

unter dem Deckgläschen in eine Flüssigkeit bringen, welche nicht leicht verdunstet oder aber diese durch einen luftdichten Verschluss vor Verdunstung schützen. In ersterer Hinsicht dient ein Tropfen Glycerin, in welchen man am Objectträger das Präparat bringt, mit dem Deckgläschen bedeckt und dieses allenfalls mit zwei Streifen gummirten Papiere befestigt.

Für eine provisorische Aufbewahrung eignet sich diese Methode ganz gut oder man wendet als Aufnahmsmittel Glyceringelatine, Kaliumacetatlösung etc. an. Für eine Präparatensammlung benützt man als Aufnahmsflüssigkeit destillirtes Wasser mit Zusatz von Glycerin oder eines der obigen Mittel, und zum Verschluss am besten eine dicke Lösung von feinem Sieglack in Weingeist, Asphaltlack oder eines der zahlreichen anderen käuflichen Verschlussmittel. Man verfährt hiebei in folgender Weise: Auf das sorgfältig gereinigte Objectglas bringt man in einem Tropfen der Aufnahmsflüssigkeit das betreffende Präparat und bedeckt es mit dem sorgfältig gereinigten Deckgläschen, wobei man darauf achtet, dass kein luftgefüllter Raum zwischen den beiden Glastafeln bleibt, sondern der Zwischenraum von der Flüssigkeit ganz ausgefüllt wird. Ist etwas von der letzteren am Rande des Deckgläschens hervorgetreten, so entfernt man sie sorgfältig mit einem Stückchen Filtrirpapier. In jedem Falle lässt man das so hergestellte Präparat $\frac{1}{2}$ —1 Stunde unter einer Glasglocke liegen, damit der Rand des Deckgläschens vollkommen trocknet, worauf man das Ganze dem Rande des Deckgläschens entlang mit einem starken Walle der zähflüssigen Sieglacklösung (oder mit dem sonst gewählten Verschlussmittel) umgibt. Auf einem Objectträger kann man bei englischem Formate zwei Präparate unterbringen. Ein an der Seite angebrachter Papierstreifen wird zur Signatur benutzt. In 1—2 Wochen trocknet der Lack zu einer vollkommen homogenen, glatten und harten Masse ein, welche einen völlig luftdichten Verschluss bewirkt; die etwa schlecht ausgefallenen oder nachträglich verdorbenen Präparate bringt man in Alkohol, welcher den Lack auflöst und die Gläschen wieder brauchbar macht.

B. Allgemeines über den Bau der Pflanzentheile.*)

I. Die Pflanzenzelle.

Das Elementarorgan der Pflanze, die Zelle (cellula), stellt in ihrem entwickelten Zustande (Fig. 126) ein sehr verschiedenes, in der Regel mikroskopisch kleines Hohlgebilde dar, dessen feste Hülle, die Zellwand (Zellhaut, Zellmembran *m*) einen in chemischer und physikalischer Beziehung mannigfach zusammengesetzten Inhalt umschliesst.

In ihrem ursprünglichen Zustande ist die Zelle ein Klümpchen farbloser, schleimig-körniger, an Eiweisstoffen reicher Substanz, Plasma (Protoplasma). Die homogene, schleimig-zähflüssige, farblose Grundsubstanz desselben wird als Hyaloplasma bezeichnet, die darin eingetragenen kleinsten Körnchen als Mikrosomen (Mikrosomata). Jede, auch die am höchsten entwickelte Pflanze, beginnt mit einer solchen hüllenlosen Primordialzelle. Bald jedoch umgibt sich die Plasmamasse mit einer wesentlich aus Zellstoff bestehenden Hülle; gleichzeitig erfährt sie in ihrer

*) W. Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle. Allgem. Morpholog. der Gewächse. I. Bd. des Handb. der physiol. Botanik. Leipzig 1865. — A. de Bary, Vergleichende Anat. der Veget. Organe der Phanerogamen und Farn. Leipzig 1877. III. Bd. des Handb. der physiol. Bot. — J. Sachs, Lehrb. der Botanik. 4. Aufl. Leipzig 1874. — E. Strasburger, Das botan. Practicum. Jena 1884. — G. Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie. Leipzig 1884. — W. Detmer, Das pflanzenphysiol. Practicum. Jena 1888. — E. Strasburger, Ueber das Wachstum vegetabilischer Zellhäute. Jena 1889. — A. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie. Wien und Leipzig 1889. — J. Wiesner, Anat. u. Physiol. der Pflanzen. 3. Aufl. Wien 1890. — A. Zimmermann, Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Breslau 1887, und Beiträge zur Morph. und Physiologie der Pflanzenzelle. Heft I und II. Tübingen 1890.

Substanz Veränderungen, welche im Allgemeinen darin bestehen, dass sich in derselben kleine Tröpfchen wässriger Flüssigkeit (Vacuolen) ausscheiden, nicht selten so reichlich, dass die Plasmamasse ein schaumiges Aussehen erhält. Diese Tröpfchen fließen allmählig zu grösseren Tropfen, Saftäumen (ss), zusammen; in vielen Fällen vereinigen sich auch diese zu einem einzigen, die Mitte der Zelle einnehmenden Flüssigkeitsraume, Zellsaft, welchen das übriggebliebene Plasma als dünne Schicht perifer umgibt. In den meisten Fällen liegt im Plasma ein meist kugelig, scheibenrunder, ovaler oder elliptischer, seltener spindelförmiger oder anders gestalteter Körper, der sogenannte Zellkern (Cytoblast, Nucleus, *nn*).

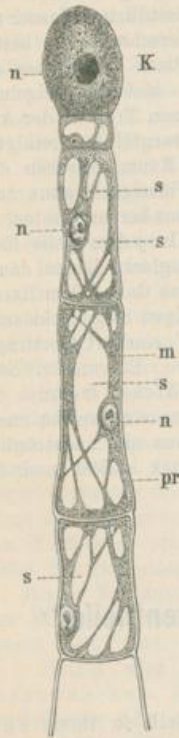


Fig. 126.

Drüsenhaar der Blüthe von *Lathraea Squammaria*, bestehend aus einem Stiele aus cylindrischen Zellen und einer eirunden Endzelle (Köpfchen). In letzterer ein dichtes feinkörniges Protoplasma mit grossem kugeligem Zellkerne (*n*); in den Stielzellen das Plasma (*pr*) den Zellkern (*n*) umschliessend, mit zahlreichen durch den Zellraum verlaufenden Plasmasträngen und mehreren Saftäumen (*ss*); *m* Zellmembran. Vergr. 240/1.

bei Monocotylen (Krystall-, Gerbstoffschläuchen, Milchröhren etc.) F. Johow (J. D. Bonn 1880) nachgewiesen.

Die Chemie des Protoplasma, des wichtigsten, niemals fehlenden Theiles der lebenden Zelle und des eigentlichen Lebensträgers derselben, ist trotz verschiedener diesbezüglicher Untersuchungen der Neuzeit (Reinke 1881, F. Schwarz 1886*) wenig aufgeschlossen. Jedenfalls ist seine chemische Zusammensetzung, in der Proteinstoffe eine Hauptrolle spielen, eine sehr verwickelte, mannigfaltige und mit Rücksicht auf seine Functionen im Leben der Zelle eine fortwährend wechselnde.

Es hat eine neutrale oder alkalische Reaction und die Fähigkeit, aus sehr verdünnter alkalischer Silberlösung metallisches Silber auszuschleiden, im Gegensatz zu dem toten Plasma, welches diese Eigenschaft nicht besitzt, übrigens in den betreffenden Zellen mehr oder weniger geschrumpft und desorganisirt ist. Farbstoffe werden nur vom toten Protoplasma gespeichert. Um eine Färbung des Protoplasma in frischen, lebenden Zellen durch Tinctionsmittel herbeizuführen, muss dasselbe früher getödtet werden, am besten mit absolutem Alkohol.

Wie Tangl (Pringsheim's Jahrb. XII, 1879, 81) an einer Reihe von Beispielen zuerst gezeigt hat, stehen die Plasmakörper benachbarter Zellen durch die Tüpfel der Zellmembran, beziehungsweise durch ein System von feinen, die Zellmembran durchsetzenden Plasmafäden in directer Communication, und Kienitz-Gerloff (Stud. über Protoplasmaverbindungen etc. Bot. Centralbl. XII, Bd. 46, 1891) glaubt aus seinen Untersuchungen den Schluss ziehen zu dürfen, dass die sämtlichen lebenden Elemente des ganzen Pflanzenkörpers durch Plasmafäden miteinander verbunden sind.

Was den Zellkern betrifft, so ist meist nur einer in einer Zelle vorhanden, nur ausnahmsweise kommen, zumal in sehr langgestreckten Zellen, mehrere Zellkerne vor. Die allgemeine Verbreitung des Vorkommens des Cytoblasten auch in mit Reservestoffen erfüllten Zellen der Samen von Gymnospermen, Mono- und Dicotylen, hat insbesondere O. W. Köppen (Ueber das Verhalten des Zellkernes im ruhenden Samen. J. D. Jena 1887) und sein Vorkommen in den verschiedenartigsten Secret- resp. Excretbehältern

*) Vergl. auch A. Zimmermann, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Heft I. Tübingen 1890.

In den meisten Fällen zeigt der Zellkern in lebenden Zellen innerhalb einer feinkörnigen, plasmaartigen Grundmasse 1—2, selten mehr, gewöhnlich scharf hervortretende grössere Körnchen, die sogenannten Kernkörperchen (Nucleoli). Nach den neueren Untersuchungen über die feinere Structur des Zellkernes besteht er im ruhenden Zustande aus: *a*) dem Kerngerüste (Nucleoplasma), in Form von zarten, zu einem Netzwerke zusammentretenden oder auch zu einem einzigen langen, gewundenen Faden (Kernfaden) verschmolzenen Fäden, nach Strasburger aus Nucleo-Hyaloplasma und Nucleo-Mikrosomen; *b*) dem Kernsaft (Kernplasma), welcher die Zwischenräume des Kerngerüsts ausfüllt als structurlose, plasmaartige Masse, respective als wässrige Lösung, und *c*) der Kernhaut (Kernwandung), welche nicht immer eine zusammenhängende, continuirliche Masse darstellen soll. Von Einschlüssen des Zellkernes sind, abgesehen von den Kernkörperchen, besonders Protein-Kristalloide (siehe: Proteinkörper), zu nennen, welche einzeln oder zu mehreren, selbst vielen in einem Zellkerne auftreten können. Ein bekanntes Beispiel sind die Zellkerne in der Epidermis des Fruchtknotens von *Lathraea Squammaria*. Besonders A. Zimmermann (Beiträge zur Morpholog. etc. Heft I und II) hat ihre Verbreitung in verschiedenen Pflanzenfamilien nachgewiesen.

Es wird angenommen, dass eine Neubildung von Zellkernen durch directe Differenzirung des Protoplasma nicht stattfindet, sondern die Vermehrung der Zellkerne ausschliesslich durch Theilung bereits vorhandener Cytoblasten erfolgt.

Um die Zellkerne sichtbar oder doch deutlicher sichtbar zu machen, kann man zweckmässig Cochenilleauszug oder Cochenille-Glycerin verwenden, sonst Haematoxylin-, Methylgrün-, Safranin-, Gentianaviolettlösung, bei lebenden Zellen nach vorausgegangener Behandlung mit absolutem Alkohol (oder auch mit 1% Chrom- oder mit Pikrinsäure etc.) behufs der Fixirung (d. i. Tödtung) des Zellkernes.

Oft sondern sich schon in diesem Stadium des Zellenlebens aus dem Plasma verschiedene geformte Inhaltsstoffe (Chromatophoren, zumal Leukoplasten, Amylumkörner etc.) der Zelle ab.

In diesem jugendlichen Zustande zeigt also die lebende Pflanzenzelle innerhalb einer zarten Zellstoffhülle (Fig. 126 *m*) einen Inhalt, der wesentlich aus dem Zellkerne (*nn*), dem einfachen oder mehrfachen Safttraume (*ss*) und dem Reste des Plasma (*pr*) besteht. Ist ein einfacher Zellsafttraum vorhanden, dann nimmt dieses Plasma meist den periferen Theil der Zellenhöhlung ein, der Zellwand dicht anliegend (Wandplasma). Es zeigt hiebei häufig eine Schichtung in zwei Lagen, eine äussere, aus farbloser, homogener, gelatinöser Substanz bestehend, Hautschicht des Plasma Pringsheim's (Hyaloplasma, siehe oben), welche bei Einwirkung wasserentziehender Mittel (Glycerin, Zuckerlösung etc.) sich contrahirt, hautartig verdichtet und von der Wand ablöst (Primordialschlauch, H. v. Mohl,*) und eine innere, körnig-schleimige, Körnerschicht des Plasma Pringsheim's (Körnchenplasma). Letztere enthält den (wandständigen) Zellkern und die verschiedenen, etwa schon vorhandenen geformten Inhaltsstoffe (Leukoplasten, Chlorophyll etc.**), und zeigt zuweilen an der Grenze zur Zellflüssigkeit eine eigenthümliche, der Zellwand entlang folgende Bewegung (Rotation, z. B. *Valisneria spiralis*). Sind mehrere Saftträume, wie in Fig. 126 *ss*, vorhanden, so liegt der Zellkern bald wandständig, bald in der Mitte oder der Mitte der Zelle genähert (centraler Zellkern), umgeben von einer Plasmaansammlung (Kerntasche), welche einfache und verzweigte Stränge zwischen den Vacuolen aussendet, die sich mit dem Wandplasma vereinigen. Sehr oft lässt auch das so vertheilte Protoplasma eine Bewegungserscheinung (Circulation) wahrnehmen, die in einer complicirten Strömung der Körnchenmasse von und zum Zellkern und

*) Diesen Vorgang am Plasma unter dem Einflusse wasserentziehender Mittel hat man als Plasmolyse bezeichnet.

**) A. Zimmermann unterscheidet die Einschlüsse des Cytoplasma als solche mit activer Rolle (plasmatische Einschlüsse: Zellkern und Chromatophoren) und solche mit passiver Rolle (Amylumkörner, Krystalle, Proteinkörner und Krystalloide, Oeltropfen etc.).

längs der Zellwand besteht (Zellen der Haare mancher Pflanzen, z. B. von *Urtica*, *Lathraea*, *Tradescantia*).

Mit vorgeschrittener Entwicklung der Zelle verschwindet diese Anordnung des Zelleninhaltes, indem auf Kosten des Plasma und zum Theile auch des Zellkernes die verschiedenen formlosen und geformten Inhaltsstoffe entstehen, so dass man später in den Zellen eine homogene Flüssigkeit oder die verschiedenen festen geformten Körper in einer wässrigen Lösung, gewöhnlich neben Resten des Plasma antrifft.

II. Die Inhaltsstoffe der Pflanzenzelle und ihre mikroskopische Nachweisung.

1. Stärke. *Amylum*.

Die Stärke gehört zu den häufigsten Stoffen, welche als Inhalt in Pflanzenzellen auftreten. Ganz allgemein ist ihr Vorkommen bei den Blütenpflanzen, und hier findet sie sich insbesondere in jenen Organen in großer Menge abgelagert, welche als Behälter der Reservenernährungsstoffe dienen (Knollen, Wurzelstöcke, Wurzeln, Samen etc.). Unter den blüthenlosen Stengelpflanzen führen die Farne und zum Theil auch die Laubmoose Stärke; Pilzen und Flechten fehlt sie gänzlich.

Die Stärke kommt wohl stets geformt vor*) und stellt, als Stärkemehl, verschieden gestaltete, fast immer farblose, durchsichtige Körnchen von 2—185 μ Durchmesser dar.

In manchen Drogen trifft man die Stärke formlos an, in kleisterartig aufgequollenem Zustande, so in manchen Stücken der *Radix Jalapae*, *Sarsaparillae*, *Curcumae*, *Chinae nodosae*, *Salep* u. a. Dieses Vorkommen rührt von der Einwirkung höherer Temperatur her, welcher diese Pflanzentheile behufs ihrer rascheren Trocknung ausgesetzt wurden.

Das Stärkemehl ist in kaltem Wasser, in Alkohol, Aether, fetten und flüchtigen Ölen unlöslich; in heissem Wasser, in verdünnten Säuren und in Kalilauge schwellen die Körnchen von Innen nach Aussen sehr bedeutend an; ähnlich wirkt Millon's Reagens und Cuoxam; anhaltendes Kochen in Wasser oder verdünnten Säuren verwandelt sie in lösliche Stärke und schliesslich in Zucker, löst sie daher auf. In concentrirten Mineralsäuren schmelzen die Körnchen, ohne aufzuquellen, von Aussen her. Jodwasser oder Jodsolution färben sie indigoblau, ohne sie hiebei zu verändern, Jod mit Schwefelsäure unter starkem Aufquellen reinblau, Chlorzinkjod violett bis blau. Organische Farbstoffe nehmen die unveränderten Stärkekörner nicht auf, wohl aber die gequollenen.

Unter dem Mikroskope erscheinen die Stärkekörner als solide Körper, welche bei hinreichender Grösse von Aussen nach Innen aus abwechselnd dichteren und minder dichten Schichten bestehen, welche sich um einen organischen Mittelpunkt, den Kern, herumlegen, und zwar sind diese Schichten entweder rings um den Kern überall gleich stark (Fig. 129, 1, 2), so dass dieser mit der Mitte des Stärkekorns zusammenfällt (centraler Kern und concentrische Schichtung), z. B. *Amylum Tritici*, *Secalis*, *Hordei*, oder es sind die Schichten nach verschiedenen Seiten hin ungleich entwickelt (4, 5), nach einer Seite dicker als nach der entgegengesetzten; dadurch erscheint der Kern aus der Mitte gegen die dünnere Seite hin gerückt (excentrischer Kern und excentrische Schichtung), z. B. *Amylum Solani*, *A. Marantae*. Im letzteren Falle setzen sich zuweilen wenigstens die äusseren Schichten der dickeren Seite gar nicht auf die entgegengesetzte Seite fort, sondern keilen sich allmählig aus (3, 10) und bilden so blosse Schalenstücke (Meniskenschichtung), z. B. *Amylum Curcumae*, *A. Cannae*, *A. Musae*.

*) Hartig, *Anat. und Physiol. der Holzpflanzen*, pag. 107, gibt an, formlose Stärke als Uebersetzung grosser Krystalle im Marke von *Serjania* gefunden zu haben.

