die Früchte selbst, welche die Flugorgane bilden. Bei Dipterocarpus ist es der Kelch, bei Kompositen (Fig. 289, 291), Valerianella, Statice etc. ebenfalls der Kelch bzw. der Pappus, der nach der Blütezeit flügelartig oder haarförmig auswächst, bei Tilia das Hochblatt. Bei den Schüttelfrüchten werden die Fruchtkapseln beim Öffnen nicht vollständig entleert, sondern allmählich vom Winde herausgeschüttelt. Viele Samen bzw. Früchte sind sehr klein oder durch ein äusserst geringes spezifisches Gewicht ausgezeichnet. Die Herabsetzung des spezifischen Gewichts kann auf verschiedene Weise geschehen. Häufig umhüllt die Testa den Samen nur lose (Cerastium latifolium) und ist mit Luft erfüllt (Samen von Drosera), oder die Samen sind mit einem losen Mantel umgeben (Orchideen Fig. 290 b, d, Parnassia Fig. 290 e). Bei Astrantia dienen blasige Schuppen als Luftbehälter. Sehr kleine Samen kommen namentlich bei Orchideen, Orobanchaceen, bei verschiedenen Caryophyllaceen (Silene acaulis, Alsine recurva, Arenaria ciliata), Saxifragaceen (unter 0,5 mm Durchmesser z. B. bei Saxifraga moschata, adscendens, exarata, Seguerii), Monotropa (Fig. 290 i), Aruncus silvester (Fig. 290 h), Calluna, Rhododendron, Begonia, Gentianaceen (Gentiana nivalis, Pleurogyne Carinthiaca) vor.



Fig. 289. Blütenköpfe von *Aster amellus*. Einzelne Früchte (Achaenen) mit Flugorgan (Pappus).

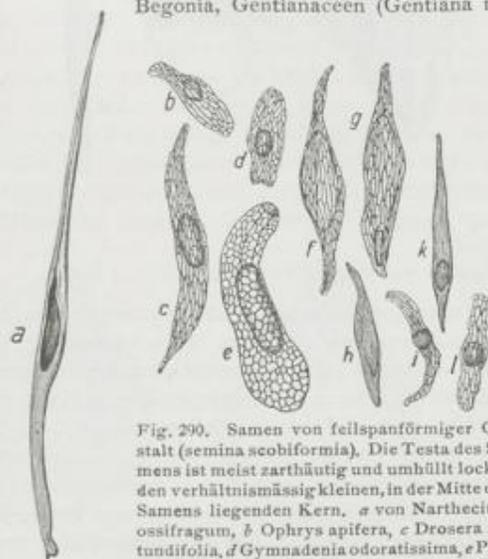


Fig. 290. Samen von feilsparförmiger Gestalt (*semina scobiformia*). Die Testa des Samens ist meist zarthäutig und umhüllt locker den verhältnismässig kleinen, in der Mitte des Samens liegenden Kern. a von *Narthecium ossifragum*, b *Ophrys apifera*, c *Drosera rotundifolia*, d *Gymnadenia odoratissima*, e *Parnassia palustris*, f *Astilbe rivularis* (Saxifragacee aus Japan), g *Utricularia montana*, h *Aruncus silvester*, i *Monotropa hypopitys*, k *Cosmibaena* / *Pirola minor*, (Fig. b bis l nach W. Hirt.)



Fig. 291. Fruchtköpfchen von *Taraxacum*.

Es hat sich gezeigt, dass ein Transport von Samen durch den Wind auf grosse Distanzen hin — selbst auf Hunderte von Kilometern — möglich ist, dass er aber für die tatsächliche Pflanzenverbreitung eine sehr geringe Rolle spielt. Mehr Bedeutung hat der Transport auf Distanzen von 3 bis 40 Kilometern.



Fig. 292. Flügel Früchte. a Acer, b Ulmus, c Esche, d Isatis, e Polygala (letztere stark vergrössert).

Verschiedene Beerenfrüchte sind als Lockfrüchte zu bezeichnen und dementsprechend auffällig gefärbt (Appetitfärbung) oder durch Kontrastfarben ausgezeichnet. Mit Ausnahme der weissen, klebrigen Beeren der Mistel sind fast alle einheimischen Beeren rot, orange oder blau gefärbt. Rote oder orangefarbene Fleischfrüchte zeigen Daphne mezereum, Schneeball, Vogelbeere, Steinbeere, Ribes rubrum und alpinum, Aronstab, verschiedene Geissblattarten (*Lonicera xylosteum* und *alpigena*), Sanddorn, *Sambucus racemosa*, *Fragaria*, Sauerdorn, Weissdorn, *Cornus mas*, Rosen, Himbeere, Preiselbeere, *Convallaria*, *Majanthemum*, *Taxus*; schwarzblaue Beerenfrüchte: *Rhamnus frangula*, Brombeere, schwarzer Hollunder, Schlehdorn, Liguster, Hornstrauch, Hartriegel, *Actaea spicata*, Epheu, Einbeere, Tollkirsche, *Polygonatum*, *Solanum nigrum*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *Ribes nigrum*, *Juniperus communis*, *Arctostaphylos alpina*. Im allgemeinen zeigt es sich, dass die schwarzen Fleischfrüchte durchschnittlich später reifen als die roten. Da die Samenschalen den Magen- und Darmsäften gegenüber sich sehr widerstandsfähig erweisen und zudem die Verdauung und Wanderung der Samen durch den Magendarmkanal — wie auch experimentell nachgewiesen worden ist — sehr rasch vor sich geht, verlieren die Samen beim Passieren des Tierkörpers an ihrer Keimfähigkeit absolut nichts, ja im Gegenteil, die mit ihnen abgesetzten Exkremente sind ihnen als Dünger für ihre erste Entwicklung sehr nützlich. So wurde z. B. ein Pferd mit Trespenn-



Fig. 293. Häkel Früchte. a *Sanicula*, b *Ranunculus arvensis*, c *Agrimonia*, (c1 im Längsschnitt), d *Bidens*.

körner gefüttert; die noch ganzen Früchte wurden aus dem Mist ausgeschieden und zunächst einem Ochsen, hernach einem Schwein und zu guter Letzt einem Huhn verfüttert. Die aus dem Kote des Huhn ausgelesenen Körner wurden ausgesät und erwiesen sich noch als vollkommen keimfähig. Zu den Häkel Früchten, die an ihrer Oberfläche besondere Einrichtungen haben, welche ein Anhäkeln oder Ankleben an Tierkörper oder an Kleidern leicht ermöglichen, gehören *Xanthium*, *Centaurea solstitialis* (Fig. 185), *Lappa*, Waldmeister, *Galium aparine*, *Cynoglossum*, *Echinosperrum*, *Sanicula* (Fig. 293a), *Caucalis*, *Orlaya*, *Turgenia*, *Daucus*, *Circaea*, *Agrimonia eupatoria* (Fig. 293c, c1), *Bidens* (Fig. 293d), *Medicago minima*, *Tragus racemosus*, *Setaria verticillata*, *Cenchrus tribuloides* etc. Auch an den Füßen und an den Federn von Wasservögeln bleiben Samen (namentlich von Wasserpflanzen z. B. *Aldrovandia*) in Erde eingeschlossen leicht hängen. Ist doch bekannt, dass aus einem Ballen Erde, der von dem Schenkel eines Rebhuhnes losgelöst wurde, sich nicht weniger als 82 verschiedene Pflanzenarten entwickelten. In neuerer Zeit wird auch den Ameisen bei der Verbreitung der Früchte und Samen eine grosse Bedeutung zugeschrieben. Die „Myrmekochoren“-Pflanzen zeigen an ihren Samen, Früchten, Blütenstielen,

Durch Tiere (Vögel, Nagetiere) werden vor allem saftige, nährstoffreiche, oft süß schmeckende Beeren und die sog. Häkel- oder Klettfrüchte (Fig. 293), die am Pelzwerk oder Federkleid der Tiere leicht anhäkeln, verschleppt. Dadurch können Samen an ganz ungewohnte Lokalitäten, auf Dächer, Kirchtürme, Ruinen, Felsen etc. gelangen und hier zu keimen beginnen. Verschiedene Vögel speien ihre aufgenommene Nahrung aus ihren Kröpfen aus und tragen auf diese Weise zur Verbreitung des Samen bei (z. B. Nusshäher, Rotkehlchen, Schneehuhn).



Fig. 294. Sa...

haben
nur v
stärk
es W
in de
pilos
(Fig.
Lati
(ohne
Rosn
Vers
man
oder
Arill
fleisc
(Fig.
der S
vor a
artig
berg,
mühl
(Wol
Kam
Ball
hafer



Fig. 2
magg

Hochblättern etc. sog. „Elaiosome“, d. h. ölhaltige (seltener Stärke- oder Proteinkörner) Stellen oder besondere Anhängsel (Fig. 294), welche auf die Ameisen eine anlockende Wirkung ausüben sollen. Die Myrmekochoren