Die dichteren Schichten erscheinen weisslich oder bläulich weiss, die minder dichten röhlich; gewöhnlich ist die Grenze zwischen je einer dichten und minder dichten Schicht scharf gezeichnet. Dieser optisch hervortretende Unterschied in der Dichtigkeit der Schichten wird nach Nägeli (Die Stärkekörner, 1858) durch einen verschiedenen Wassergehalt derselben bedingt, wie aus dem Umstande hervorgeht, dass bei Einwirkung wasserentziehender Mittel, z. B. von absolutem Alkohol, die Schichtung verschwindet und das ganze Korn ein gleichförmiges, weissliches Aussehen erhält. Ausser diesem Wechsel von wasserreicheren und wasserärmeren Schichten nimmt der Wassergehalt des Kornes von Aussen nach Innen zu. Der Kern desselben ist die wasserreichste Stelle. Beim Austrocknen des Kornes verwandelt er sich daher häufig in eine mit Luft erfüllte Höhlung (Kernhöhle), und da in den einzelnen Schichten der Wassergehalt in tangentialer Richtung grösser ist als in radialer, so entstehen hiebei Risse, welche, von der Kernhöhle ausgehend, die Schicht in radialer Richtung durchsetzen und ihr oft ein spalten- oder sternförmiges Aussehen verleihen.

Unter dem Polarisationsapparate zeigen viele der grösseren Stärkekörner ein sehr zierliches schwarzes Kreuz, dessen Arme sich im Kerne schneiden. Ist dieser central, so sind die Schenkel des Kreuzes gleich, bei excentrischem Kerne dagegen ungleich.

In chemischer Beziehung ist jedes Stärkekorn aus Stärkesubstanz, Wasser und sehr geringen Mengen von Aschenbestandtheilen zusammengesetzt. Erstere selbst besteht wenigstens aus zwei Modificationen, die an jedem sichtbaren Punkte eines Stärkekornes neben einander gelagert vorkommen; die eine davon wird durch Speichel bei 40—47° C., durch verdünnte, keine Quellung hervorbringende Salz- und Schwefelsäure nach längerer Einwirkung, durch organische Säuren, Diastase, Pepsin und andere Agentien aufgelöst. Nägeli nennt sie Granulose. Nach Einwirkung dieser Mittel zeigt das Stärkekorn noch alle Structurverhältnisse des unveränderten Kornes, nur ist das zurückgebliebene Gerüst substanzärmer (beweglicher in Wasser), färbt sich durch Jod gar nicht oder wenigstens nicht blau, sondern kupferroth in verschiedenen Tönen, quillt in heissem Wasser nicht auf und löst sich in Cuoxam. Diesen Rückstand hält Nägeli für Zellstoff, v. Mohl für ein anderes Kohlehydrat, Farinose von ihm genannt.

Ein Theil der Granulose ist in kaltem Wasser löslich. Zerreibt man Stärkemehl mit Wasser in einem Achatmörser oder mit Quarzsand in einem Porzellanmörser und filtrirt dann die erhaltene schleimige Flüssigkeit durch schwedisches Filtrirpapier, so erhält man ein vollkommen reines Filtrat, welches die Jodreaction gibt.

Nach W. Nägeli (1874) ist die Stärke in unverändertem Zustande in Wasser unlöslich; sie wird nur darin löslich, wenn Quellung vorausgeht (in geringem Grade ist dies schon beim Zerschneiden oder Zerreiben der Körner der Fall). Sie besteht aus verschiedenen Modificationen, welche einerseits durch den verschiedenen Grad von Widerstandsfähigkeit gegen Lösungsmittel, andererseits durch ihr Verhalten gegen Jod charakterisirt sind.

Nach A. Meyer (1886) enthält das Stärkekorn nur eine Substanz, die einheitliche Stärke. Die nach Einwirkung von Speichel oder verdünnter Säure zurückbleibenden Stärkeskelette bestehen nicht aus Cellulose, sondern aus einem Umwandlungsproducte der Stärke, Amylodextrin.

In verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen*) färben sich die Stärkekörnchen oder ihnen analoge körnige Inhaltsstoffe mit Jod nicht blau, sondern roth, violettroth oder braunroth, so im Arillus und im Marke des Stengels von *Chelidonium majus* (Nägeli), im Ovarium, der Placenta und Embryo verschiedener Orchideen (*Serapias Lingua*, *Goodyera* etc., Treub), in keimenden amyulfreien Samen (*Sinapis alba*, Tschirch), im sogenannten Klebreise und der Klebehirse (A. Meyer, Shimoyama), im



Fig. 127.

Amylodextrinkörner aus dem Zellinhalte der Macis.
Vergr. 1200 / 1.

*) A. Meyer, Ueber Stärkekörner, welche sich mit Jod roth färben, Ber. d. d. Bot. Ges., IV, 1886, 337, gibt eine Zusammenstellung der Pflanzen, in welchen bisher die „rothe Stärke“ gefunden wurde. Er glaubt, dass die Körner durch ein während der Bildung einwirkendes diastatisches Ferment diese Eigenschaft angenommen haben, und vergleicht sie mit den beim Keimen stärkehaltiger Samen sich in diesen findenden veränderten Stärkekörnern.

Endosperm von *Panicum miliaceum* aus China (Dafert 1885). Hieher gehören auch die eigenthümlichen Inhaltskörner des Gewebes der offic. Macis (Fig. 127). Tschirch (1888, Ber. d. d. bot. Ges. VI.) nennt sie Amylodextrinstärke und vermuthet, dass sie mit Amylodextrin imprägnirte Stärkekörnchen darstellen (siehe pag. 181). Auch die mit Jod sich braunroth färbenden Körnchen im Zellinhalte zahlreicher Florideen (Florideen- oder Rhodophyceenstärke) sind nach ihm vermuthlich Amylodextrinstärke.



Fig. 128.

Aus dem Knollen von *Phajus grandifolius*. A ausgewachsene, a in Entwicklung begriffene, mit Leucoplasten (L) noch zusammenhängende Amylumkörner; bei A' ein Stärkekorn mit seitlich angelagerten Schichten. L' Leucoplasten, um den Zellkern N gelagert, in diesem mehrere Kernkörperchen. Vergr. 700/1.

Fig. 129.

Formen der Stärkekörner: 1. Von *Triticum vulgare*, 2. von *Pisum*, 3. von *Curcuma*, 4. von *Solanum*, 5. von *Sagus*, 6. von *Avena sativa*, 7. von *Colchicum*, 8. von *Agrostemma Githago*, 9a. von *Euphorbia resinifera*, 9b. *Euphorbia Helioscopia*, 10. von *Musa*, 11. von *Zea Mais*, 12. Leucoplasten mit ihren Stärkekörnern von *Iris Germanica*. Vergr. 500/1.

Hieher gehört vielleicht auch das im Thierreiche sehr verbreitete Glykogen, ein dem Dextrin und der löslichen Stärke nabestehendes Kohlehydrat, welches auch in Pflanzen, so namentlich von Errera (1882) in verschiedenen Pilzen (*Tuber*, *Mucor Mucedo*, *Aethalium septicum* etc.) aufgefunden wurde. Seine stark rechts drehenden, durch Alkohol fallbaren Lösungen färben sich mit Jodsolution roth oder braun. (Vergl. Tollens, Kurzes Handbuch der Kohlehydrate. Breslau 1888.)

Die Stärke entsteht im Assimilationsgewebe, in den Chlorophyllkörnern der grünen Pflanzentheile, aus Kohlensäure und Wasser unter dem Einflusse des Lichtes (autochthone Stärke). Sie tritt darin zuerst auf unter der Gestalt sehr kleiner punktförmiger Körnchen, die sich allmählig vergrössern und schliesslich durch Verdrängung der Chlorophyllmasse frei werden. Aus den grünen Pflanzentheilen wandert die hier producirte Stärke in die übrigen Organe der Pflanze, um hier als Baumaterial der Zellwände verwendet zu werden.

Um diese Wanderung zu vollziehen, wird sie aufgelöst und vorübergehend in kleinkörniger Form in verschiedenen Geweben ausgeschieden (transitorische oder Wanderstärke). Was nicht verbraucht wurde, wird in bestimmten Geweben und Organen

(Mark, Markstrahlen, Holzparenchym des Stammes, in Knollen, Rhizomen etc.) als Reservahrung (Reservstärke) aufgespeichert, wobei sich die Stärke wieder in geformtem Zustande ausscheidet. Hierbei spielen die Leukoplasten (Stärkebildner) in vielen Fällen eine wichtige Rolle, indem sie die ihnen in gelöster Form zugeführten Kohlehydrate zu Stärkekörnern organisieren.

Die Leukoplasten, von Crüger (1854) entdeckt, von Schimper (1880) zuerst genauer studirt, sind bestimmt differenzierte farblose Plasmatheilchen von kugelige, eirunde, zuweilen spindel- oder stäbchenförmiger Gestalt, bei Dicotylen gewöhnlich sehr klein, bei Monocotylen grösser, oft selbst ansehnlich. Sie finden sich in allen Familien der Cormophyten und lassen sich nach Zimmermann drei verschiedene Arten ihres Vorkommens, der Function nach, unterscheiden: 1. Sehr allgemein findet man sie in der Epidermis phanerogamer Pflanzen, zumal in der Umgebung des Zellkernes, denselben oft ganz einhüllend; 2. in jugendlichen, noch nicht differenzierten oder im Beginn der Differenzirung stehenden Zellen, z. B. in Meristemen, in der Eizelle u. s. w. In beiden Fällen haben sie wohl mit der Stärkebildung nichts zu thun; dies ist der Fall aber bei ihrem Vorkommen 3. in chlorophyllfreien Geweben, in denen gelöste Assimilationsproducte in Reservstärke verwandelt werden.

Sehr bekannte Beispiele sind die Leukoplasten der Knollen von *Phajus grandifolius* (Orchidee, Fig. 128 L), deren gestreckte, lineale oder fast biscuitförmige Gestalt durch ein stabförmiges Krystalloid veranlasst ist, sowie die Stärkebildner in dem Wurzelstocke von *Iris*-Arten, z. B. *I. Germanica* (Fig. 129, 12). In beiden Fällen entsteht das Amylumkorn oberflächlich im Stärkebildner, dem er bei weiterem Auswachsen seitlich aufsitzt, weshalb die Stärkekörner eine excentrische Lage des Kernes zeigen, welcher dem Leukoplasten abgewendet ist; bei der Bildung des Stärkekornes in anderen Fällen im Innern des Leukoplasten hat sein Kern eine centrale Lage.

Zur Fixirung der Leukoplasten (bei lebendem Material) wird Jodwasser oder Alkohol und Pikrinsäure, hier mit nachfolgender Tinction mit Gentianaviolett oder Tinction mit Säurefuchsin (Zimmermann) empfohlen. Sehr gut bringt man sie auch mit Cochenille-Glycerin, nach vorheriger Behandlung mit absolutem Alkohol, zur Anschauung.

Die Formen der Stärkekörner sind mannigfaltig (Fig. 129). Im Allgemeinen unterscheidet man einfache und zusammengesetzte, welche in der Regel nicht gleichzeitig in einer und derselben Pflanze vorkommen. Das jugendliche, einfache Stärkekorn ist wohl immer kugelig; bei seiner weiteren Entwicklung behält es selten diese primitive Gestalt, es wächst vielmehr zu verschiedenen, allerdings am häufigsten gerundeten Formen heran. Häufig sind eirunde, eiförmige, längliche, nierenförmige, nicht flachgedrückte oder mehr oder weniger abgeplattete, und dann scheibenrunde, von der Seite gesehen linsenförmige (1), flach eirunde, muschelförmige, flach längliche (3, 4) etc. Körner. Seltener kommen unregelmässig rundliche, knollige, stabförmige, spindelförmige, keulenförmige oder, wie im Milchsaft der fleischigen Euphorbien, ganz sonderbar gestaltete, zum Theile an Röhrenknochen erinnernde (Humerusform) oder gelappte Körner (9) vor. Manchmal erscheinen einfache Stärkekörner polyedrisch, z. B. im Endosperm des Mais (11), dann nämlich, wenn ursprünglich kugelige Körner, bei dichtgedrängter Lage innerhalb der Zelle wachsend, durch gegenseitigen Druck sich abplatten.

Zusammengesetzte Körner (Fig. 129, 5 bis 7) kommen sehr häufig vor. Bald sind nur wenige, gewöhnlich 2—6 (7), sehr regelmässig miteinander verbunden (*Radix Sarsaparillae*, *Radix Ipecacuanhae*, *Radix Turpethi*, *Bulbus Colchici* etc.), bald (6) ist eine grössere Anzahl (80 und weit darüber*) zu grossen, kugeligen, eirunden, länglichen oder spindelförmigen Stärkekörnern vereinigt (Endosperm von *Oryza*, *Avena*, *Lolium* etc.). Hieher gehören wohl auch die keulenförmigen, eirunden etc. Stärkekörper des Samens von *Agrostemma Githago* (8) und anderer

*) Im Samen von *Chenopodium Quinoa* bis 14.000, im Samen von *Spinacia* bis 30.000 (Nägeli).

Caryophyllaceen. Die Einzelkörnerchen der zusammengesetzten Körner bezeichnet man gewöhnlich als Theil- oder Bruchkörner. Entsprechend der Art der Zusammensetzung, ihrer Zahl und Lagerung im Ganzkorne sind die Bruchkörner bald mit einer, bald mit mehreren, bald durchaus mit ebenen Begrenzungsflächen versehen. Bei aus zwei zusammengesetzten Körnern sind die Bruchkörner pauken- oder kurzkegelförmig, bei der Zusammensetzung aus 3—6 mit einer gewölbten und zwei bis mehr ebenen Flächen versehen. Wo zahlreiche Körnerchen an der Zusammensetzung participiren, da sind selbstverständlich nur die periferisch gelagerten mit einer gerundeten Fläche versehen; die inneren Bruchkörner sind polyedrisch. In Bezug auf Kern und Schichtung verhalten sich die Bruchkörner wie die einfachen Stärkekörner; Schichtung ist jedoch selten vorhanden.

Als halbzusammengesetzte Stärkekörner bezeichnet man solche, bei denen zwei oder mehr Körner, häufig in regelmässiger Zusammensetzung, von mehreren gemeinschaftlichen Schichten umgeben sind. Sie finden sich einzeln unter gewöhnlichen Stärkekörnern z. B. in der Frucht von *Solanum tuberosum*, in *Radix Calumbae*, in *Lathraea squammaria* u. a. *)



Fig. 130.

Parenchymzellen aus der Wurzel von *Helianthus tuberosus* mit grossen und kleineren Inulin-Sphärokrystallen. Vergr. 200/1.

Die Gegenwart des Stärkemehles weist man nach, abgesehen von seiner Form, durch seine charakteristische Blaufärbung mit Jod. In manchen, besonders auch in sehr jungen Geweben, ist seine Nachweisung oft schwer. Ist in solchen Fällen kein Blattgrün vorhanden, so erwärmt man feine Schnitte in Kalilauge, neutralisirt mit Essigsäure und setzt Jodsolution oder Chlorzinkjod zu. Man findet dann in den betreffenden Zellen aufgequollene blaue Körnerchen oder einen blaugefärbten Kleister. Ist Chlorophyll vorhanden, so muss man den Pflanzentheil, z. B. ein Blatt, früher in starkem Alkohol in der Sonne ausbleichen, bevor man das eben erwähnte Verfahren anwendet, oder man gibt zu dem Objecte direct, oder nach Behandlung mit Alkohol auf dem Objectträger, einen Tropfen Chlorallösung und Jodsolution, wobei, im ersteren Falle unter rascher Lösung des Farbstoffes, die aufgequollenen Amylumkörnerchen sich mit Jod blau färben (A. Meyer).

2. Inulin.

Das Inulin kommt stets gelöst in lebenden Zellen vor, ganz besonders reichlich in den unterirdischen Theilen der Compositen (*Inula Helenium*, *Lappa*, *Taraxacum*, *Helianthus*, *Artemisia*, *Dahlia* etc.), nach Kraus (1875) auch bei *Campanulaceen*, *Lobeliaceen*, *Goodeniaceen* und *Stylideen*, sowie in der Wurzel von *Jonidium Ipecacuanha* (*Violacee*). Es tritt hier als Ersatz der Stärke auf.

Die in den Zellen auftretende Inulinlösung ist meist concentrirt, stark lichtbrechend, farblos oder gelblich gefärbt; eingetrocknet bildet sie einen homogenen, glasigen, den Zellraum ausfüllenden oder in kantige Stücke zerfallenen Klumpen. In manchen Drogen (*Radix Enulae*, *Radix Bardanae*) zeigen die Inhaltmassen mehr oder weniger deutlich das Aussehen von Sphärokrystallen (s. w. unten). In kaltem Wasser

*) Tschirch (l. c. 81) nennt für praktische Zwecke die für eine Stärkesorte charakteristischen Körner die typischen, die meist auch die Hauptform sind; manchmal aber ist die typische Form weniger häufig und dann nennt er sie „Leiter“.

zerfließt der eingetrocknete Inulininhalt langsam, rasch in warmem Wasser, ebenso beim Erwärmen in Glycerin, Essigsäure, Aetzammoniak. Concentrirte Mineralsäuren und Kalilauge lösen ihn ohne weiters. Alkohol, Glycerin und Chlorecalcium erzeugen in einer Inulinlösung einen weissen, feinkörnigen, durch Jod sich nicht gelb färbenden Niederschlag. Aus stark concentrirten Lösungen scheidet sich nach längerer Zeit ein schlammiger Bodensatz ab, aus nicht gesättigten Lösungen dagegen eine Masse, die aus eigenthümlichen krystallinischen Körnern besteht. Diese sogenannten Sphärokrörner oder Sphärokrystalle des Inulins (Fig. 130 und 131) sind im Allgemeinen kugelig, häufig knollig oder traubenförmig verwachsen, zeigen radial verlaufende Risse und Streifen, als ob sie aus strahlig aggregirten Krystallnadeln zusammengesetzt wären. Im polarisirten Lichte erweisen sie sich doppelbrechend; sie sind nicht quellungsfähig und zeigen sonst das oben für den eingetrockneten Inulininhalt beschriebene Verhalten.

Zum mikroskopischen Nachweise des Inulins lässt man die zu untersuchenden frischen Theile (Stengel, Wurzeln etc.), wo nöthig, der Länge nach halbirt, einige (5—8) Tage in starkem Alkohol liegen. An feinen Schnitten durch die so vor-

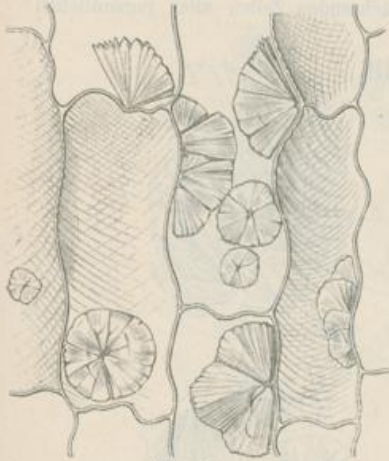


Fig. 131.