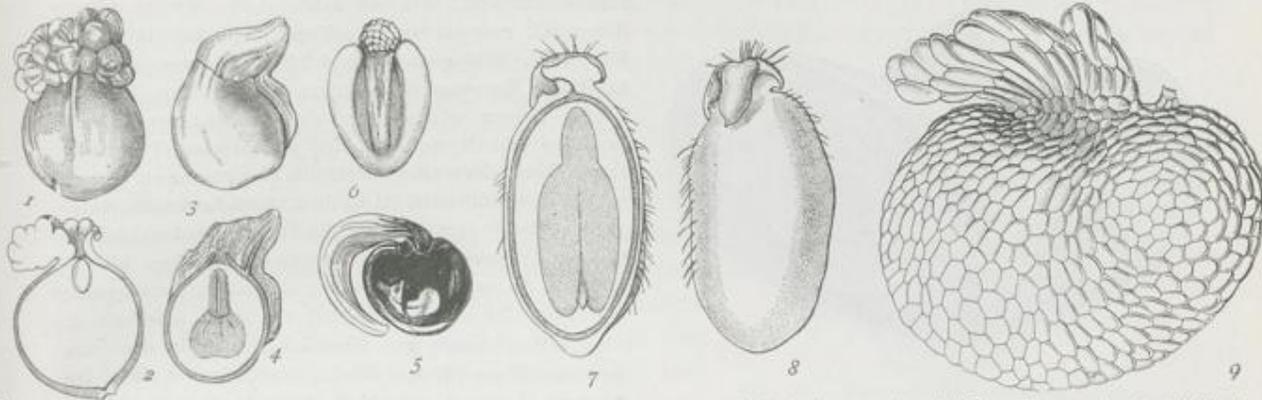


Fig. 294. Samen mit Elaiosomen, 1 und 2 Muscari, 3 und 4 Viola tricolor, 5. Corydalis, 6. Asarum, 7 und 8 Polygala amarella, 9. Chelidonium, (Alle Samen stark vergrössert.)

haben die Eigentümlichkeit, dass ihre Samen bezw. Früchte schnell reifen und sofort ausgestreut werden, da die Ameisen nur während des Sommers sammeln. Die Blütenschäfte sind zart und dünn; zur Fruchtreife erhalten sie keine Verstärkung und sinken schnell zu Boden, so dass die Samen den Ameisen sofort zugänglich werden. Hauptsächlich sind es Wald- und Ruderalpflanzen; sehr viele myrmekochore Pflanzen kommen in den Buchenwäldern, wenige dagegen in den Birkenwäldern vor. Beispiele: Allium ursinum, Ornithogalum nutans (ohne eigentliches Elaiosom), Luzula pilosa, Gagea lutea und minima, Hyacinthus orientalis, Galanthus nivalis, Moechringia mucosa, Chelidonium maius (Fig. 294, 9), Corydalis- (Fig. 294, 5) und Viola-Arten, Primula acaulis, verschiedene Veronica-Arten (V. opaca, hederifolia), Lathraea squamaria, Ranunculus ficaria, Fumaria officinalis, Ajuga, Borrago, Pulmonaria, Symphytum, Tozzia alpina (ohne differenziertes Elaiosom, in der Fruchtwand dafür reichlich Stärke an Stelle von fettem Oel), Lamium amplexicaule, Rosmarinus, einige Carex-Arten (C. montana, ornithopoda), Melica nutans, Euphorbia (Fig. 295), Knautia arvensis. Verschiedene Samen werden von einem meist auffallend gefärbten (gewöhnlich rot oder orange), saftigem Samenmantel (arillus) umgeben, der den Samen mantelartig umschliesst (Euonymus, Taxus). Er entsteht vom Nabel her oder geht aus den Integumenten oder aus der Raphe hervor. Verschiedene Vögel (z. B. das Rotkehlchen) stellen dem Arillus eifrig nach und speien später die Samen aus. Bei der Muskatnuss stellt der Arillus eine zerschlitzte, häufig fleischige Masse (Fig. 296) dar und kommt als Muskatblüte in den Handel. Die Caruncula der Euphorbiaceen (Fig. 295) stellt eine Verdickung des äusseren Integumentes an der Mikropyle dar und dient zunächst zur Loslösung der Samen von der Plazenta. In ähnlicher Weise werden durch Industrie und Handel Samen bezw. Früchte — vor allem solche mit Verbreitungsorganen — über weite Strecken hin verbreitet. Beliebte Standorte von derartigen verschleppten Pflanzen sind besonders Ausladestellen (Getreide) der Eisenbahnen (Güterbahnhof Zürich, Nürnberg, Lindau, früher Südbahnhof München), nächste Umgebung von Mühlen (Köpenikermühle bei Berlin) oder Fabriken, in denen fremdländische Wolle verarbeitet wird (Wollkammerei am Reiherstieg bei Hamburg, hier besonders südamerikanische Gräser; Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn in der Schweiz, australische Unkräuter), Ballastplätze (Verpackungsmaterial) der Hafentstädte (Hafen von Mannheim, Ludwigshafen und Hamburg, Port Juvénal bei Montpellier), neue Eisenbahnanlagen (Valsugana-Bahn in Südtirol), Kulturplätze von neu eingeführten Nutz- und Zierpflanzen (Erfurt), Lagerplätze, Ablagestellen von Kehrlicht usw. Hierher zählen vor allem auch viel zählige Unkräuter. Aus Amerika sind auf diese Weise verschiedene Arten (Erigeron Canadensis, Stenactis annua, Mimulus luteus, Oenothera biennis, Solidago Canadensis, Erigeron Karwinskianus var. mucronatus am Lago

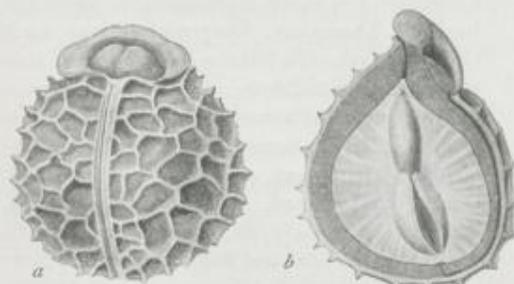


Fig. 295. Samen von Euphorbia helioscopia mit Elaiosom, a von aussen, b im Längsschnitt.

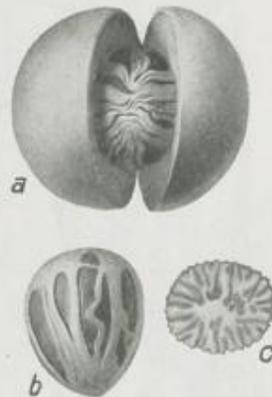


Fig. 296. a Frucht (1/2 natürliche Grösse) von der Muskatnuss, b Samen mit Arillus, c Schnitt durch den Samen mit ruminatem Endosperm.

maggiore etc.) angekommen und haben sich z. T. mit unserer einheimischen Flora vollständig assimiliert.

Durch das fließende Wasser werden im allgemeinen nur wenige Früchte — meistens Früchte von Wasserpflanzen — verbreitet, welche längere Zeit auf dem Wasser zu schwimmen vermögen. Von einheimischen Arten gehören dahin einige wenige Carex-Arten (*C. rostrata* und *vesicaria*, vgl. Bd. II pag. 7, Fig. 175), *Polygonum amphibium*, *Alisma plantago*, *Sagittaria*, *Butomus*, *Sparganium*, *Nuphar*, *Nymphaea* etc. Solche Samen können von einem lufthaltigen Mantel umgeben sein (*Nymphaea*), sind unbenetzbar (*Polygonum amphibium*) oder weisen luftgefüllte Hohlräume auf (*Carex*), welche sie spezifisch leicht machen. Auch Samen von Alpenpflanzen (besonders alpine Geröllpflanzen) werden durch das fließende Wasser oft auf grössere Strecken hin befördert. An zahlreichen Stellen der schweizerischen und schwäbisch-bayerischen Hochebene (auch innerhalb der Alpenkette) können auf Kiesbänken und in den Auen der Alpenflüsse (Rhone, Rhein, am Bodensee, Iller, Isar, Wertach, Lech, Inn, Saalach, Salzach etc.) verschiedene alpine und z. T. hochalpine Geröllpflanzen angetroffen werden, deren Samen sicherlich durch das Flusswasser in die Tiefe gebracht worden sind. Wie experimentell

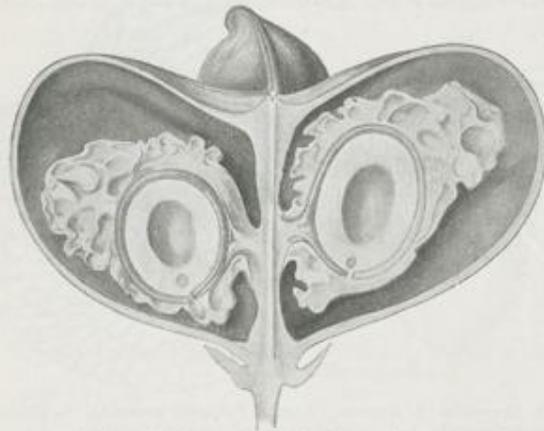


Fig. 297. Längsschnitt durch die Frucht von *Euonymus*. Samen mit Arillus (stark vergrößert).

nachgewiesen wurde, zeigen derartige Samen und Früchte ein grosses Schwimmvermögen (von *Saxifraga aizoides* bis 17 Tage) und können ihre Keimfähigkeit lange beibehalten (bis 38 Tage). Es sind ziemlich die gleichen Arten, welche in den meisten grösseren Flüssen wiederkehren, so *Chondrilla prenanthoides*, *Hieracium staticifolium*, *Gypsophila repens*, *Hutchinsia alpina*, *Kenera saxatilis*, *Arabis alpina*, *Linaria alpina*, *Campanula pusilla*, *Dryas octopetala*, *Saxifraga aizoides*, *Poa alpina* etc. Ebenso sind einige Früchte dem Transporte durch das Meerwasser und Meeresströmungen angepasst. Das Perikarp ist dick und verholzt oder ist aussen mit einer Fettschicht überzogen und dadurch für das Meerwasser undurchdringlich; ausserdem kommen luftgefüllte Räume oder luftführende Faserschichten (Kokosnuss) vor. Hieher gehören zahlreiche Strandpflanzen, deren Früchte („Driftfrüchte“) durch Meeresströmungen lange Zeit (einzelne bis 121 Tage) zu schwimmen vermögen, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen. Beispiele: Kokospalme, *Nipa-Palme* (*Nipa fruticans*), *Barringtonia*, *Calophyllum*, *Terminalia catappa*, *Entada scandens*, *Cassia fistulosa*, *Heritiera litoralis*, *Ipomaea pes caprae* etc. Früchte der im tropischen Amerika einheimischen *Entada scandens* wurden durch den Golfstrom an die Küste von Norwegen getrieben und gelangten dort zur Keimung.