Partie eines Längenschnittes aus dem Knollen von *Dahlia variabilis* mit gestreifter Zellwand und Inulin-Sphärokrystallen im Zellinhalte. Vergr. 200/1.

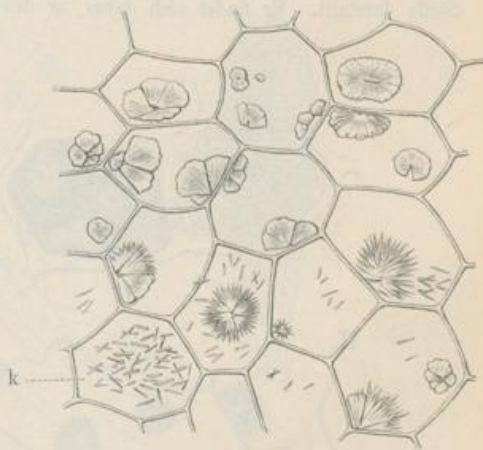


Fig. 132.

Partie der Epidermis der Oberseite von *Folia Bucco* mit Sphärokrystallen des Hesperidins. Bei k die Sphärokrörner in kleine Krystallnadeln zerfallen. Vergr. 400/1.

bereiteten Theile sieht man dann unter dem Mikroskope theils im Zellraume, der Wand aufsitzend, theils ganze Gewebspartien durchsetzend, die so charakteristischen Sphärokrystalle (Fig. 130 und 131).

Es ist indess zu bemerken, dass nicht jeder inulinhaltige Pflanzentheil nach obiger Behandlung die Sphärokrystalle gibt; ihre Bildung scheint von gewissen Umständen, namentlich von der gleichzeitigen Anwesenheit anderer Inhaltsstoffe, vielleicht auch von der Gewebsform beeinflusst zu sein. Möglicherweise handelt es sich um verschiedene Modificationen des Inulins.*) Besonders schön entwickeln sie sich in weitzelligem Gewebe. Inulinreiche Blätter (*Lappa*), in Kalilauge gekocht, geben, nachdem kleine Partien ihres Gewebes auf dem Objectträger in einem Tropfen Glycerin suspendirt wurden, Sphärokrystalle in grosser Menge.

*) In allen knollentragenden Compositen fand Popp (1870) ein das „organisirte“ Inulin begleitendes Kohlenhydrat, *Synanthrose*, und eine wahrscheinlich damit genetisch zusammenhängende lösliche Modification des Inulins, *Inuloid*. Nähestehend sind auch das *Triticin* (s. p. 526), das *Stinistrin* (p. 521) und *Irisin* in *Iris Pseudo-Acorus* und anderen Irisarten. (Vergl. auch Tollens l. c. pag. 206.)

Sphärokrystalle sind ausser von Inulin auch von Zucker (s. das Folgende), von Hesperidin*) in den Epidermiszellen von *Folia Bucco* (Fig. 132), *Folia Conii*, *Fructus Aurantii immaturi* u. A., und von einigen nicht näher erkannten organischen Körpern beobachtet worden, so in der Oberhaut von *Cocculus laurifolius* (Kraus 1872), in einigen Gefässkryptogamen und tropischen Orchideen (Russow 1872) und in den Blättern von *Reseda Luteola* (Vogl 1872). Der die meisten Parenchymzellen der Rinde einer Wurzel aus Mexiko unbekannter Abstammung (vielleicht Polygalacee) erfüllende Inhalt, seinem mikroskopischen und sonstigen Verhalten nach wesentlich aus Saponin bestehend, zeigt gleichfalls das Aussehen von Sphärokrystallen.

3. Zucker.

Die verschiedenen Zuckerarten kommen im Inhalte der lebenden Zelle nur als Lösung vor. Am verbreitetsten ist der Traubenzucker, welcher, wahrscheinlich neben Dextrin, das vermittelnde Glied bei der Metamorphose der zellhautbildenden Stoffe darstellt. Er findet sich daher in den wachsenden Zellen aller jugendlichen

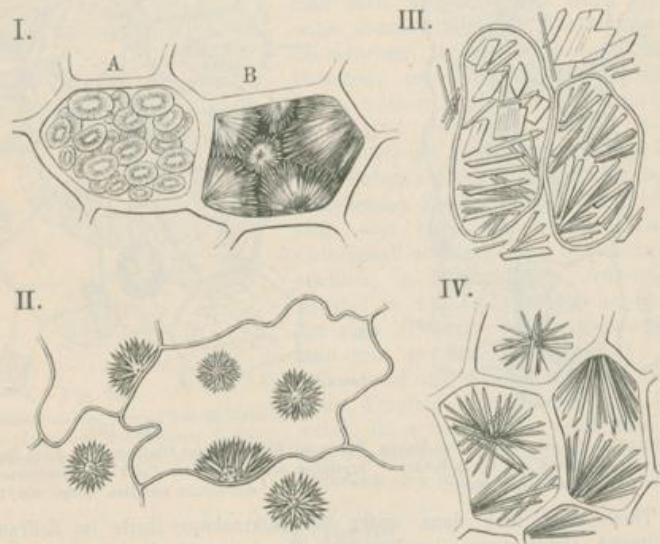


Fig. 133.

Zucker in Einzelkrystallen (III.), strahligen Gruppen (II., IV. und I. B) und Sphärokrystallen (I. A).
I. aus den Knollen von *Melanthium Cochinchinense*, II. aus *Bulbus Scillae*, III. aus Datteln, IV. aus Rosinen.

Pflanzentheile, im Ablagerungsgewebe der Reservestoffe, bevor die betreffenden Organe reif geworden sind (im Endosperm der Samen, in unreifen Kartoffeln etc.) und ebenso in den Geweben, deren Reservestoffe sich auflösen (im Endosperm von *Zea Mais*, *Ricinus* etc. bei der Keimung).

Mit Fruchtzucker (Laevulose) zusammen kommt er zum Theil sehr reichlich in zahlreichen süß oder säuerlich-süß schmeckenden Früchten vor, oft daneben auch Rohrzucker, aus dem nach Buignet wahrscheinlich beide hervorgehen. Der

*) Die Sphärokrörner oder Krystalle des Hesperidin lösen sich in Alkalien oder kalihaltigem Weingeist mit gelber oder gelbröthlicher Farbe (Vergl. auch pag. 72).

Rohrzucker tritt sonst in grösserer Menge vorzüglich im Stengel mehrerer Gramineen, (*Saccharum*, *Sorghum saccharatum*, *Zea Mais*) und in den fleischigen Wurzeln einiger krautartigen Gewächse (*Beta*) auf, wo er die Rolle eines Reservenernährungsstoffes spielt, vorübergehend im Frühlingssaft einiger Bäume (*Acer saccharinum*) und in geringeren Mengen in manchen Früchten und Samen.

Seltene Zuckerarten sind der Inosit (in unreifen Samen von *Phaseolus*, Hülsen und Samen von *Pisum*, *Ervum Lens*, in Blüten und Wurzeln von *Taraxacum officinale* etc.), sowie die dem Rohrzucker isomere Melitose (in der *Eucalyptus-Manna*), die Melezitose (in der *Manna larinica*) und die Mycose (im Mutterkorn und anderen Pilzen). Der den Zuckerarten nahestehende Mannit findet sich in verschiedenen Pilzen, in Algen (*Laminaria saccharina*), bei zahlreichen Pflanzen aus verschiedenen phanerogamen Familien, so in *Fraxinus Ornus*, *Olea Europaea*, *Scorzonera Hispanica*, *Triticum repens* etc., wo er vielleicht eine analoge Rolle spielt, wie der Rohrzucker, das Inulin etc. In grösster Menge findet er sich nach De Luca in allen Theilen des Ölbaumes. In den noch unentwickelten Blättern tritt er nur spärlich auf, vermehrt sich aber mit ihrem fortschreitenden Wachstum und vermindert sich während der Blüthezeit und wenn die Blätter anfangen, ihre grüne Farbe zu verlieren; in den gelben, abgefallenen Blättern ist er völlig verschwunden; die jungen Früchte sind sehr reich daran, in den reifen ist an seine Stelle fettes Oel getreten.

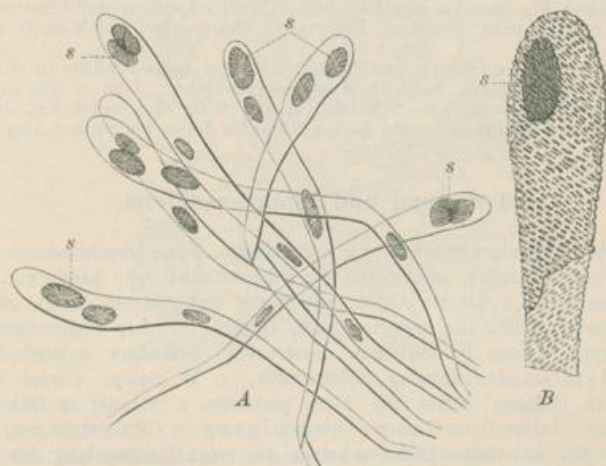


Fig. 134.

Sphärokrystalle von Zucker in keulenförmigen Haaren der oberen Antheren in Flores *Verbasci* (pag. 128).

Mikroskopisch zeigt sich die als Zellinhalt vorkommende Zuckerlösung als gleichförmige, schleimig-wässrige Flüssigkeit, in getrockneten Theilen als homogene, farblose, den Zellraum ausfüllende Masse, die schon in kaltem Wasser sogleich, auch in verdünntem Weingeist, nicht aber in starkem Alkohol oder in Aether sich löst.

In manchen Drogen tritt Zucker (Traubenzucker) in wohlausgebildeten, mitunter ansehnlichen Krystallen (Nadeln, Prismen, Tafeln) oder in sphärischen Krystallaggregaten, die zum Theile den Inulinsphärokrystallen täuschend ähnlich sehen, als Zellinhalt auf. Sehr schöne derartige Formen zeigen manche Stücke der getrockneten *Scilla* des Handels (Fig. 133, II.); grössere und kleinere Sphärokrystalle finden sich in colossaler Menge in den Knollen von *Melanthium Cochinchinense* (Fig. 133 I.), einzelne oder stellenweise gehäufte in den langen Antheren-Haaren von *Verbascum* (Fig. 134), auch wohl neben grossen oder kleinen Einzelkrystallen oder Krystallgruppen (Fig. 133. III. und IV.) in Datteln, Rosinen etc.

Mikroskopisch weist man die Anwesenheit von Zucker in den Zellen im Allgemeinen nach mit der bekannten Trommer'schen Probe. Schnittblättchen aus den betreffenden Theilen werden in ein Uhrschälchen mit Kupfersulfatlösung gebracht, nach einiger Zeit herausgenommen, in destillirtem Wasser ausgewaschen und schliesslich in einem Uhr- oder Porzellanschälchen mit etwas Kalilauge erwärmt. Bei Anwesenheit von Traubenzucker (oder Dextrin) findet man in den Zellen ziegelrothe oder orange gelbe Körnchen, bei Anwesenheit von Rohrzucker dagegen eine himmelblaue Flüssigkeit. Man kann auch rasch auf einem Objectträger die ganze Procedur vornehmen, indem man auf demselben drei Tropfen je von Kupfervitriollösung, Aq. destillata und Kalilauge anbringt, das Schnittblättchen zuerst in den Kupfervitriol-tropfen bringt, nachher in dem nächsten Tropfen auswäscht und endlich im letzten Tropfen bedeckt, nach Entfernung der bereits gebrauchten Flüssigkeiten durch Aufsaugen mit Filtrirpapier und Abwischen, vorsichtig über der Weingeistlampe erwärmt.

Flückiger benützt folgendes Reagens: 3 Th. Kupfervitriol, gelöst in 30 Th. heissem Wasser, werden mit 7 Th. Seignettsalz, gelöst in 20 Th. heissem Wasser, zusammengossen, der gesammelte und getrocknete Niederschlag aufbewahrt. Zum Zuckernachweise wird eine kleine Menge davon auf den Objectträger gebracht, ein Körnchen Aetznatron zugefügt, hierauf einige Tropfen Wasser, bis klare Lösung erfolgt. Mit dieser Lösung wird das Schnittblättchen befeuchtet. Fruchtzucker scheidet sofort rothgelbes Kupferoxydulhydrat aus, Traubenzucker (und Dextrin) nach gelindem Erwärmen, Rohrzucker (und Mannit) selbst beim Kochen nicht.

A. Meyer (1885) empfiehlt, zwei bis vier Zelllagen dicke Schnitte in eine gesättigte Kupfervitriollösung zu bringen, rasch in Wasser auszuwaschen, dann in eine siedend heisse Lösung von 10.0 Seignettsalz in 10.0 Aetzkali und 10.0 Aq. dest. zu bringen. Nach einigen Secunden entsteht in allen reducirenden Zucker führenden Zellen ein Niederschlag von Kupferoxydul.

4. Gummi und Pflanzenschleim.

Die hieher gehörigen*), chemisch noch wenig sicher erschlossenen Substanzen kommen, oft nebeneinander, im Inneren der Pflanzenzellen sehr häufig vor. Besonders reichlich finden sie sich bei den Algen, mit Stärke und anderen Stoffen oder für sich in allen Parenchymzellen der unterirdischen Organe mancher Phanerogamen, z. B. Radix Symphyti, häufig in einzelnen zerstreuten, besonders entwickelten Zellen, Schleimzellen (schleimführenden Schläuchen), z. B. Salep, Cortex Cinnamomi, Ulmi, in Malva, Althaea, Rinde von Abies pectinata u. a. oder in lücken-, gang- und canalartigen Intercellularräumen, Gummigängen (Schleimgängen), z. B. bei Cycas, Tilia etc. In vielen Fällen scheinen sie einer Umwandlung des Zellstoffes, vielleicht auch des Stärkemehles, ihren Ursprung zu verdanken.

Häufig treten diese Körper als Baustoffe der Zellwand auf (siehe pag. 582). So sind bei vielen Algen (Sphaerococcus crispus), Flechten und manchen Pilzen (Exidia, Tremella, Calocera viscosa), deren Gewebe ganz oder zum Theile sich schon in kaltem oder in kochendem Wasser in eine Gallerte auflösen, die Zellwände wahrscheinlich schon von allem Anfang an nicht aus eigentlichem Zellstoff, sondern aus Schleim aufgebaut. In anderen Fällen bildet der Schleim die Verdickungsschichten der Zellwände, so in den Schleimzellen der Weisstanne, im Zimmt, in Cortex adstringens Brasiliensis, in den Epidermiszellen vieler Samen (Linum, Cydonia, Plantago), in Pericarpium (viele Labiaten), sehr verbreitet auch in den Oberhautzellen vieler Laubblätter, hier eine Verdickungsmasse auf der Innenwand bildend (Folia Bucco, pag. 72, Serjania sp. nach Radlkofer 1875).

Die mitten im Stärkemehl-Parenchym liegenden Schleimzellen von Cinnamomum-Arten (Fig. 135, 136) zeigen, wenn man dünne Schnitte trocken unter dem Mikroskope

*) Tollens (l. c.) führt folgende Gummi- (Schleim-) Arten an: 1. Gummi Arabicum, 2. Cerasin (Kirsch-Pflaumengummi), 3. Bassorin (Traganth, Bassora-Gummi), 4. Pararabin (in fleischigen Wurzeln, z. B. Beta, Daucus), 5. Pflanzenschleim (Leinsamen-, Flohsamen-, Salep-, Althaea-, Quitten-, Salvia-Schleim etc.), 6. Holzgummi.

betrachtet und einen Tropfen Wasser vom Rande des Deckgläschens zutreten lässt, als Inhalt eine aufquellende, farblose, vollkommen homogene Schleimmasse, die jedoch auf weiteren Zusatz eines Tropfens Alkohol eine deutliche concentrische Schichtung erkennen lässt. Die Schichten sind oft ausserordentlich zahlreich und nicht selten um eine deutliche, allerdings sehr enge Zellenhöhlung geordnet (vergl. pag. 228). Ganz gleich verhalten sich die Schleimzellen der Malvaceen (z. B. in Radix Althaeae, pag. 352). Ob in allen Fällen die Schleimschichten ursprünglich als solche abgelagert wurden, oder ihre Entstehung der chemischen Umwandlung des Zellstoffes verdanken, ist noch nicht sichergestellt.

In Alkohol, Aether und in Oelen sind diese Substanzen unlöslich; Farbstoffe nehmen sie nicht auf; Jod färbt sie im Allgemeinen gelb (Salep, Symphytum), zuweilen violett oder weinroth (Cydonia), Jod mit Schwefelsäure gelb (Althaea) oder blau (Salvia, Salep).

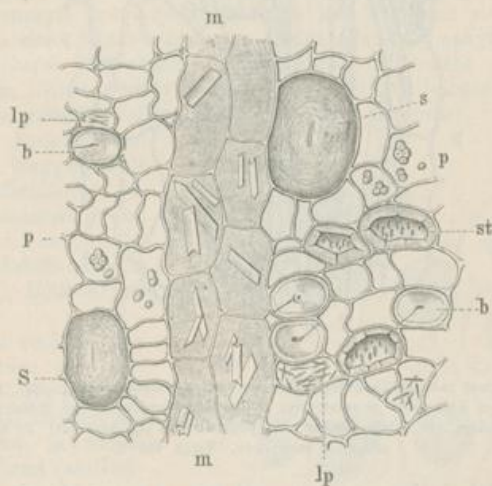


Fig. 135.

Partie eines Querschnittes aus der Innenrinde von *Cinnamomum Tamala* (pag. 229); *m* Markstrahl mit mehreren grösseren Kalkoxalatkrystallen in jeder Zelle, *bb* Bastzellen, begleitet von Zellen (*lp*) mit kleinen nadelförmigen Kalkoxalatkrystallen; *pp* Amyloid führendes Parenchym; *st* Sklerenchymzellen (Steinzellen); *s* Schleimzellen.

Vergr. 420 / 1.

Das eigentliche Gummi (Arabin) löst sich in kaltem Wasser vollständig und wird durch Alkohol oder Bleiessig, nicht durch Bleizuckerlösung gefällt; mit Kupfervitriollösung und Kalilauge erwärmt, gibt es intensiv blaue Flocken, welche nach Neutralisation mit Essigsäure auf Jodzusatz nicht violett werden. Pflanzenschleim quillt bald in kaltem Wasser blos auf, bald ist er darin zum Theile löslich; aus seiner Lösung wird er nicht nur durch Bleiessig, sondern auch schon durch Bleizucker gefällt.

Nach Kirchner*) zerfallen die verschiedenen Schleime (Quitten, Leinsamen, Flohsamen) beim Kochen mit 1-2% Säure in Cellulose und Gummi, welches letztere bei fortgesetztem Kochen in Zucker übergeht. Die Art des Zerfallens, und besonders die Quantität der resultirenden Producte, ist verschieden. Quittenschleim liefert am meisten Cellulose, während Lein-

*) Untersuchungen über den Pflanzenschleim, Inaug.-Dissert. Göttingen 1874.

und Flohsamenschleim sehr wenig davon geben. Der Pflanzenschleim ist also ein glycosid- oder ätherartiger Körper aus Cellulose und Gummi, entstanden auf analoge Weise, wie z. B. Essigäther aus Alkohol und Essigsäure unter gleichzeitiger Wasserabspaltung. Wie dieser Aether unter Wasseraufnahme wieder in Alkohol und Essigsäure zerfällt, so auch der Schleim in Cellulose und Gummi, respective Dextrin.

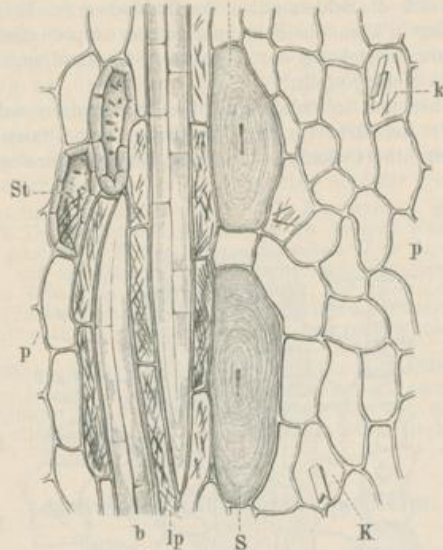


Fig. 136.

Partie eines radialen Längenschnittes aus Cortex Malabathri (pag. 229), *K* & *K* Kristalle von Kalkoxalat in zerstreuten Zellen des Parenchyms der Mittelrinde *p*; *b* Bastzellen, von axialen Reihen von Kristallzellen (*ip*) begleitet; *S* Schleimzellen, *St* Steinzellen. Vergr. 420/1.

In Begleitung der eben besprochenen Körper treten gewiss sehr häufig auch die chemisch noch ungenügend bekannten Pectinstoffe sowohl im Zellinhalte als in der Zellmembran (siehe pag. 583) auf. Offenbar stehen sie mit einander in genetischem Zusammenhange.

5. Gerbstoffe.

Gerbstoffe und ihnen verwandte Verbindungen kommen als Zellinhalte ausserordentlich häufig und massenhaft vor; meist sind sie gelöst*) und erscheinen dann bei reichlicherer Anwesenheit in getrockneten Theilen als farblose oder gefärbte Klumpen, welche die Zellenhöhlung ausfüllen, oder sie treten in Form von der Stärke gleichenden Körnern auf. Diese Gerbstoffkörner, von Hartig als Gerbmehl bezeichnet, sind häufig unmittelbar in kaltem Wasser löslich, durch Jodsolution färben sie sich, gleich dem Amylum, blau oder violett, zuweilen unter Lösung; Eisensalzlösungen geben ihnen eine blaue oder grüne Farbe, Kalilauge und Aetzammoniak lösen sie mit gelber, gelbbrauner, zuweilen mit rother Farbe; Chlorzinkjod, Cuxam und Millons Reagens geben meist gelbe, gelbbraune oder rothbraune Färbungen. In

*) H. Möller, Anat. Untersuchungen über das Vorkommen von Gerbstoff. Ber. d. d. Bot. Ges. VI. 1888 (66), hat zwei Formen von Gerbstoff (in lebenden Pflanzen) beobachtet. Die eine, stets eisengrünende, kommt im Zellsafte gelöst vor und scheint auch oft die Membran zu durchdringen, ebenso auch allenfalls den Zellkern und die Chlorophyllkörner; die andere, weit häufigere Form, soll als homogene, stark lichtbrechende, öartige Flüssigkeit sich darstellen und durch Eisensalzlösung meist blau gefärbt werden.

den meisten Fällen lässt sich an den Körnern eine vom eigentlichen Inhaltskerne stofflich verschiedene Hülle unterscheiden.

Die niemals fehlende Blaufärbung durch Jod, der Umstand, dass häufig unzweifelhafte Stärkekörnchen eine deutliche Gerbstoffhülle besitzen (Wurzelstock von *Spiraea Ulmaria*) und die Thatsache, dass sehr oft mitten unter Gerbstoffkörnchen, welche eine Zelle füllen, einzelne Amylunkörnchen vorkommen, oder dass umgekehrt unter letzteren Gerbstoffkörnchen angetroffen werden, möchte dafür sprechen, dass diese aus einer Umwandlung der Amylunkörnchen hervorgegangen. Die Jodreaction des Gerbmehles für sich könnte dahin gedeutet werden, dass seine Körner nicht aus Gerbstoff allein, sondern aus einem Gemenge von Gerb- und Stärkestoff bestehen.

Gerbstoffe treten in ober- und unterirdischen Theilen der meisten höheren Pflanzen auf. Sie können in Achsenorganen in allen Gewebsschichten vorkommen, im Periderm (*Punica Granatum*, *Radix Valerianae*), in der Mittel- und Innenrinde, im Cambium (*Radix Artemisiae*, *Valerianae*), im Holze und Marke.

Am reichlichsten finden sie sich in der Mittelrinde abgelagert, wie überhaupt vorzüglich das Parenchym ihre Ablagerungsstätte ist. Bald sind sie in allen parenchymatischen Zellen eines Pflanzentheiles zu treffen (*Radix Symphyti*, *Pseudo-Acori*), bald ist ihr reichlicheres Vorkommen auf bestimmte, im Gewebe zerstreute (*Radix Paeoniae*), in axilen Reihen (*Cortex Cascariillae*, Fig. 142, 3) oder zu netzförmigen Complexen zusammengestellte Zellen (*Radix Spiraeae*, *Bistortae*), auf Zellschichten (*Radix Artemisiae*, *Sanguisorbae*) oder auf besondere, langgestreckte Schläuche (Gerbstoffschläuche, besonders bei *Papilionaceen*, bei *Sambucus nigra* u. A.) beschränkt. Häufig kommen Gerbstoffe auch im Gewebe der Blätter*, Blüthen und Früchte vor.

In vielen Fällen sind sie blos als Lösung vorhanden ohne alle körnigen Bildungen, von Schleim, Zucker, Inulin und anderen gelösten Stoffen begleitet, in anderen Fällen treten sie geformt (als Gerbmehl), in Begleitung anderer geformter Zellinhaltsstoffe (*Amylum*, *Chlorophyll*), in einer gerbstoffhaltigen oder gerbstofffreien Lösung auf. Nicht selten finden sich in einer und derselben Zelle zwei verschiedene Gerbstoffe (eisenbläuender und eisengrünender) gleichzeitig nebeneinander.

Als Gerbstoffkugeln wurden besonders im Zellinhalte grüner Algen, auch wohl bei *Phaeosporeen* sehr verbreitete, hie und da auch bei Stengelpflanzen (bei *Hedysarum gyrans*, *Oxalis stricta*, *Mimosa pudica*, *Salix* etc.) aufgefundenen Bildungen beschrieben. Ganz eigenthümlich verhalten sich die von Hartwich (Ber. d. d. Bot. G. III., 1885, 146) genauer untersuchten Gerbstoffkörner oder Gerbstoffkugeln in der sogenannten Nahrungsschicht der officinellen Gallen (Fig. 137, G). Sie sind meist kugelig, seltener ellipsoidisch, eirund, gerundet-kantig oder unregelmässig, oft in Gruppen beisammen, braun gefärbt, an der Oberfläche glatt oder zerklüftet, mit einem Durchmesser von 20—60 μ und färben sich mit Eisenchlorid-

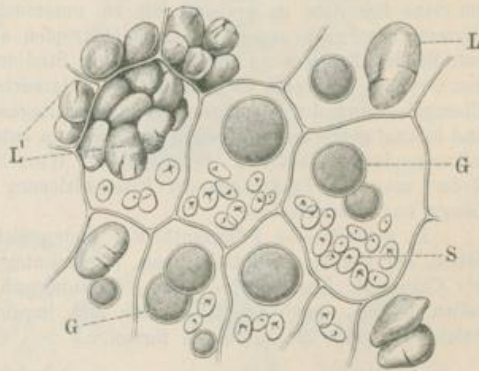


Fig. 137.

Partie aus der sogenannten Nährschicht einer Aleppo-Galle. In den Zellen als Inhalt Stärkekörner (S), Gerbstoffkörner (G, G') und Hartwich's Ligninkörner (L) einzeln und in Aggregaten (L'). Vergr. 240/1.

*) Nach H. Möller besonders reichlich im Schwammparenchym, den Parenchymscheiden und dem Leitparenchym. Nach G. Kraus (Grundlinien zu einer Physiologie des Gerbstoffes, Leipzig 1889) wird der Gerbstoff in den Laubblättern am Lichte erzeugt.

lösung tief blau. Es lässt sich an ihnen meist deutlich eine Membran nachweisen, welche vielleicht plasmatischer Natur ist. In concentrirter Schwefelsäure zerfallen sie in concentrische Schichten, welche eine stark glänzende, roth gefärbte, tropfenartige Masse umschliessen. In ihrer Begleitung finden sich *a*) Stärkekörner (S), und vermuthet Hartwich, dass sie als Nebenproduct bei der Umwandlung des Amylums gebildet werden; *b*) eigenthümliche isolirte (*L*) oder traubig verbundene (*L'*), vorwiegend eirunde oder eiförmige, meist gelblich gefärbte Körper, welche Hartwich ihrem Verhalten zu Reagentien zufolge für ligninhaltig erklärt und sie daher Ligninkörper nennt. Sie färben sich mit Jodreagentien gelbbraun, mit Anilinsulfat goldgelb, mit Phloroglucin und Salzsäure schön roth, mit Chlorzinkjod nach vorheriger Behandlung mit dem Schulze'schen Reagens schmutziggelb. Nach Hartwich, der sie mit den sogenannten Holzstoffcystolithen von Molisch (Oest. bot. Z. 32. Bd.) vergleicht, treten sie zuerst als mässige Zellwandverdickung auf.

Zum mikrochemischen Nachweis der Gerbstoffe verwendet man Eisensalzlösungen, besonders Eisenchloridlösung, mit denen sie grüne oder blaue Färbungen geben, eine Lösung von Kaliumbichromat (Sanio 1863), welche rothbraun färbt*), am besten die orange färbende Lösung von molybdaensaurem Ammon in Salmiak (Reagens, Nr. 35, pag. 535). Auch Methylenblaulösung, welche Gerbstoffe und damit imprägnirte Theile intensiv blau färbt, kann nebenbei benützt werden. Da die meisten der hieher gehörenden Stoffe in Wasser löslich sind, so ist es nothwendig, um reine Resultate zu erzielen, die zu untersuchenden Schnitte, in einem Tropfen Glycerin oder noch besser in einem Oeltropfen am Objectträger suspendirt, mit dem betreffenden Reagens zu behandeln. Zum Stadium der Vertheilung der Gerbstoffe in den Geweben empfiehlt es sich, die zu untersuchenden Theile in einer concentrirten Eisensalzlösung durch mehrere Tage lang liegen zu lassen. Aus den so behandelten und hierauf getrockneten Theilen werden dann entsprechend feine Schnitte unter Wasser mikroskopisch untersucht. Bei Stängeln, Wurzeln und ähnlichen Pflanzentheilen befördert man das Eindringen der Eisensalzlösung dadurch, dass man sie früher der Länge nach zerschneidet.

In getrockneten Pflanzentheilen finden sich sehr verbreitet die aus der Oxydation der Gerbstoffe entstandenen sogenannten Phlobaphene (Rindenfarbstoffe, wie Chinarothe, Tormentilla-, Filix-, Ratanhiaroth etc.). Sie sind in Alkohol und Alkalien löslich, in Wasser unlöslich und imprägniren hauptsächlich die Zellwand, welche sie gelb- bis rothbraun färben.

6. Proteinkörper.

Proteinsubstanzen bilden die Grundlage des Plasma aller jugendlichen Zellen (pag. 537), des Zellkernes und der Chlorophyllkörner, finden sich jedoch auch in erwachsenen Zellen, bald in geringerer Menge als feinkörniger Rest des Plasma, in Begleitung anderer, zumal Reserve-Inhaltsstoffe, bald als reichlicher oder vorwiegender Zellinhalt, als Reservestoff selbst.

Im Allgemeinen sind Proteinkörper mikroskopisch durch die den Eiweissstoffen zukommenden Reactionen charakterisirt. Jodlösungen färben sie gelb bis gelbbraun, concentrirte Salpetersäure gelblich, nach Zusatz von Aetzkali oder Aetzammoniak tief gelb, Millon's Reagens, zumal beim Erwärmen, roth, concentrirte Schwefelsäure unter Zerfliessen rosenroth, Cochenille tief roth; mit Kupfersulfatlösung durchtränkt, nehmen sie auf Zusatz von Kalilauge eine dunkelviolette Farbe an.

*) Von mehreren Autoren (E. Nickel, Die Farbenreactionen der Kohlenstoffverbindungen, II. Auflage, Berlin 1890. — L. Brämer, Les Tannoids etc. Toulouse 1891) wird mit Recht hervorgehoben, dass der Wirkungskreis der Eisensalze und des Kaliumbichromats unterschätzt wird, dass beide durchaus nicht spezifische Gerbstoffreagentien sind, indem auch verschiedene andere Verbindungen die betreffenden Farbenreactionen geben. So wird z. B. durch Eisensalze blau auch Phloroglucin, Gallus-, Ellagsäure, Arbutin etc., grün Quercitrin, Rutin, Fraxin etc. gefärbt.

Im Endosperm und in den Cotyledonen zahlreicher Samen finden sich, als Reservestoffe abgelagert, körnige Gebilde, welche wesentlich aus eiweissartiger Substanz bestehen und deshalb als Proteinkörner (Aleuronkörner, Klebermehl, nach Hartig, der sie 1855 entdeckt hat) genannt werden. Sie stellen gerundete (kugelige, eirunde, eiförmige) oder gerundet-kantige, meist farblose, nur ausnahmsweise gefärbte Körner dar von 1—55 (im Mittel von 3—12) μ Grösse (Fig. 138, 139). In stärkemehlreichen Samen (z. B. von Phaseolus, Ervum, Pisum) sind sie gewöhnlich sehr klein, zwischen den die Zellen füllenden Stärkekörnern abgelagert; bei den Gramineen (z. B. Triticum, Hordeum, Secale cereale) sind die Zellen der sogenannten Kleberschicht

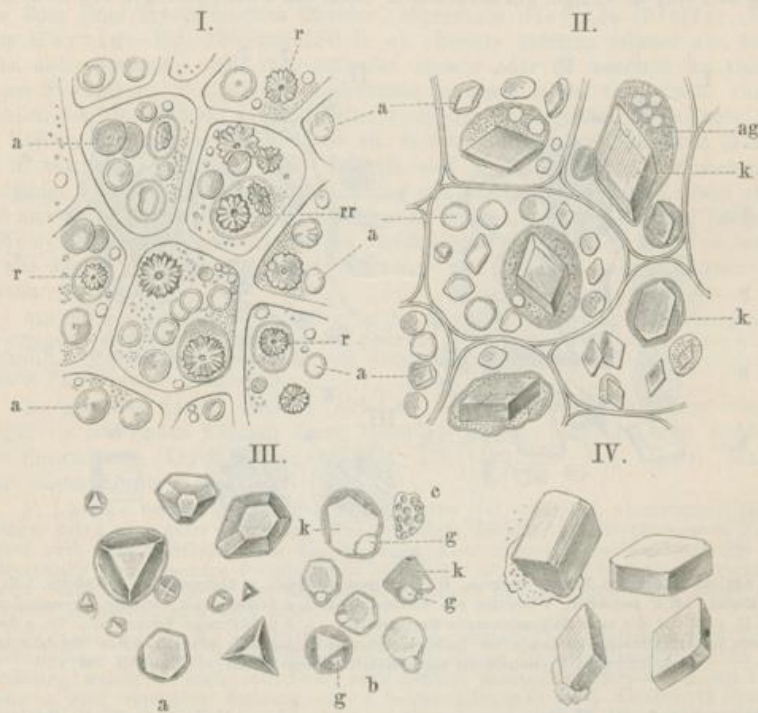


Fig. 138.

I. Aus dem Samen von *Coriandrum sativum*. II. Aus jenem von *Bertholletia excelsa*. a Aleuronkörner, zum Theile mit Krystalloiden (k), ag amorphe Aleuronmasse mit Globoiden, r Rosetten von Kalkoxalat als Einschlüsse in I. III. Samen *Ricini*; b Aleuronkörner mit Krystalloiden (k) und Globoiden (g); a freiliegende Krystalloide nach Auflösung der Hülle; c in Alkohol liegendes geschrumpftes Aleuronkorn. IV. Krystalloide aus Samen *Myristicae sebiferae*. Vergr. I. und III. 800 / 1., II. und IV. 700 / 1.

(pag. 151) stärkefrei, ganz ausgefüllt mit sehr kleinen rundlichen oder gerundet-kantigen Proteinkörnern*). Durch besondere Grösse und durch verschiedenartige Einschlüsse zeichnen sich namentlich die Aleuronkörner fettreicher Samen aus. Sie sind in dem Nachfolgenden hauptsächlich ins Auge gefasst.

*) Haberlandt's (Ber. d. d. Bot. Ges. VII, 1890, 40) Untersuchungen haben zu der interessanten Thatsache geführt, dass diese Kleberschicht der Gramineen (und wohl auch die analoge perifer Schicht anderer Samen, wie der Cruciferen, Polygonaceen etc.) als Diastase ausscheidendes Drüsengewebe bei der Keimung funktioniert, und deshalb den Digestionsdrüsen der sogenannten insectenfressenden Pflanzen anzureihen ist.

Um das Klebermehl in grösserer Menge zu erhalten, zerstampft man nach Hartig die enthülsten Samen (z. B. von Ricinus), rührt sie mit einem fetten Oele an und seigt die Masse durch. Nach 24 Stunden hat sich aus dem Filtrat ein Niederschlag von Klebermehl abgesetzt. Nach Abgiessen des Oeles reinigt man denselben durch Behandlung mit Aether.