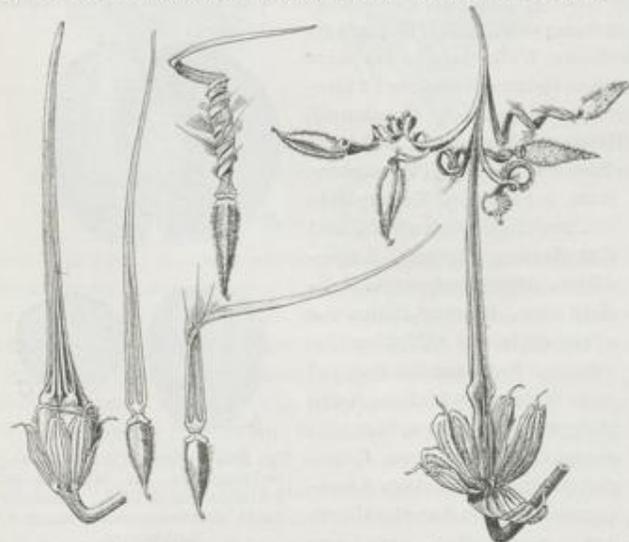


Fig. 298. Springfrüchte von *Erodium moschatum* (in verschiedenen Stadien der Entwicklung).

Wie experimentell



Fig. 299. Schleuderfrüchte von *Impatiens noli tangere*.

Eine letzte Gruppe repräsentieren die Spring- oder Schleuderfrüchte. Infolge eines äusseren Stosses, infolge Austrocknens etc. schleudern verschiedene Früchte auf mechanischem Wege ihre Samen aus (bei *Bauhinia purpurea* bis 15 m weit). Oft ist das Ausschleudern von einem eigentümlichen Geräusch begleitet (*Acanthus*, *Dorycnium*), was auch Goethe auf seiner Italienreise aufgefallen ist. Beispiele liefern verschiedene Leguminosen (Arten von *Lathyrus* und *Lupinus*), *Eschscholtzia Californica*, *Montia*, das Springkraut oder „Rührmich-nichtan“ (*Impatiens noli tangere*, Fig. 299), *Oxalis*, Springkresse (*Cardamine impatiens*), *Dentaria*, *Geranium silvaticum*, *Erodium* (Fig. 298), verschiedene *Viola*- und *Euphorbia*-Arten, *Mercurialis*, *Lathraea*, die „Spritzgurke“ (*Echallium elaterium*) etc. Einige Gramineen (*Stipa*-, *Heteropogon*-, *Avena*- und *Aristida*-Arten) und Leguminosen (*Amphicarpa monoica*, *Arachis*

hypogaea, *Trifolium subterraneum*) bohren ihre Früchte in die Erde ein. Bei den betref. Gramineen ist die Granne wie ein Seil gedreht und führt hygroskopische Bewegungen aus.

Zum Schluss mag noch kurz die ungeschlechtliche oder vegetative Vermehrung (*propagatio*) berührt werden. Von der geschlechtlichen Fortpflanzung unterscheidet sich diese dadurch, dass hier niemals zwei Sexualzellen miteinander verschmelzen. Sie ist vor allem bei den Kryptogamen stark vertreten (Zellteilung, Sprossung, freie Zellbildung) und dient für die quantitative Vermehrung der Art. Auch die Sporen der Moose, Farne, Schachtelhalme, Bärlappgewächse, die auf ungeschlechtlichem Wege in den Sporangien oder Mooskapseln (*Sporogone*) entstehen, gehören hieher. Aus der Spore entwickelt sich dann der Vorkeim, der bei den Farnen die Antheridien und Archegonien trägt (Taf. 1); die letztern enthalten die männlichen und weiblichen Sexualzellen. Auch die Soredien der Flechten und die Brutknospen oder Brutbecher vieler Lebermoose mögen hier kurz genannt sein. Bei den Phanerogamen sind es immer Knospen oder mit Knospen versehene Teile, welche den Charakter von Vermehrungsorganen übernehmen. Einige Arten haben wir bereits früher erwähnt, so die Fortpflanzung mittelst Winterknospen oder Hibernakeln (Fig. 82), durch Brutzwiebeln (Fig. 116), Knollen, Ableger, Ausläufer oder Stolonen (Fig. 119, 120). Verschiedene Arten vermehren sich gleichzeitig auf geschlechtlichem und vegetativem Wege, so z. B. das Frühlings-Scharbockskraut (Fig. 303), bei welchem sich in den Achseln der Laubblätter Knöllchen ausbilden, welche auf den Boden fallen und im nächsten Jahre austreiben können; die Knöllchenbildung geht besonders an schattigen Stellen leicht von statten. Aehnlich verhält sich *Dentaria bulbifera*, die im Halbdunkel



Fig. 300. Blatt von *Bryophyllum calycinum* mit Adventivknospen.