Man unterscheidet am Aleuronkorn*) innerhalb einer zarten Hülle die aus Eiweissstoffen bestehende Aleuronmasse und die Einschlüsse. Die Aleuron- oder Proteinmasse ist bald ganz amorph, bald ganz oder grösstentheils zu einem krystallähnlichen, das Licht doppelbrechenden Körper, dem Krystalloid (Aleuronkrystall) umgebildet. Zuweilen (Fig. 139, I p) sind mehrere solche Körper in einem Aleuronkorn enthalten. Diese Krystalloide zeigen oft sehr regelmässige Gestalten, häufig aber sind sie weniger gut ausgebildet. Nach den Untersuchungen von Schimper

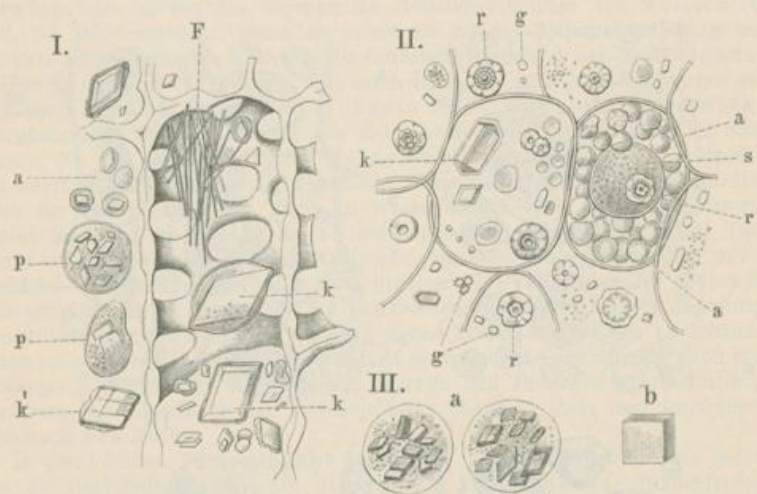


Fig. 139.

I. Aus dem Samen von *Enteropogon oleracea*. II. Aus Samen *Amygdali*. a Aleuronkörner, g Globoide, k Krystalloide, bei k' zerklüftet, r Rosetten von Kalkoxalat. In I. p Solitaire mit mehreren Krystalloiden; in II. s Solitaire mit einer Kalkoxalatrosette als Einschluss; I. F nadelförmige Fettkristalle. III. a Zellkerne der Fruchtknoten-Epidermis von *Lathraea squamaria* (pag. 539) mit zahlreichen Krystalloiden, b würfelförmiges Krystalloid der Kartoffelknolle. Vergr. I. 420/1, II. und III. 700/1.

(1881) gehören sie theils dem regulären (tetraëdrisch-hemiëdrischen) theils dem hexagonalen (rhomboëdrisch-hemiëdrischen) Systeme an. Krystalloide beider Systeme kommen gleichzeitig in einer Pflanze nicht vor. Beispiele für Krystalloide des regulären Systemes sind jene von *Ricinus* (Fig. 138, III.), *Viola*, *Ruta*, *Cucurbita*, *Euphorbia* u. A., Beispiele für Krystalloide des hexagonalen Systemes, welche ungleich häufiger angetroffen werden, sind (Fig. 138, II. IV., 139, I. II.) besonders *Bertholletia*, *Myristica*, *Sparganium*, Palmen (*Elaeis Guineensis*, *Cocos nucifera*), *Campanulaceen*, *Papaveraceen*, *Solanaceen* etc. Von echten Krystallen unterscheiden sie sich hauptsächlich dadurch, dass ihre Winkel eine grosse Inconstanz zeigen und dass sie quellungsfähig sind. In Wasser sind sie unlöslich, während die amorphe Proteinmasse meist ganz oder grösstentheils bis auf die Hülle löslich, selten unlöslich ist. Um die unveränderten Proteinkörner zu sehen, müssen Schnittblättchen aus dem betreffenden

*) Vergl. insbesondere: W. Pfaffer, Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen, *Pringsh. J.* 1872, VIII, 429. — A. F. W. Schimper, Ueber die Krystallisation der eiweissartigen Substanzen, *Zeitschr. f. Krystallographie*. 1880. — Lüdtko, Beiträge zur Kenntniss der Aleuronkörner. *Ber. d. d. Bot. Ges.* VII, 1889, 282.

Samen in einem Tropfen eines fetten Oeles untersucht werden; die Krystalloide kommen am besten zur Anschauung beim Einlegen der Schnitte in einen Tropfen Jodsolution oder Cochenille. Beiderlei Bestandtheile sind ferner in Alkohol, Aether, Chloroform, Benzol, in Oelen unlöslich, löslich in verdünnten Alkalien. Jod färbt sie gelb bis gelbbraun, Cochenille schön rubinroth. Auch in den sonstigen Reactionen verhalten sie sich wie Proteinsubstanzen überhaupt. Dasselbe gilt bezüglich des Hüllhäutchens.

Die Einschlüsse der Aleuronkörner sind entweder Kalkoxalatkrystalle (Fig. 138, I. und 139, II r) verschiedener Form (meist Drusen, seltener Nadelgruppen oder Einzelkrystalle) oder kugelige, biscuitförmige, knollige und traubenförmige Körnchen ohne Spur einer krystallinischen Structur, sogenannte Globoide (Pfeffer, Weisskerne Hartig; Fig. 138 und 139 II. g). Erstere kommen seltener vor, letztere finden sich allgemein, und zwar entweder einzeln oder zu mehreren bis vielen in einem Proteinkorn. Wo beiderlei Einschlüsse in einem Samen vorkommen, sind gewöhnlich die Proteinkörner gewisser Zellen durchaus mit Globoiden, die anderer Zellen mit Kalkoxalat versehen, selten finden sie sich beide in ein und derselben Zelle oder gar in einem Aleuronkorn. Die Globoide sind weder doppelbrechend noch imbibitionsfähig, verhalten sich gegen Cochenille- und Jodlösung indifferent, lösen sich in allen anorganischen Säuren, sowie auch in sehr verdünnter (circa 1% iger) Essigsäure, in Wein- und Oxalsäure, nicht aber in verdünnten Alkalien. Nach Pfeffer bestehen sie aus dem in Wasser unlöslichen Magnesia- und Kalksalz einer gepaarten Phosphorsäureverbindung.

Auf mikrochemischem Wege will er in den Globoïden Magnesia, Kalk, Phosphorsäure und organische Substanz nachgewiesen und gefunden haben, dass die Phosphorsäure nicht als gewöhnliche Phosphorsäure vorhanden sein kann. Auf analytischem Wege wurde dann die gepaarte Phosphorsäure festgestellt.

In manchen Samen zeichnet sich in jeder Zelle ein Aleuronkorn von den übrigen sie erfüllenden Körnern durch besondere Grösse, zuweilen auch durch sonstige Entwicklung (Krystalloide) aus (Fig. 138, II., 139, I. p, II. s). Hartig nennt solche Körner Solitaire.

F. Lüdtkke empfiehlt als bestes Lösungsmittel der amorphen Aleuronmasse (Grundsubstanz) neben verdünnter Kallilösung eine gesättigte Lösung von phosphorsaurem Natron, welches auch zum Sichtbarmachen des in vielen Aleuronkörnern als Einschluss der Kalkoxalatkrystalle vorkommenden Proteinkernes verwendbar ist, indem sich dieser Kern zunächst aufhellt, dann löst, während der Krystall noch längere Zeit der Einwirkung dieses Salzes widersteht, schliesslich aber auch gelöst wird.

Strasburger wendet zur Färbung der Aleuronkörner Carminsalzsäure und Methylgrün-Essigsäure an. Auch Ueberosmiumsäure (1%), welche die Krystalloide bräunlich, und Eosinlösung, welche sie schön roth färbt, kann benützt werden. Zur Herstellung von Dauerpräparaten wird empfohlen: Fixirung mit 2% Sublimatlösung in absol. Alkohol (12 Stunden), Auswaschen in Wasser, Einlegen in wässrige Eosinlösung (circa 15 Minuten), schliesslich Aufnahme in einen Tropfen einer Lösung von Kalium aeticum auf dem Objectträger und nach dem Bedecken mit dem Deckgläschen Verschluss mit Canadabalsam-Terpentin.

Krystalloide (Proteinkrystalloide) ausserhalb der Aleuronkörner sind in zahlreichen Fällen in sehr verschiedenen Geweben und Gewebelementen aufgefunden worden. Sehr verbreitet kommen sie, nach den Untersuchungen von Zimmermann (Beiträge, I., 1890), als Einschlüsse des Zellkernes sowohl, wie ausserhalb desselben bei den Farnen vor. Auch bei den Phanerogamen scheinen Zellkernkrystalloide häufig genug vorzukommen. Das bekannteste Beispiel von Zellkernkrystalloiden ist die Fruchtknotenepidermis von *Lathraea squammaria*, wo sie in jedem Zellkerne zu mehreren (Fig. 139, III. a) bis vielen, oft dicht gedrängt (geldrollenähnlich) sich finden, zum Theil als Rhomboeder ausgebildet. Aehnlich in den Zellkernen der Epidermis an den verschiedensten Theilen von *Pinguicula vulgaris* und *alpina* und *Utricularia vulgaris* (J. Klein, Pringsh. J. XIII., 1882, 60), in den Zellkernen von *Campanula Trachelium* und anderen *Campanula*-Arten (nicht nur in der Epidermis, sondern auch im Parenchym der Wurzel etc.), von *Scrophulariaceen* (*Mimulus*, *Verbascum*), von *Hip-*

puris vulgaris (Blatt- und Stengelepidermis, Zimmermann l. c.), ferner auch in Chromatophoren, besonders Leuko- und Chromoplasten, seltener in Chloroplasten (hier besonders bei Orchideen und Borragineen).

Zu den im Zellsafte entstehenden Krystalloiden gehören die rhomboëderähnlichen in der Epidermis von *Polypodium ireoïdes* (Kraus), die Krystalloide in den Schleimschläuchen von *Abies pectinata* und *Abies Nordmanniana* (v. Höhnel, 1881), die würfelförmigen Krystalloide (Fig. 139, III. b) in den äussersten unter dem Kork liegenden Gewebsschichten der Kartoffelknollen u. a.

Auch in sehr zahlreichen Meeresalgen (J. Klein, Pringsh. XIII., 23) und in verschiedenen Pilzen sind zum Theile sehr schön ausgebildete Krystalloide aufgefunden worden.

Molisch (Ber. d. d. Bot. Ges. 1885, III., 195) beschreibt ganz merkwürdig gestaltete (Spindeln, Fäden, Ringe, S-förmige, halbmond-, peitschenförmige) homogene oder deutlich gestreifte, im Zellinhalte der Epidermis und des Grundgewebes von Epiphyllum-Arten (Cacteeae) zum Theile massenhaft auftretende Proteinkörper, und ähnliche Bildungen wurden von Mikosch (Ber. d. d. Bot. Ges. VIII., 33) in den Epidermiszellen der fleischigen Blätter von *Oncidium microchilum* gefunden.

Hier sei auch das Asparagin erwähnt, welches allem Anscheine nach im Pflanzenreiche weit verbreitet vorkommt (Smilacaceae, Papilionaceae, Malvaceae etc.), besonders reichlich in Keimlingen von *Lupinus luteus*. Nach Pfeffer (1873) stellt es ein Uebergangsglied dar zwischen Reserve-Proteinstoffen des Samens und des lebensfähigen Albumins der entwickelten Pflanze; es geht aus Proteinstoffen hervor und in solche wieder über. Es krystallisirt in orthorhombischen Prismen, sehr oft in Zwillingen, ist in Wasser, Säuren und Alkalien löslich, in absolutem Alkohol unlöslich. In der lebenden Pflanze ist es gelöst vorhanden. Um es mikroskopisch nachzuweisen, bringt man zu genügend dicken Schnitten unter Deckglas einen Tropfen absoluten Alkohol. Aus asparaginreichen Theilen (z. B. keimenden Lupinen) kann man es auf diese Weise unmittelbar in den Zellen in Krystallen zur Ausscheidung bringen. Auch wenn man (nach Hartig) die betreffenden Schnitte auf dem Objectträger mit einer dünnen Oelschicht bedeckt, lassen sich Asparaginkrystalle erhalten.

7. Fette.

Fette finden sich in geringer Menge fast in allen Pflanzen und Pflanzentheilen, von den Pilzen angefangen, häufig neben Stärke und Zucker. In grösseren Mengen treten sie jedoch nur in Früchten (z. B. *Olea Europaea*), vorzüglich aber in den Samen sehr zahlreicher Pflanzen auf.

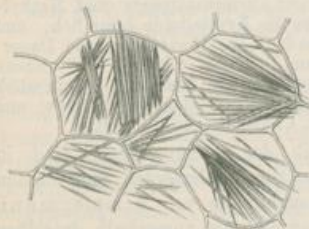


Fig. 140.

Nadelförmige Fettkrystalle in Zellen aus Samen *Bassia oleiferae*. Vergr. 240/1.

Sie erscheinen im Zellinhalte meist flüssig als schwach lichtbrechende Tröpfchen, welche häufig von eiweisshaltiger Substanz zellenartig umhüllt sind. Erwärmt man Schnittblättchen oder übt man einen Druck auf sie aus, so treten die Tröpfchen aus ihren Hüllen heraus und vereinigen sich zu grösseren, scharf umschriebenen, kugeligen Tropfen. In manchen ölreichen Samen findet sich ein Theil des Fettes in einzelnen, meist nadel- oder tafelförmigen Krystallen oder Krystallbüscheln (Fig. 140, 139, I. F) oder in Formen ausgeschieden, welche den Inulin-Sphärokrystallen sehr ähnlich sind (Samen von *Anamirta Cocculus*, von *Ricinus*, *Cacao*, *Cocos*, *Elaeis*, *Bassia* u. a.). Erwärmt man Schnitte aus solchen Theilen in Glycerin, so schmelzen die Krystalle; die entstandenen Tropfen krystallisiren beim Erkalten zu Krystallbüscheln aus (Tschirch).

Die Fette sind in Wasser unlöslich, im Allgemeinen schwer in kaltem, leichter in heissem Alkohol (eine bekannte Ausnahme macht das in Alkohol leicht lösliche Ricinusöl, pag. 478), leicht in Aether und Benzol löslich; mit Kalilauge erwärmt,

werden sie verseift und dadurch in Wasser löslich. Mit Osmiumsäure werden die Fetttropfen tiefbraun bis schwarzbraun, mit Alkannatinctur schön roth gefärbt.

Tschirch empfiehlt die Anwendung von concentrirter Schwefelsäure, welche das Plasma und die übrigen Zellinhaltsstoffe, sowie die Zellmembran vollständig oder fast vollständig auflöst und die Oeltropfen allein zurücklässt.

Die Fette entstehen in den Pflanzen wahrscheinlich aus Stärke, Zucker oder aus diesen Stoffen nahestehenden Verbindungen. Wo sie in grösserer Menge vorkommen, da spielen sie die Rolle eines Reservennährstoffes, indem sie, z. B. bei der Keimung ölhaltiger Samen, dazu dienen, durch Umbildung in Zucker und Stärke den Baustoff der Zellwand, den Zellstoff, zu liefern.

Ueber wachsartige Stoffe als Zellinhalt vergleiche Cera Japonica (pag. 479).

8. Aetherische Oele und Harze.

Aetherische Oele kommen für sich allein, oder mit Harzen gemengt als Balsame, oder mit gummiartigen Stoffen als Gummiharze, gewöhnlich als ausschliesslicher Inhalt besonderer Zellen (Oel-, Balsam-, Harzzellen) oder Zellgruppen

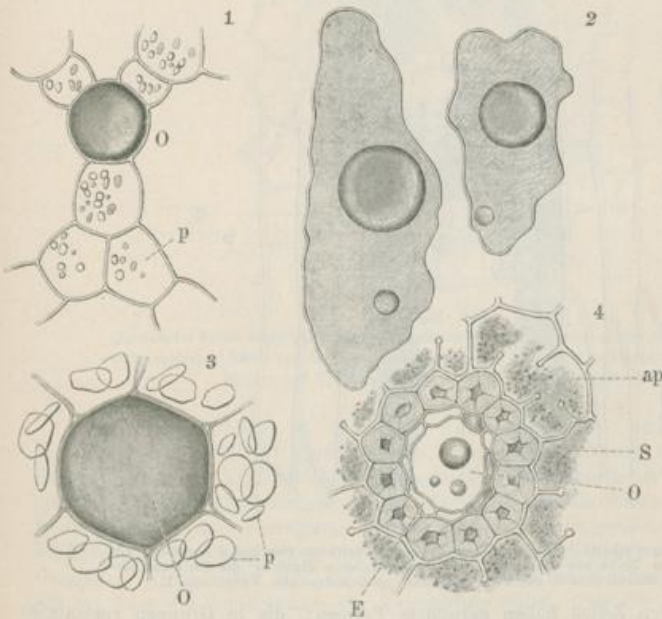


Fig. 141.

1. Aus Radix Calami aromatici (pag. 323). O Oelzelle, p Stärkemehl-Parenchym.
 2. Isolirte Oelzellen aus Cortex Canellae. 3. O Oelzelle mitten im Stärkemehl-Parenchym von Radix Curcumae Zerumbet. 4. Aus dem Blatte von Pinus Laricio; Partie eines Querschnittes. O Oelgang, umgeben von einer Reihe von Secretorzellen (Epithel des Ganges E) und aussen von diesen von einem einfachen Kreise dickwandiger Prosenchymzellen (Gangsheide, S); ap Arm-Palissadenzellen.
 Vergr. 200 / 1.

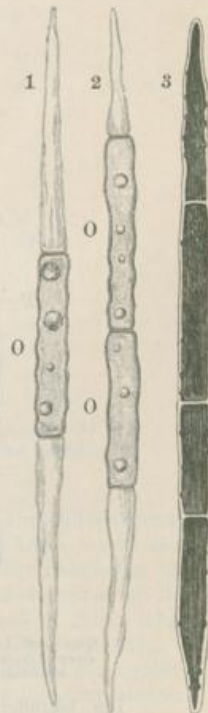


Fig. 142.

Axille, im Ganzen spindel-förmige Zellreihen aus der Innenrinde von Cortex Cascarillae (Bastparenchym), 1 mit einer, 2 mit zwei Oelzellen, O, 3 Gerbstoff-führender Zellcomplex.
 Vergr. 240 / 1.

mitten im parenchymatischen Gewebe sehr zahlreicher Pflanzen und Pflanzentheile vor, oder in intercellularen Räumen verschiedener Form und Grösse, die darnach als Oel, Harz, Balsam etc. führende Lücken, Höhlen und Gänge unterschieden werden. Ein wichtiges Contingent zu dieser Classe von Secretbehältern liefern die Hautdrüsen (pag. 611).