Fig. 301. Blatt von *Tolmiea Menziesii* mit Adventivknospen.

des Waldes nur selten bestäubt wird und dort in den Blattachseln Knöllchen ausbildet. Bei dem lebendig gebärenden Knöterich (*Polygonum viviparum*) finden sich im untern Teil der Blütenähre zahlreiche Bulbillen, die vom Schneehuhn gern aufgesucht werden. Sie wachsen nicht selten schon an der Mutterpflanze zu kleinen Pflänzchen aus. Aehnlich verhalten sich verschiedene *Allium*-Arten, *Saxifraga cernua*, *nivalis* und *stellaris*, *Juncus alpinus* und *supinus*, verschiedene Gräser (vor allem der alpinen und arktischen Region, z. B. *Festuca rupicaprina*, *ovina* etc.), wo in der Blütenregion statt Blüten Ableger ausgebildet werden. Beim lebendig gebärenden Rispengras (*Poa alpina* var. *vivipara*, Taf. 35, Fig. 1b) hat die ungeschlechtliche Fortpflanzung die geschlechtliche vollständig ersetzt. Auch zahlreiche andere Gräser wie *Alopecurus pratensis*, *Phleum pratense*, *Boehmeri* und *Michellii*, *Agrostis alba* und *vulgaris*, *Koeleria pyramidata*, *Deschampsia caespitosa*, *Arrhenatherum elatius*, *Poa supina*, *bulbosa*, *minor* und



Fig. 302. Blattfiedern von *Asplenium bulbiferum* mit Adventivknospen.

laxa, *Glyceria fluitans*, *plicata* und *aquatica*, *Bromus erectus* erzeugen vivipare Formen. An Stelle der Aehrchen erscheinen beblätterte, später sich bewurzelnde Sprosse. Adventivknospen können unter günstigen Umständen — besonders in Gewächshäusern — auch an den Blättern (auf der Blattfläche oder am Blattrande) erzeugt werden und dann zur vegetativen Vermehrung verwendet werden. Beispiele liefern *Cardamine pratensis*, *Bryophyllum calycinum* (Fig. 300), die Saxifragacee *Tolmiea Menziesii* (Fig. 301), *Pinellia tuberifera*, verschiedene meist ausländische Begonien und Farne wie *Asplenium bulbiferum* (Fig. 302), *Aspidum aculeatum*, *Scolopendrium rhizophyllum*, *Woodwardia radicans* etc. Bei anderen Arten gliedern sich oberirdische, wurzelnde Teile ab, deren Knöspchen zwar nicht zu Bulbillen heranwachsen, aber doch genügend Wasser und Nährstoffe enthalten, um sich erhalten zu können (*Sedum dasyphyllum* und *villosum*, *Malaxis paludosa*, *Sempervivum soboliferum*).

Auch künstlich kann man manche Pflanze veranlassen, sich vegetativ zu vermehren. Hierher gehört die Vermehrung durch Absenker oder Ableger, durch Stecklinge (Spross-, Wurzel- und Blattstecklinge), das Veredeln oder Impfen, Okulieren, Pfropfen etc.



Fig. 303. *Ranunculus ficaria*.
In den Blattachsen entwickeln sich kleine Bulbillen.

Der einfachste Fall der vegetativen Vermehrung, der in der Gärtnerei häufig Verwendung findet, ist die Stockteilung. Zahlreiche buschig wachsende, rasen- und polsterbildende Pflanzen lassen sich — sofern sie keine langen und tiefgehenden Wurzeln besitzen — zerteilen, zerreißen oder zerschneiden. Ihre Teile können dann als einzelne Individuen weiter behandelt werden. Auf diese Weise werden in der praktischen Gärtnerei eine grosse Zahl von Farnkräutern, viele Stauden (*Asparagus*, *Aspidistra*, Veilchen), alpine Rasen- und Polsterpflanzen vermehrt. Aehnlich kann man Stammstücke oder fleischige Wurzeln und Rhizome zerschneiden und sie als Stecklinge behandeln (*Anemone Japonica*, *Paeonia*, *Eryngium* etc.). Andere Pflanzen lassen sich durch Absenker oder Ableger vermehren (z. B. *Vitis*, *Ampelopsis*, *Glycine*, *Cornus*, *Dianthus*, Azaleen etc.) Diese erhält man dadurch, dass man ganze Zweige in den Boden einbiegt und sie bewurzeln lässt; nachher werden diese dann von der Pflanze getrennt. Als Blattstecklinge lassen sich namentlich die Begonien, Peperomien, *Bryophyllum*, *Othonna*, *Ficus elastica* etc. vermehren. Verschiedene Sprossstecklinge bewurzeln sich sehr schwer, wenn sie von der Mutterpflanze getrennt werden. Man wählt deshalb einen Ausweg und umwickelt diejenige Stelle, an welcher sich Wurzeln bilden sollen, mit Moos oder Erde und umgibt diese mit Stäben, einem Töpfchen oder einem Kästchen. Diese Stellen müssen natürlich stets feucht gehalten werden. Durch die gleichmässige Feuchtigkeit werden dann die Zweige zum Austreiben der Wurzeln angeregt. Später schneidet man die betreffenden Zweige ab und behandelt

sie wie bewurzelte Stecklinge weiter. Diese Methode wird namentlich zur Verjüngung von zu hochstämmig gewordenen Dracaenen, Gummibäumen, *Philodendron*-Arten etc. verwendet. Verschiedene Stecklinge schlagen bekanntlich im Wasser viel leichter Wurzeln als in der Erde oder im Sandboden. Beim sog. „Okulieren“ wird dem Stamm des Wildlings, während er im vollen Saft steht, ein fremdes, sog. „Edelauge“ eingesetzt. Das Auge (eine Knospe mit etwas Rindenpartie) wird durch einen mit dem sog. T-Schnitt herbeigeführten Spalt unter die Rinde — auf die Cambiumzone — des Wildlings geschoben. In der Ziergärtnerei werden namentlich die Rosen durch Okulieren vermehrt (doch auch viele baum- und strauchartige Arten, wie Ahorne, Kastanien, Syringen etc.). Beim Pfropfen oder Kopulieren wird der Unterlage ein Edelreis — beide von ziemlich gleicher Stärke — aufgesetzt. Diese Operation wird am besten im Frühjahr, im Beginne des Safttreibens, ausgeführt. Das sog. Pfropfen in den Spalt — das Edelreis wird keilförmig zugeschnitten und in den Spalt der Unterlage eingesetzt — wird namentlich bei Koniferen angewendet. Auch bei Kakteen werden in der Praxis Pfropfungen in ausgedehntem Masse vorgenommen. Je nach der sexuellen Affinität (Verwandtschaft) pflöpft man kleinere, schwächer wachsende Arten auf starkwüchsige *Cereus*-, *Opuntia*- und *Peireskia*-Arten. Bei den letzteren Vermehrungsarten müssen die Cambiumzonen der beiden Teile miteinander in Berührung gebracht werden.

U [Eine seltsame Naturerscheinung.] Der Schlotheich zu Münster i. W. bietet seit einigen Wochen ein eigenartiges Bild. Wo früher in hellem Sonnenschein das farbenfrohe Bild des herblich oerfärbten Parkrandes widerstrahlte, ist die Wasserfläche von wellig gehäuftem Pflanzenmassen derart überwuchert, daß der Wasserspiegel völlig verdeckt und in eine lüppige Wiese umgewandelt ist. Die weiche, grau-grüne Färbung der wie ein riesiges Moospolster anmutenden Pflanzendecke läßt erkennen, daß wir keine der heimatischen Schwimmpflanzen vor uns sehen, deren bekannteste die leuchtendgrüne Wasserlinse (*Lemna*) ist. Woher diese sonderbare Erscheinung? Schon vor einigen Jahren sah man im Sommer eine kleine Fläche des Grabens mit einem fremdartigen Schwimmsarn besiedelt. Es handelt sich um *Azolla caroliniana*, einen außereuropäischen Wurzelfarn, der sich in unsern Aquarien findet und wohl aus dem nahegelegenen Botanischen Garten hierher gelangt ist. Ihre zierlichen, zweireihig gestellten Blättchen sind doppellappig, mit einem schwimmenden und einem untergetauchten Lappen. Blatte, stöckähnliche Wurzelfasern streckt sie ins Wasser. Die Pflanze hat sich mit unheimlicher Schnelligkeit über den Schlotheich und den Kastellgraben, die bis jetzt in richtiger Verteilung das gewohnte hübsche Entensitz zeigten, verbreitet und überall einen blinden Wasserspiegel geschaffen, den nur stellenweise eine rötliche Tönung etwas unterbricht. Die überhängenden Waldbäume haben nun den größten Teil ihres Falllaub auf die Azollenschicht gelagert, so daß die Wasserhühner nur mit Mühe durchschwimmen können. Wird es möglich sein, die fremde Pflanze in Schach zu halten? Unser Wassergefügel, das die heimischen Lemnazoen vor Überwucherung schützt, kann offenbar gegen den lebenszähren ausländischen Schwimmsarn nicht ankommen. Selbst einige strenge Winter hat die Neusiedlung aus der tropischen Pflanzenwelt überstanden. So ist zu erwarten, daß der Eindringling sich von hier aus weiter verbreiten wird. Seine Bekämpfung dürfte ebenso schwierig sein wie in Amerika die Verdrängung der eingeführten Epochen.