Die mitten im Gewebe einzeln (Fig. 141, 1, 2, 3), in Längsreihen Fig. 142, 2) oder in rundlichen Complexen vereinigt vorkommenden, die genannten Secrete führenden Zellen werden gleich den dieselben Stoffe beherbergenden intercellularen Höhlen und Lücken sonst auch als innere Drüsen bezeichnet, im Gegensatze zu den Hautdrüsen, die man auch mit dem Namen äussere Drüsen belegt.

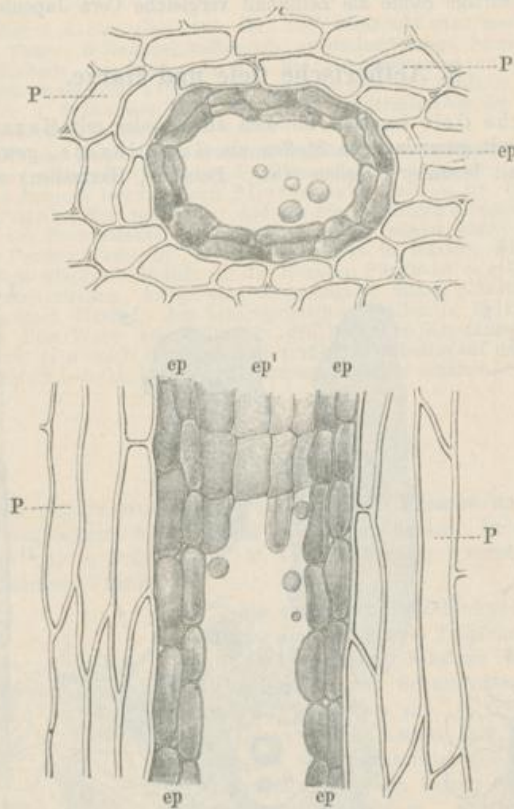


Fig. 143.

Quer- und Längsschnitt durch einen gangartigen Secretraum von *Radix Angelicae* mit einer doppelten Reihe von Secretzellen *ep*. In der unteren Figur *ep'* die den Gang auskleidenden Secretzellen in der Flächenansicht, *pp* Grundgewebe. Vergr. 400/1.

Die betreffenden Zellen haben gerundete Formen; die in Gruppen vereinigten sind gewöhnlich kugelig oder nahezu kugelig, die einzeln vorkommenden kugelig oder wie die in axialen Reihen angeordneten längsgestreckt, ellipsoidisch, schlauchförmig, häufig von einer die umgebenden Parenchymzellen mehr oder weniger übertreffenden Grösse, alle mit dünner, gewöhnlich nicht auf Cellulose reagirender, oft verkorkter Zellwand versehen (*Radix Zingiberis*, *Curcumae* Fig. 141, 3, *Galangae*, *Acori* Fig. 141, 1, *Sassafras*, *Cortex Cinnamomi*, *Canellae* Fig. 141, 2, *Folia Lauri*, *Semen Picurim* u. a.).

Die intercellularen Secretbehälter sind bald von geringem Umfange, kugelige oder längliche, zuweilen unregelmässig begrenzte, ringsum geschlossene Höhlen oder Lücken bildend (*Ruta*, *Folia Jaborandi*, *Aurantii*, *Bucco*, *Encalypti*) oder langgestreckte, auf mehr oder weniger weite Strecken die Theile durchsetzende, regel- oder unregelmässige canal- oder gangartige Räume (Fig. 143, 144; Wurzeln vieler Umbelliferen und Compositen, *Coniferae*).

Sie entstehen theils schizogen, theils lysigen; im letzteren Falle in der Art, dass bei einer grösseren Anhäufung des Secretes die Membranen der sie enthaltenden Zellen chemisch verändert, aufgelöst und in die Masse der betreffenden Secrete aufgenommen werden. Leicht zu verfolgen ist z. B. dieser Vorgang bei der Bildung der Oelhöhlen in *Ruta graveolens*.

Allen diesen Secretbehältern fehlt eine eigene Membran. Die Begrenzung wird durch die secernirenden oder durch die benachbarten Gewebszellen bewirkt. In zahlreichen Fällen wird der Secretraum schizogen angelegt, um später sich lysigen zu vergrössern (Fig. 118, pag. 443).

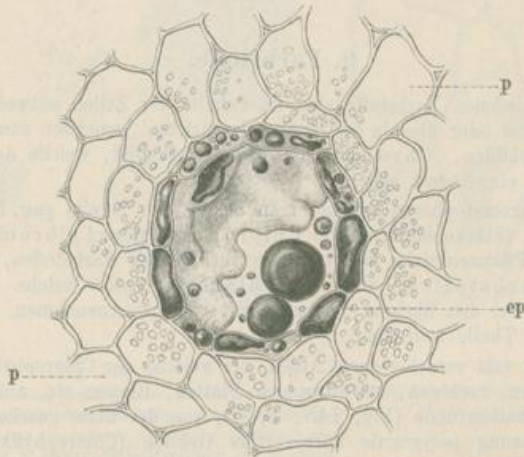


Fig. 144.

Querschnitt durch einen gangartigen Secretraum aus *Radix Levistici*. Im Hohlräume, der von einer einfachen Reihe von Secretzellen (*ep*) umgeben ist, sowie in diesen selbst das Secret in Massen und Tropfen. *pp* Parenchym der Rinde. Vergr. 300 / 1.

In vielen Fällen (z. B. Gänge der Compositen und Umbelliferenwurzeln, Fig. 143, 144, 141, 4) sind die den intercellularen Raum zunächst begrenzenden Zellen (*ep*) kleiner, axial meist etwas gestreckt und in einfacher oder mehrfacher Lage um den Secretraum angeordnet. Es ist also der Gang mit diesen nicht selten mit ihrer freien Wand in den Secretraum etwas gewölbt vorspringenden und in ihrem Inhalte oft Tröpfchen von ätherischem Oel oder Harz führenden Zellen ausgekleidet (Epithel des Ganges). Nicht selten sind solche innere Drüsen von Schutzrichtungen begleitet, sei es, dass die Aussenwand der Secretzellen selbst, oder die an dieselbe stossende Wandung der nächsten Nachbarzellen stärker verdickt ist; die gangförmigen Secretbehälter haben zuweilen (*Pinus*, Fig. 141, 4, *S*) eine Schicht von dickwandigen Faserzellen in ihrem Umfange.

Die ätherischen Oele sind durch spezifische Gerüche, leichte Löslichkeit in Aether, Terpentinöl, Benzol, kaltem und heissem Alkohol, sowie in fetten Oelen ausgezeichnet. Sie erscheinen unter dem Mikroskope in stark lichtbrechenden farblosen oder (meist gelblich oder bräunlich) gefärbten Tropfen, die sich von den ähnlichen

Fettropfen ausser durch ihre Löslichkeitsverhältnisse auch oft dadurch unterscheiden, dass sie minder scharf umschrieben und meist in die Länge gezogen erscheinen.

In manchen Fällen finden sich Bestandtheile ätherischer Oele, Harze und analoger Stoffe in Krystallen innerhalb der Seceträume oder an der Oberfläche von Geweben ausgeschieden (*Inula Helenium*, *Folia Fabam*, *Semen Tonco*, *Fructus Vainillae*, *Flores Cinae* u. a. (vergl. auch pag. 569).

Die Harze sind unlöslich in Wasser, meist löslich in Alkohol, Benzol, oft auch in Aether, in ätherischen und fetten Oelen, sowie stets in Alkalien (in Wasser lösliche Harzseifen gebend). Sie kommen in zähflüssigem Zustande oder in fester Form vor. In letzterer Beziehung bilden sie bald formlose Massen, bald kleine, rundliche, gelb, braun oder roth gefärbte Körnchen.

Zur Uebersicht des Vorkommens der hier besprochenen Stoffe eignen sich Farbstofflösungen, besonders Alkannatinctur, welche Oel- und Harztröpfchen, respective Körnchen sehr rasch intensiv roth färbt und sich namentlich empfiehlt, wo es darauf ankommt, sehr kleine Mengen dieser Körper in Zellen und Geweben nachzuweisen. Auch Osmiumsäure kann verwendet werden.

9. Farbstoffe.

Die verschiedenen Farbstoffe sind im Inhalte der Zellen entweder als Bestandtheil des Zellsaftes oder aber in bestimmt differenzirten, genetisch zusammengehörigen plasmatischen Gebilden, Chromatophoren, enthalten, welche dem Protoplasmakörper der Zelle eingelagert sind.

Zu den Chromatophoren rechnet man ausser den bereits pag. 543 behandelten Leukoplasten (Stärkebildnern), die Chloroplasten und Chromoplasten. Die Träger des im Pflanzenreiche am weitesten verbreiteten Farbstoffes, des grünen Chlorophyllfarbstoffes, sind die Chloroplasten, welche nur den Pilzen gänzlich fehlen, bei den übrigen Pflanzen, mit wenigen Ausnahmen, die grüne Farbe der betreffenden Theile bedingen.

Abgesehen von verschiedenen Algen, bei welchen der Chlorophyllkörper in Form von Spiralbändern, zackigen, sternförmigen Platten, Ringen etc. auftritt, stellen die Chloroplasten scheibenrunde (Fig. 145, 4, C), von der Seite gesehen linsenförmige, bei dichter Lagerung polygonale körnerartige Gebilde (Chlorophyllkörner) dar von circa 1 — 12 μ Durchmesser, welche, dem Wandplasma eingelagert, gewöhnlich in grösserer Anzahl in den betreffenden Zellen enthalten sind.

Dieselben bestehen aus einer farblosen plasmatischen, vielleicht nach Aussen von einer besonderen Membran begrenzten Grundmasse (Stroma) von wahrscheinlich netzig-poröser Structur, deren Zwischenräume den grünen Farbstoff in Körnern (grana, A. Meyer) oder in öliger Lösung enthalten.

Nach A. Tschirch besitzt das ausserordentlich weiche, schon durch Wasser zerstörbare Stroma eine zarte Schwammstructur, lässt ein sehr feines anastomosirendes Balkengerüst mit meist unregelmässigen Maschen erkennen; in den Maschen eingelagert und wahrscheinlich auch die Balken überziehend, findet sich der grüne Farbstoff. Derselbe lässt sich durch Alkohol den Chloroplasten entziehen und aus der weingeistigen Lösung mit Benzol, fetten Oelen, Terpentinöl etc. ausschütteln. Seine Lösungen geben im Spectrum bestimmte vertheilte Absorptionsstreifen, von denen der im Roth zwischen den Fraunhofer'schen Linien B und C liegt und noch bei ausserordentlich starker Verdünnung der Lösung deutlich wahrnehmbar ist.

Der grüne Farbstoff (das reine Chlorophyll, Chlorophyllgrün) ist begleitet von einem gelben Farbstoffe (Chlorophyllgelb, Xanthophyll), welcher gleichfalls in die alkoholische Lösung übergeht, aber daraus mit Benzol nicht ausgeschüttelt werden kann, sondern in der Lösung zurückbleibt. Er soll mit dem gelben Pigmente etiolirter Pflanzen und Pflanzentheile, dem Etiolin, identisch sein.

Bei der Behandlung der Chloroplasten mit Salzsäure scheidet sich ein Zersetzungsproduct des Chlorophyllfarbstoffes in nadelförmigen Krystallen (Chlorophyllan; Hypochlorin, Pringsheim, Phyllocyaninsäure Tschirch) aus. Sehr schöne Krystalle erhält man nach A. Meyer bei Anwendung von Eisessig. Die braungrüne Färbung ursprünglich grüner

Pflanzentheile durch Trocknen ist wenigstens zum guten Theile auf die Bildung dieses Zer-
setzungsproductes zurückzuführen.

Von Einschlüssen enthalten die Chloroplasten sehr häufig Stärkekörner (Fig. 145, 4 S),
häufig Oeltropfen, selten Proteinkristalloide (pag. 556). Die Vermehrung derselben,
wie der Chromatophoren überhaupt, scheint nur durch Theilung zu erfolgen. Sehr
oft gehen Leukoplasten, seltener Chromoplasten, in Chloroplasten über. Auf einer Me-
tamorphose der Chloroplasten beruht die winterliche rothe Färbung vieler perenniren-
der grüner Pflanzentheile (z. B. Blätter von Coniferen, Buxus). An Stelle des grünen
tritt dabei ein rother Farbstoff, welcher im Frühling wieder schwindet.

Das Chlorophyll entsteht unter dem Einflusse des Tageslichtes und der Wärme in den
Chloroplasten, deren wichtigste Function die Kohlenstoffassimilation, Production organischer
Substanz aus anorganischen Stoffen, ist. Die Stärkeeinschlüsse sind Producte ihrer assimili-
renden Thätigkeit (pag. 542).

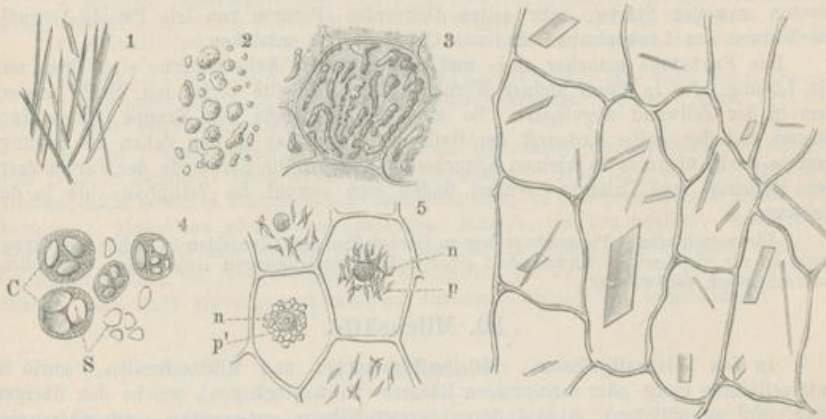


Fig. 145.

Farbstoffkörper: 1 aus dem Eruchtfleische von *Solanum Lycopersicum*, 2 aus den Perigonblättern von *Tulipa*, 3 aus den Blumenblättern von *Ranunculus spec.*; 5 aus der Perigon-Epidermis von *Neottia nidus avis*; p braune Farbstoffspindeln, p' in braune Farbstoffkörper übergehende kugelige Leukoplasten, n Zellkern; 4 Chlorophyllkörner (C) mit Stärkeeinschlüssen (S) aus dem Mesophyll von *Primula Sinensis*, Vergr. 940 / 1.

Fig. 146.

Carotin-Krystalle in Parenchymzellen aus der Wurzel von *Daucus Carota*.

Chromoplasten, Farbstoffkörper, d. i. die anders als grün gefärbten Chromatophoren, finden sich hauptsächlich als Zellinhalt in Blüthentheilen und Pericarprien, ausnahmsweise in unterirdischen Theilen und Stengeln.

Die Farbe der Blüthen, speciell der Blumenblätter und Perigone, und mancher Früchte ist bald durch Farbstoffkörper, bald durch einen gefärbten Zellsaft, bald durch eine Combination beider bedingt. Die blaue, violette und rosenrothe Färbung wird fast immer durch einen im Zellsafte gelösten Farbstoff bewirkt (z. B. blau: *Anemone Hepatica*, *Linum usitatissimum*, *Borrago officinalis*, *Centaurea Cyanus*; violett: *Viola odorata*; rosenroth: *Rosa centifolia*); die gelbe, orange, hochrothe und braune Färbung ist dagegen fast immer an die Anwesenheit von Chromoplasten gebunden.

Die Chromoplasten zeigen einen überaus grossen Formenreichtum: kugelige, eiförmige, längliche, gerundet-eckige, oft ganz unregelmässige Körnchen; stab-, spindel-, halbmond-, S-förmige, gabelförmige, oft in lange Spitzen ausgezogene, selten krystallähnliche Gebilde (rechteckige Tafeln etc.). Beispiele: Gelbe Chromoplasten als körnige Bildungen: *Tulipa* (Fig. 145, 2), *Gentiana lutea*, als gelappte, gebogene,

gewundene, rosenkranzförmige Gebilde: *Ranunculus* (Fig. 145, 3); hochrothe Körnchen: Aloë, *Adonis aestivalis*; Spindeln und rundliche Körner: Frucht von *Bryonia dioica*; braune Spindeln etc.: *Neottia nidus avis* (Fig. 145, 5 p); stabförmige, krystallähnliche, rothe Gebilde: Frucht von *Lycopersicum* (Fig. 145, 1); rothe rechteckige bis über 70 μ lange Tafeln: *Radix Dauci* (Fig. 146); orangegelbe Spindeln: in den Früchten von *Pyrus Aucuparia*, *Arillus von Evonymus* etc. (Vergl. P. Fritsch, Ueber farbige körnige Stoffe des Zellinhaltes. Pringsheim's Jahrb. XIV. 1884, pag. 185).

Auch die Chromoplasten haben wie die Chloroplasten eine plasmatische Grundlage, welche der Träger des betreffenden Farbstoffes ist. Zuweilen tritt das Pigment in Form von Krystallen oder Krystalloiden auf (pag. 556), meist von sehr geringer Grösse; die grössten bisher bekannten sind die von *Daucus Carota* (Fig. 146). Am häufigsten finden sie sich in orangegelben Blumen (*Tropeolum*), Früchten und Fruchtheilen (*Pyrus*, *Rosa*, *Arillus Evonymi*). Als sonstige Einschlüsse enthalten Chromoplasten zuweilen Stärke, sehr selten Oeltropfen (*Perigon von Iris Pseudo-Acorus*). Sie können aus Leukoplasten oder aus Chloroplasten entstehen.

Die Farbstoffe mancher ober- und unterirdischer Achsenorgane sind theils nur als Lösung oder in Form kleiner Körnchen im Zellinhalte vorhanden, theils ausserdem in der Zellwand abgelagert. So sind die Farbstoffe des Krapps (*Rubia tinctorum*) und der gelbe Farbstoff der Gelbwurz (*Curcuma*) in den Zellen als Lösung, erstere darin überdies in kleinen Körnchen enthalten; die Farbstoffe der Farbholzer, der Berberis- und *Calumba*-Wurzel finden sich sowohl im Zellinhalte als in der Zellwand.

Die verschiedenen Pigmente stehen zu Gerbstoffen und Glycosiden in naher Beziehung; meist ist die gleichzeitige Anwesenheit einer auf Eisensalzlösungen reagirenden Verbindung mikrochemisch nachweisbar.

10. Milchsäfte.

In den Milchsaftgefässen, Milchsaftschläuchen und Milchsaftzellen, sowie in intercellularen gang- oder canalartigen Räumen (Milchsaftgängen), welche den übrigen (pag. 559 angeführten) intercellularen Secretbehältern entsprechen, ausnahmsweise auch in Spiroiden, findet sich in den frischen Pflanzen als Inhalt eine meist dickflüssige, weisse, seltener anders gefärbte Masse, welche ähnlich der Milch, aus einer gewöhnlich farblosen Flüssigkeit und darin aufgeschwemmten kleinen Körperchen besteht und eine ausserordentlich mannigfaltige chemische Zusammensetzung besitzt.

Am häufigsten zeigt der Milchsaff eine milchweisse Farbe (*Papaver*, *Ficus*, *Euphorbia*), zuweilen mit bläulichem Ton (*Papaver Rhoeas*). Bei manchen Pflanzen ist er milchweiss, wird aber an der Luft gelb (*Imperatoria*), braun bis schwarz (*Rhus*). Nicht selten ist er gelb mit verschiedenen Nuancen, so reingelb im Schöllkraut, in den Gummiguttbäumen, schmutziggelb in der Mangostane; seltener ist der orangerothe Milchsaff (*Argemone Mexicana*), und noch seltener der rothe (*Radix Chelidonii*, *Sanguinariae Canadensis*).

Unter dem Mikroskope erscheint der Milchsaff als eine meist vollkommen farblose Flüssigkeit, in welcher zahllose, gewöhnlich sehr kleine, 0.5–6 μ , selten darüber messende rundliche Körperchen, Milchsafftkügelchen, schwimmen. Die kleinsten sind, in einem unter das Mikroskop gebrachten Tropfen betrachtet, in lebhafter Molecularbewegung begriffen. Sie haben bald das Aussehen von Körnern, die in manchen Fällen Schichtung zeigen (*Ficus Carica*), bald von Bläschen. Ueber ihre chemische Natur ist sehr wenig bekannt. In vielen Fällen bestehen sie aus Kautschuk (Federharz) und verwandten Stoffen, in anderen Fällen betheiligen sich Harze, wachsartige Substanzen, ätherische Oele, Fette etc. an ihrer Zusammensetzung. Die in manchen Milchsäften vorkommenden grösseren soliden Körperchen erweisen sich als Stärke. In gewissen Wolfsmilcharten sind solche Stärkekörperchen sonderbar gestaltet (Fig. 129, 9 b), im Milchsaffe der einheimischen Wolfsmilcharten meist einfach stabförmig (Fig. 129, 9 a).

Ausser diesen Stoffen hat die chemische Analyse in den Milchsäften der verschiedenen Pflanzen noch Eiweiss, eiweisslösende Fermente (Papayin in *Carica Papaya*), Gummi, Schleim, Zucker, Gerbstoffe, verschiedene Chromogene, Alkaloide etc. nachgewiesen, Stoffe, die wohl sämmtlich in gelöster Form darin vorkommen.

Der Milchsaft ist einerseits wegen seines Gehaltes an plastischen Substanzen als Bildungssaft zu betrachten, andererseits führt er auch Endproducte des Stoffwechsels, wirkliche Excrete (Haberlandt).

Die chemische Zusammensetzung der Milchsäfte ist überhaupt eine unendlich mannigfaltige, zum grössten Theile jedoch noch unerschlossene. Mit Rücksicht auf die vorwaltenden Bestandtheile könnte man die Milchsäfte vielleicht in folgende fünf Gruppen bringen:

1. Milchsäfte mit auffallend grossem, oft vorherrschendem Gehalte an Federharz, häufig neben Gummi, Harz, ätherischen Oelen, Eiweiss und verschiedenen Stoffen unbekannter Zusammensetzung. Hierher würden die Milchsäfte vieler *Urticaceen*, *Apocynaceen*, *Euphorbiaceen*, *Sapotaceen*, *Papayaceen* und *Asclepiadaceen* gehören.
2. Milchsäfte mit vorwaltendem Schleim- und Harzgehalte, oft neben ätherischen Oelen. Hierher gehören die Milchsäfte der *Convolvulaceen*, *Umbelliferen*, *Guttiferen*.
3. Milchsäfte mit grossem Gehalte an Fett und Zucker neben Harz und Schleim, wie jene der *Cichoriaceen*, *Campanulaceen*, *Acerineen*.
4. Milchsäfte mit auffallend grossem Gerbstoffgehalte, jene vieler *Anacardiaceen*.
5. Milchsäfte mit meist narkotisch wirkenden Alkaloiden, oft neben Harz, Fett etc., wie jene vieler *Papaveraceen*, *Lobeliaceen*.

In den Drogen zeigen die verschiedenen Milchsäfte begreiflicherweise ein von dem frischen Zustande ganz abweichendes Aussehen. Meist sind sie zu formlosen, dichten, nicht selten in kantige Stücke zersprungenen, zu klumpigen oder krystallinisch-körnigen, glanzlosen oder harzig-glänzenden Massen von braungelber, braunrother oder graulich-erfarbter eingetrocknet, seltener in einem halbflüssigen Zustande. Selbstverständlich ist ihr Aussehen und namentlich ihr Verhalten zu mikrochemischen Mitteln nach ihrer jeweiligen chemischen Zusammensetzung ein verschiedenes.

11. Alkaloide.

Die verschiedenen hierher gehörenden Körper sind wohl in den meisten Fällen, an organische oder anorganische Säuren gebunden, ursprünglich flüssig im Zellinhalte vorhanden. Als stickstoffhaltige Verbindungen dürften sie vorzüglich Bestandtheile des protoplasmatischen Zellinhaltes sein, wie sie ohne Zweifel aus diesem hervorgehen. Wir werden sie deshalb vorzüglich in jenen Elementarorganen und Geweben zu suchen haben, welche ausschliesslich oder vorwaltend einen solchen Inhalt führen, wie z. B. Cambiform, Siebröhren, oder wo neben Reservestoffen mehr oder weniger reichliche plasmatische Ueberreste zu finden sind, wie häufig genug im Parenchym vegetativer und besonders reproductiver Organe.

Ein sicherer mikroskopischer Nachweis der einzelnen Alkaloide stösst begreiflicherweise auf grosse Schwierigkeiten, und fast alle in dieser Beziehung angeführten Reactionen müssen mit Vorsicht aufgenommen werden. Flückiger empfiehlt Jodkalium-Jodquecksilberlösung (pag. 534), welche fast alle Alkaloide aus ihren Lösungen selbst in grosser Verdünnung fällt. Meist ist der Niederschlag amorph, nimmt aber manchmal nach einigen Stunden Krystallformen an. An feinen Schnitten der China-rinden, welche mit diesem Reagens befeuchtet wurden, schliessen Jodverbindungen ihrer Alkaloide mit Jodquecksilber an.

In manchen Fällen lassen sich die Erscheinungen, die sich aus der Anwendung verschiedener Chemikalien ergeben, zu einigermaßen oder ziemlich sicheren Schlüssen in Bezug auf das Vorkommen und die Vertheilung bestimmter Alkaloide in den Geweben verwerthen (siehe *Cortex Chinae*, *Radix Veratri*, *Colchici*, *Fructus Piperis*, *Semen Strychni*).

Werden Schnittblättchen aus *Semen Strychni* mit concentrirter Schwefelsäure benetzt, so färbt sich der Inhalt der Zellen röthlich; fügt man ein Splitterchen von

chromsaurem Kali hinzu und bedeckt es mit dem Deckgläschen, so nimmt der Zellinhalt eine schön violette Farbe an (Rosoli).

Neuerdings hat L. Erera (Bot. Centralbl. 1891, B. 46, 225), der schon früher die Frage der mikrochemischen Nachweisung von Alkaloiden einer genaueren Prüfung unterzogen hat, neben den allgemeinen Reagentien auf Alkaloide, welche auch andere Stoffe (gewisse Amine, Glycoside und die meisten Proteinstoffen) fällen (Jod-Jodkalium, Kalium-Quecksilberjodid, Phosphormolybdänsäure etc.), die Anwendung von Lösungsmitteln (zur Unterscheidung von Proteinstoffen) und als bestes Extractionsmittel der Alkaloide Weinsäure-Alkohol (1 Gramm Acid. tararic. cryst. in 20 cm³ absolutem Alkohol), der zugleich das Protoplasma tödtet und die Proteinstoffe ausfällt, auch etwa vorhandene alkalische Salze neutralisirt, empfohlen. Genügend dicke Schnitte aus den Theilen, in denen die allgemeinen Reagentien Niederschläge ergeben haben, werden $\frac{1}{2}$ –24 Stunden der Einwirkung obiger Flüssigkeit ausgesetzt, dann mit destillirtem Wasser abgespült und mit den allgemeinen Reagentien geprüft. Waren Alkaloide vorhanden, so sind sie durch den Weinsäurealkohol gelöst worden und die allgemeine Reaction bleibt aus, waren Proteinstoffe die Ursache der Reaction auf die allgemeinen Reagentien, so erhält man jetzt Färbungen, da die Proteinstoffen nicht gelöst wurden, sondern in den Zellen zurückblieben. Das ist natürlich nur bei frischen Pflanzentheilen ausführbar.

12. Krystalle.

Alle Gewächse erzeugen mehr oder weniger reichlich organische Säuren, welche nur ausnahmsweise frei, in den meisten Fällen dagegen, mit Basen zu sauren Salzen verbunden, im Zellsafte gelöst vorkommen. Dasselbe gilt von den etwa von aussen aufgenommenen anorganischen Säuren und Salzen. Die meisten dieser Stoffe



Fig. 147.

Krystallformen des Kalkoxalats, und zwar aus: 1. Cortex Angosturae, 2. Radix Ratanhiae, 3. Radix Glycyrrhizae, 4. Folia Hyoscyami, 5. Cortex Quebracho, 6. Radix Iridis, 7. Paponiae sp. Blatt, 8. Folia Convolvuli arvensis, 9. Cortex Quillajae 10. Scilla maritima. Vergr. 250/1.

entgehen daher der mikroskopischen Beobachtung und dies umsomehr, als wir für sie noch keinen zuverlässigen mikrochemischen Nachweis kennen. Ihre Gegenwart kann man höchstens in frischen Pflanzentheilen vermuthen aus gewissen Reactionerscheinungen, welche der Abdruck eines Querschnittes derselben auf Lackmuspapier zeigt.

Sachs empfiehlt hierfür folgende Methode: Man bereitet sich ein mit der vorgeschriebenen neutralen Lackmustrinctur gefärbtes schwedisches Filtrirpapier, welches man mit einem abgerundeten Glaskörper glättet und auf einer Unterlage von gewöhnlichem Filtrirpapier ausbreitet. Den zu untersuchenden Pflanzentheil schneidet man quer durch, trocknet die Schnittfläche durch mehrmaliges Abtupfen am Filtrirpapiere ab und drückt sie endlich sanft auf das vorbereitete Reagenspapier, welches durch Farbenänderung das Vorhandensein und die Vertheilung der sauren, alkalischen und neutralen Säfte ersichtlich macht. Es hat sich gezeigt, dass die saure Reaction vorzüglich an das Parenchym und den Holzkörper gebunden ist.

Ausser diesen gelösten Verbindungen kommen fast bei allen, zumal höheren Pflanzen, auch unlösliche Verbindungen in Form von Krystallen, und zwar von Oxalsäure mit Kalk als Inhalt meist besonderer Zellen, Krystallzellen (Krystallschläuchen), mitten im Gewebe, zuweilen neben anderen festen Inhaltsstoffen (Amylum, Chlorophyll) in einer und derselben Zelle, vor. Seltener werden Calciumcarbonat, Calciumphosphat und Calciumsulfat in Krystallen oder krystallinischen Massen im Zellinhalte angetroffen.

Die Krystalle von Kalkoxalat erscheinen bald einzeln (Fig. 147) in einer Zelle, bald in Mehrzahl; in letzterem Falle seltener zwei bis mehr grössere oder grössere und kleinere, häufiger nadelförmige Krystalle bündelweise beisammen liegend (Fig. 148, 1; 149 *k*) oder kürzere Krystalle in Form von Durchwachsungen (Fig. 147, 4, 7; 151) und Krystallgruppen (Fig. 148, 3) oder einem aus organischer Substanz bestehenden Klümpchen drusenförmig (Fig. 148, 5, *a*) oder rosettenförmig (Fig. 148, 4) ein- und aufgelagert oder endlich in Form winziger krystallinischer Körnchen, gewöhnlich den ganzen Zellenraum ausfüllend (Fig. 148, 2).

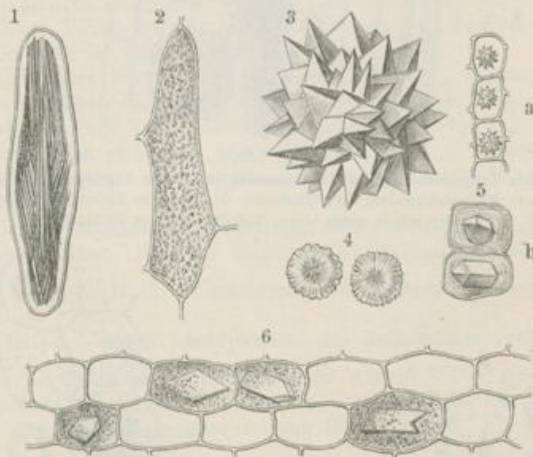


Fig. 148.

Krystallformen des Kalkoxalats. 1. Raphidenzelle aus dem Pericarp von *Galium Aparine*; 2. Krystallsandzelle aus der Wurzel von *Atropa Belladonna*; 3. morgensternförmige Krystallgruppe aus *Radix Rhei*; 4. Krystallrosetten aus *Folia Arghel*; 5. *a* Krystalldrusen und *b* Einzelkrystalle aus der Rinde von *Aesculus Hippocastanum*. 6. Partie eines Rindenmarkstrahles von *Cortex Dundaké* mit Zellen, welche je einen relativ grossen Krystall mitten im Krystallsande führen. Vergr. 160/1.

Auch Sphärokrystalle von Kalkoxalat wurden von Moebius (Ber. d. d. Bot. Ges. III., 1885, 178) im Zellinhalte bei verschiedenen Cacteen beobachtet. Er beschreibt sie als 0.0125—0.02 mm im Durchmesser haltende kugelige Körper, welche abwechselnd hellere und dunklere concentrische Schichten zeigen, zuweilen dicht von prismatischen Einzelkrystallen desselben Salzes umlagert und gleich diesen mit einem sehr feinen Cellulosehäutchen umgeben sind.

Die Einzelkrystalle (Fig. 147, 135, 136) sind bald Octaëder aus dem quadratischen System (Fig. 147, 8; Blätter von *Convolvulus arvensis*, *Tradescantia*, *Begonia*) oder kurze oder lange vierseitige Prismen mit aufgesetztem Octaëder (Blätter von *Convolvulus arvensis*, *Aloë*), bald Combinationen aus dem klinorhombischen Systeme (1, 3, 5): rhomboëderähnliche Gestalten, klinorhombische Tafeln, Zwillings-

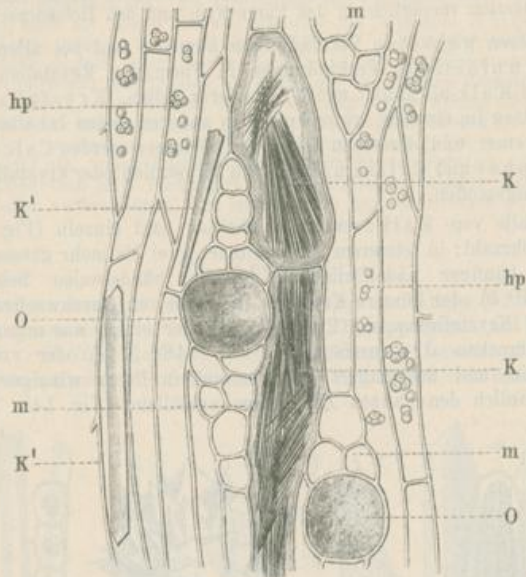


Fig. 149.

Partie eines tangentialen Längenschnittes aus der Innenrinde von *Cortex Angosturae*. *hp* Stärkemehl führender Bastparenchym, *mm* Markstrahlgewebe, *OO* ätherisches Oel führende Zellen, *KA* Raphidenschläuche, *K'* Zellen mit je einem langen Einzelkrystall von Kalkoxalat.



Fig. 150.

Krystallsand von *Sambucus nigra*.
Vergr. 450 / 1.



Fig. 151.

Partie aus dem Mesophyll von *Hyoscyamus niger* mit Kalkoxalatkrystallen (*a* Durchwachsungen, *b* neben einem grösseren ein kleinerer Krystall).
Vergr. 400 / 1.

bildungen (*Cortex Quillajae* 9, *Lignum Guajaci*, *Folia Coca*, Rinde von *Tilia*, *Aesculus*, *Pyrus*, *Radix Iridis* 6, *Radix Ratanhiae* 2 etc.).

Die bündelweise beisammen liegenden Krystallnadeln, Raphiden (Fig. 148 1, Fig. 149, *K*, Fig. 91) gehören wahrscheinlich dem klinorhombischen Systeme an.

Sie finden sich vorzüglich bei monocotylen Gewächsen (*Radix Sarsaparillae*, *Chinae*, *Ari*, *Polygonati*, *Veratri*, *Bulbus Scillae*, *Alii Cepae* etc.), seltener bei Dicotylen (*Radix Ipecacuanhae*), *Rubiae*, *Mirabilis Jalapae*, *Cortex Angosturae*, bei *Galium*, *Phytolacca* etc.).

Nicht selten, z. B. sehr schön in *Radix Sarsaparillae*, stehen die Raphidenzellen in axialen Reihen, an deren Stelle häufig, vielleicht aus einer Verschmelzung der Zellen hervorgehend, mehr oder weniger lange, die Krystallbündel in regelmässigen Abständen enthaltende Schläuche (Schlauchgefässe Hanstein's, Fig. 174, 14) treten.

Die innere Wand der Raphidenzellen (z. B. in *Radix Sarsaparillae*, *Polygonati*) ist oft aufgequollen, als eine, unter Wasser gesehen, das Raphidenbündel umschliessende schleimige Masse.

Die Krystallgruppen, Drusen und Rosetten (Fig. 148, 3, 4, 5 a; *Radix Rhei*, *Bistortae*, *Saponariae*, *Turpethi*, *Dictamni*, Rinde von *Juglans*, *Punica Granatum*, *Croton*, *Canella* etc.), sowie der Krystallsand (Krystallmehl, Krystallpulver; Fig. 148, 2, Fig. 150; *Radix Belladonnae*, Rinde von *Solanum Dulcamara*, *Atropa*, *Datura*, *Physalis*, *Sambucus*, *Cinchona* etc.) dürften zum Theile dem klinorhombischen, zum Theile dem quadratischen Systeme angehören.