□ [Eine seltsame Naturerscheinung.] Der Schloßteich zu Münster i. W. bietet seit einigen Wochen ein eigenartiges Bild. Wo früher in hellem Sonnenschein das farbenfrohe Bild des herbstlich verfarbten Parkrandes widerstrahlte, ist die Wasserfläche von wellig gehäuften Pflanzenmassen derart überwuchert, daß der Wasserspiegel völlig verdeckt und in eine üppige Wiese umgewandelt ist. Die weiche, grau-grüne Färbung der wie ein riesiges Moospolster anmutenden Pflanzendecke läßt erkennen, daß wir keine der heimatischen Schwimmpflanzen vor uns sehen, deren bekannteste die leuchtendgrüne Wasserlinse (*Lemna*) ist. Woher diese sonderbare Erscheinung? Schon vor einigen Jahren sah man im Sommer eine kleine Fläche des Grabens mit einem fremdartigen Schwimmpflanzen besiedelt. Es handelt sich um *Azolla caroliniana*, einen außereuropäischen Wurzelfarn, der sich in unsern Aquarien findet und wohl aus dem nahegelegenen Botanischen Garten hither gelangt ist. Ihre zierlichen, zweireihig gestellten Blättchen sind doppellappig, mit einem schwimmenden und einem untergetauchten Lappen. Glatte, stöckähnliche Wurzelfasern streckt sie ins Wasser. Die Pflanze hat sich mit unheimlicher Schnelligkeit über den Schloßteich und den Kastellgraben, die bis jetzt in richtiger Verteilung das gewohnte hübsche Entenstätt zeigten, verbreitet und überall einen blinden Wasserspiegel geschaffen, den nur stellenweise eine rötliche Tönung etwas unterbricht. Die überhängenden Waldbäume haben nun den größten Teil ihres Falllaub auf die Azollenschicht gelagert, so daß die Wasserhühnchen nur mit Mühe durchschwimmen können. Wird es möglich sein, die fremde Pflanze in Schach zu halten? Unser Wassergeflügel, das die heimischen Lemnazeen vor Überwucherung schützt, kann offenbar gegen den lebenszähren ausländischen Schwimmpflanzen nicht aufkommen. Selbst einige strenge Winter hat die Neusiedlung aus der tropischen Pflanzenwelt überstanden. So ist zu erwarten, daß der Eindringling sich von hier aus weiter verbreiten wird. Seine Bekämpfung dürfte ebenso schwierig sein wie in Amerika die Verdrängung der eingeführten Spagen.

1½ Milliarden nicht zu überschreiten. Aber ein bindendes Versprechen in dieser Beziehung habe er als Leiter der Regierung und anständiger Mann überhaupt nicht geben können. Niemand könne voraussehen, wieviel Bons zur Einlösung vorgelegt würden.

Auf Zwischenrufe kam Blum auf das sogenannte „Gesetz des Kartells“, ein Schlagwort, das einmal Herriot gebraucht hatte, zu sprechen. Der Führer der Sozialisten sagte, daß seine politischen Freunde nur einem einzigen Gesetz solaten, dem ihrer Partei. Das Kartell sei entstanden durch einen instinktiven und vorher überlegten Verständigungswunsch zwischen den Parteien der Linken im Kampf gegen die Parteien der Rechten. Das sei alles. Der Franken, der Ende 1921 noch eineinhalb Goldfranken wert gewesen sei, sei durch den Einmarsch ins Ruhrgebiet und durch die Zurückweisung des Plans von Bonar Law zerstört worden. Die Regierungen der frühern Kammermehrheit hätten im Jahre 1924 keinerlei Anleihen mehr unterbringen können. Im übrigen seien die Sozialisten sich nicht mehr ganz im klaren, ob sie dem Übergang von der Gesamtaussprache zu der Erörterung der einzelnen Artikel noch zustimmen sollten. Das hänge von neuen Erklärungen ab, die ihnen die Regierung zu geben habe.

Daraufhin wurde um 8 Uhr die Sitzung unterbrochen. Die sozialistische Fraktion trat zu einer Beratung zusammen, um aus dem Munde Painlevés die von Léon Blum geforderten Erklärungen entgegenzunehmen. Nach etwa einstündiger Beratung wurde die Sitzung unterbrochen und eine zweite Sitzung auf heute abend 9½ Uhr anberaumt.

Die Lage ist äußerst kritisch. Wenn die Sozialisten ihre Zu-

n.
y-
n
ur
-
a,
)
en
en
cu

n.
i-

ig
nd
In
als
en
ra,
n-
ge
en
is,
en
ze
n,
ge
an
In
en
n.
er
elt
ig
en
n^e
zt.
en
ch
n,
er
rt.
ge
in
e,
en
n.