Sehr oft kommen Einzelkrystalle und Drusen in einer und derselben Pflanze oder in demselben Gewebe, seltener gleichzeitig auch Krystallsand vor. In *Cortex Dundaké* (pag. 296) liegen in derselben Zelle (Fig. 148, 6) grössere Einzelkrystalle mitten im Krystallsande.

Die Kalkoxalatkrystalle sind in vielen Fällen mit einer nachweisbaren dünnen Haut aus Proteinstoffen eingehüllt, was für ihre Entstehung im Protoplasmakörper spricht, in anderen Fällen ist eine solche Hülle nicht nachweisbar, was auf eine Bildung der Krystalle im Zellsafte hindeutet.

Alle beschriebenen Formen sind unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Essigsäure, löslich in verdünnter Salzsäure (ohne Gasentwicklung) und concentrirter Schwefelsäure, in letzterem Falle unter Bildung nadelförmiger (Gips-) Krystalle. Geglüht bräunen sie sich, lösen sich dann unter Gasentwicklung in Essigsäure und geben auf Zusatz von Ammoniak und Oxalsäure einen aus Quadratoctaëdern gebildeten Niederschlag.

Bekanntlich krystallisiert der oxalsäure Kalk sowohl im quadratischen als im klinorhombischen Systeme. Bei sehr langsamer Krystallisation entstehen quadratische Octaëder $\left. \begin{array}{l} \text{Ca O} \\ \text{Ca O} \end{array} \right\} \text{C}_4\text{H}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$, bei rascherer Krystallisation klinorhombische Gestalten

$\left. \begin{array}{l} \text{Ca O} \\ \text{Ca O} \end{array} \right\} \text{C}_4\text{H}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$. Dieser Dimorphismus des Kalkoxalates erklärt die verschiedenen Formen, mit denen es im Pflanzenreiche auftritt. Die rhomboëderähnlichen Krystalle hat man früher für kohlen-säuren, die schiefen rhombischen Säulen, namentlich in der Zwillingszusammensetzung (Fig. 147, 6, 9), für schwefelsäuren Kalk gehalten.

Krystalle von oxalsäurem Kalk fehlen keiner Abtheilung des Pflanzenreiches und gewiss, mit wenigen Ausnahmen, keiner höheren Pflanze. Manche sind sehr reich daran, von Drogen namentlich *Radix Rhei*, *Cortex Quillajae*, *Cortex Guajaci*, manche *Chinarinden* etc. In einer guten *Rhabarber* fand Flückiger 7.3% Kalkoxalat; die *Guajakrinde* enthält 20.7%, *Lecanora esculenta* 22.8%.

Die Krystallzellen sind am häufigsten im Parenchym zu finden, entweder zerstreut im Gewebe (Rinde, Mark, Markstrahlen*) oder in axialen Reihen geordnet,

*) G. Kraus (Ueber das Kalkoxalat in Baumrinden, 1891) hält auf Grund seiner Untersuchungen den oxalsäuren Kalk für einen Reservestoff. Es ist kaum eine Stelle, wo so viel davon angehäuft wäre, als in der Innenrinde der Bäume und Sträucher. Bei manchen Pflanzen kann er ein Fünftel des Rindengewichtes ausmachen. Mit dem Erwachen der Vegetation im Frühling verschwindet das in der Rinde der Holzgewächse im Vorjahre abgelagerte Salz. Es wird aufgelöst durch den Zellsaft der umgebenden Gewebelemente. Kraus weist nach, dass Kalkoxalat nicht so unlöslich ist, als sonst angenommen wird, sondern dass es, wenn auch langsam und schwer, auch von gewöhnlichen Pflanzensäuren und von einer Reihe ihrer Salze gelöst wird.

welche bei Monocotylen in den äusseren Rindenschichten, bei Dicotylen in der Innenrinde, hier die Bastfasern und Siebröhren begleitend und erstere oft enge umstrickend (Fig. 51 und 52), als ununterbrochene Zellenzüge (Krystallfasern, pag. 223) die ganze Pflanze durchsetzen. In verschiedenen Fällen wurde in Krystallzellen ein Plasmatschlauch und Zellkern nachgewiesen. Ihre Wand ist meist dünn oder wenig verdickt und nicht verholzt; zuweilen aber haben sie den Charakter von Steinzellen und die Raphidenzellen manchmal eine verkorkte Membran (Radix Iridis, Veratri).

An die oben erwähnte Umhüllung der Raphiden in eine Schleimmasse schliesst sich die allgemeiner, als gewöhnlich angenommen wird, vorkommende Einlagerung von klinorhombischen Einzelkrystallen und von Drusen des Kalkoxalats in eine Art innerer Aussackung der Zellwand oder in eine von der Innenfläche der Zellwand

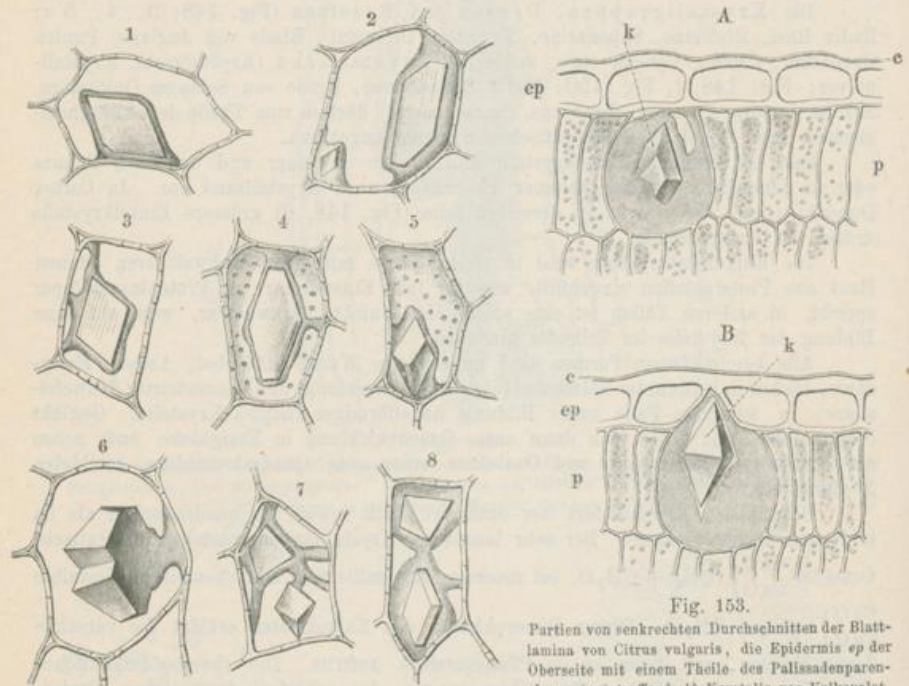


Fig. 152.

Kalkoxalatkristalle in Zellen aus dem Marke des künstlichen Sappanholzes, von Zellstoffbalken getragen, zum Theile von einer Zellstoffhülle auch umgeben. Vergr. 420/1.

Fig. 153.

Partien von senkrechten Durchschnitten der Blattlamina von *Citrus vulgaris*, die Epidermis *ep* der Oberseite mit einem Theile des Palisadenparenchym (p) treffend. *k* Krystalle von Kalkoxalat, in einer intracellularen Zellstoffhülle steckend, in vergrösserten Zellen, in A innerhalb des Chlorophyll führenden Palisadengewebes, in B mit dem oberen verengten Theile zwischen die Epidermiszellen eingeschoben; *cc* Cuticula. Vergr. 700/1.

in die Zellenhölzung vorspringende Zellstoffwucherung. Besonders auffallende Beispiele bieten manche Farbehölzer aus der Familie der Casalpiniaceen, namentlich das Mark von *Casalpinia Sappan* (Fig. 152), auch die Wurzelrinde von *Ononis spinosa*, *Lignum Santali albi* und andere Hölzer.

Hierher gehört auch die von Rosanoff (1865) zuerst beobachtete Einschliessung von 2—3 Krystalldrüsen in einer intracellularen Zellstoffhölzung im Marke von *Kerria Japonica*, *Ricinus communis* und in verschiedenen anderen Pflanzen; ferner die grossen, schön entwickelten Einzelkrystalle bei *Citrus*-Arten, insbesondere in zerstreuten Zellen der Epidermis und des subepidermalen Gewebes (Fig. 153; siehe auch *Folia Aurantii*, pag. 90).

Calciumphosphat kommt nicht selten (in Angiopteris, Euphorbien, Mesembryanthemum) im Zellinhalt gelöst vor und lässt sich durch Zusatz von absolutem Alkohol in Form von Sphärokrystallen zur Ausscheidung bringen (Hansen 1884). Im Holze der *Tectona grandis* soll es reichlich auskrystallisiert vorkommen.

Calciumsulfat ist in Krystallform mit Sicherheit nur in einigen Desmidiaceen (A. Fischer, Pringsh. J. XIV., 133) nachgewiesen.

Calciumcarbonat wird seltener als Zellinhalt, denn als Bestandtheil der Zellwand (pag. 578) gefunden; als Zellinhalt in den Haaren von *Xanthium spinosum* in kleinen, meist zerstreuten Krystallen (Fig. 194, 6), in körniger Form nach Molisch (1882) in den Gewebeelementen, zumal in Tracheen und Tracheiden des Kernholzes der meisten einheimischen Laubbäume (*Ulmus*, *Fagus* etc.), nach Melnikoff (1877) in krystallinischer Form mehr oder weniger vollständig die Zellenhöhlung in den äusseren Zellagen der Pericarprien verschiedener Pflanzen (*Celtis australis*, *Lithospermum officinale*, *Cerintho major*) ausfüllend. Der kohlensaure Kalk löst sich in Essig- oder Salzsäure unter Auftreten von Gasbläschen auf. Vergl. auch pag. 610, Cystolithen.

Im Anschluss sei hier des Vorkommens von Kieselsäure in Form verschieden gestalteter Gebilde (Kieselkörper) gedacht. Solche Ablagerungen wurden zuerst in der El-Cauto-Rinde (pag. 578) von Crüger (1857) gefunden. Sie kommen auch bei anderen Chrysobalanen, bei Magnoliaceen, Dilleniaceen in verschiedenen Geweben (Epidermis, Gefässbündeln), bei vielen Monocotylen (besonders bei Palmen, Orchidaceen, Marantaceen etc.) vor, haben bald die Form eines gerundeten Kornes, bald sind sie traubenförmig, kurz- und breitkegelig, bald spindelförmig oder sternförmig etc. Die Membran der sie beherbergenden Zellen ist oft auch verkieselt, in anderen Fällen nicht verkieselt. Bezüglich der Nachweisung der Kieselsäure vergl. pag. 578.

Krystalle, organischen Verbindungen angehörend, trifft man, obwohl selten innerhalb der Zellen in manchen Drogen an. Ausser den bereits pag. 547 erwähnten Zuckerkrystallen z. B. Krystalle von Rutin (in Kappern, Sophorablüthenknospen), von Cubebin (*Fructus Cubebae*), Piperin (*Fructus Piperis*), Stearin (*Fructus Cocculi*) etc. Häufiger kommen krystallinische Ausscheidungen ausserhalb der Zellen, zwischen Gewebsschichten, denselben aufliegend, an der Oberfläche verschiedener Theile oder innerhalb mit Secret gefüllter Interzellularräume vor (*Theobromin*, *Vanillin*, *Cumarin*, *Cinaebenkampfer*, *Alantkampfer* und andere Stearoptene, Fettkrystalle u. a.*). A. Meyer (Arch. Ph. XVII. B.) beschreibt und bildet ab Krystalle (prismatische) unbekannter Natur, welche sich in den Secreten verschiedener Rhus-Arten (*Rhus Toxicodendron*, *vernicefera*, *succedanea*, *typhina*, *Cotinus*) und von *Schinus molle* finden, in Alkohol, Aether und Chloroform fast vollständig löslich sind und durch Eisenchlorid schwarz, durch Phosphormolybdaensäure dunkelblau gefärbt werden.

13. Gasförmige Stoffe.

Luft findet sich in den verschiedensten Pflanzentheilen und Geweben häufig vor, besonders in gewissen Vegetationsepochen, in bestimmten Geweben und Gewebeelementen. So sind ältere Theile reich daran, ebenso jene, welche im Sommer und Herbste gesammelt werden. Fast constant findet sich Luft in den Zellen gewisser Markformen und im Gewebe der Mittelrinde mono- und dicotyler Pflanzen, in den meisten Spiroiden, zuweilen auch in Holzzellen und in älteren Trichomen. Bald ist sie blos in den Zellen, bald nur in den Zwischenräumen, gewöhnlich aber an beiden Orten vorhanden. Bei reichlicher Ansammlung stört die Luft sehr die mikroskopische Untersuchung und muss früher in der in pag. 533 beschriebenen Weise entfernt werden. Die Luft tritt hierbei in sogenannten Luftbläschen hervor. Diese sind in der Mitte hell, mit einem breiten schwarzen Saume versehen, der davon herrührt, dass die den Rand des Luftbläschens treffenden Strahlen, durch totale Reflexion abgelenkt, das Auge des Beobachters nicht erreichen. Sind mehrere Luftbläschen in

*) Eine Zusammenstellung findet sich bei Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, pag. 119.

Zellenhöhlungen oder Intercellularräumen vorhanden, so dass sie sich gegenseitig decken, dann ist von dem hellen Mittelraume nichts zu sehen, sondern es erscheint der ganze Raum schwarz, weil kein Lichtstrahl in das Auge gelangt.

Oeltropfen, die ein ähnliches optisches Verhalten zeigen, erkennt man leicht an ihrem Verhalten zu verschiedenen Lösungsmitteln. In reflectirtem Lichte erscheinen sie zudem in ihrer eigenthümlichen, meist gelblich-weissen Farbe, in fein vertheilter Luft dagegen hellweiss, glänzend.

III. Die Zellmembran.

Die Zellwand zeigt nicht nur in verschiedenen Pflanzen und Geweben, sondern auch in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen eine grosse Mannigfaltigkeit sowohl in ihren physikalischen Eigenschaften als in ihrer chemischen Constitution. Bei ihrer Entstehung dünn, zart, homogen, farblos, weich, nimmt sie mit der Vergrösserung der Zelle nicht blos in ihrer Flächenausdehnung, sondern auch in ihrer Dicke zu, während die sie zusammensetzenden Stoffe eine allmähliche chemische Umsetzung erfahren, welche je nach ihrer Qualität und Quantität die Ursache der verschiedenen Veränderungen in ihrem physikalischen Verhalten wird.

Ueber das Wachsthum der Zellmembran bestehen noch derzeit abweichende Anschauungen. Früher wurde fast allgemein (mit Nägeli) angenommen, dass sowohl das Flächen-, als das Dickenwachsthum, d. i. sowohl die Flächenvergrösserung der Zellwand, als auch ihre Verdickung durch Intussusception erfolge, d. h. in der Art, dass zwischen ihre bereits vorhandenen Membrantheilchen (Micellen, pag. 577) neue, durch die Lebensthätigkeit des Plasma entstandene, sich einschoben. Im Gegensatze hierzu wird von verschiedenen Seiten (Strasburger, Schmitz etc.) die ältere Ansicht wieder verfochten, wonach das Wachsthum der Zellhaut durch Anlagerung neuer Membranschichten auf die bereits vorhandenen, durch Apposition, erfolgen soll. Sehr wahrscheinlich ist beim Dickenwachsthum theils Intussusception, theils Apposition im Spiele. Das Flächenwachsthum lässt sich jedenfalls durch Annahme der Intussusception besser erklären als durch die mit Dehnung der Zellhaut einhergehende Anlagerung neuer Membrantheilchen.

Das Dickenwachsthum der Zellhaut ist meist ein nach allen Seiten gleichmässiges, und zwar entweder ein wenig bedeutendes oder ein mehr oder weniger beträchtliches, wonach man dünnwandige und dickwandige Zellen unterscheidet.

Nicht selten ist die Zellwandverdickung so bedeutend, dass der innere Zellenraum, die Zellenhöhlung, auf ein Minimum reducirt erscheint. Betrachtet man eine derart stark verdickte Zellwand am Durchschnitte (Fig. 154, 155), so zeigt sie ohne Weiteres oder nach Behandlung mit verdünnten Säuren oder Alkalien etc. eine deutliche Zusammensetzung aus Schichten, welche concentrisch rings um die Zellenhöhlung verlaufen. Man nennt sie Verdickungsschichten oder secundäre Zellmembranen im Gegensatze zu der ursprünglichen äussersten Zellwandschicht, der primären Zellhaut (Grenzschicht).

Häufig erfolgt das Dickenwachsthum der Zellwand nicht gleichmässig nach allen Seiten, sondern eine oder mehrere der letzteren werden von der Verdickung stärker betroffen als die anderen; die Verdickungsschichten sind auf der



Fig. 154.

Isolirte, sehr stark verdickte Zelle aus dem Bindenparenchym von *Drimys Granatensis*. p primäre Membran, v von zum Theile verzweigten Porenkanälen durchsetzte Verdickungsschichten, l Zellenhöhlung. Vergr. 200/1.



Fig. 155.

Isolirte, sonderbar gestaltete, ästige, stark verdickte Sklerenchymzelle aus dem Fruchtstiele von *Illicium verum*. Vergr. 200/1.

einen Seite der Zellwand dicker als auf der entgegengesetzten, nach welcher die Verdickung allmähig oder rasch abnimmt, indem die Schichten der stärker verdickten Seite sich gegen die dünnwandige Seite allmähig auskeilen. Solche einseitig verdickte Zellen finden sich z. B. sehr verbreitet bei Epidermen, Peridermen, bei Endodermen monocotyler Pflanzen, bei vielen Sclerenchymelementen etc. (Fig. 64 u. 182).

Zu den ungleichmässig verdickten Zellen gehören auch die Collenchymzellen (Fig. 176), bei denen die Kanten stärker verdickt sind als die Flächen und ungleichmässige Verdickung kann auch in der Weise hervortreten, dass sich im Längenverlaufe eine verschieden dicke Wandung zeigt, wie dies bei Bastfasern nicht selten vorkommt.

Die Verdickungsmasse zeigt in der Regel mannigfaltige Unterbrechungen ihrer Continuität, dadurch hervorgebracht, dass das Dickenwachstum der Zellwand auf verschieden begrenzten Stellen derselben sehr verlangsamt oder ganz unterbrochen ist.

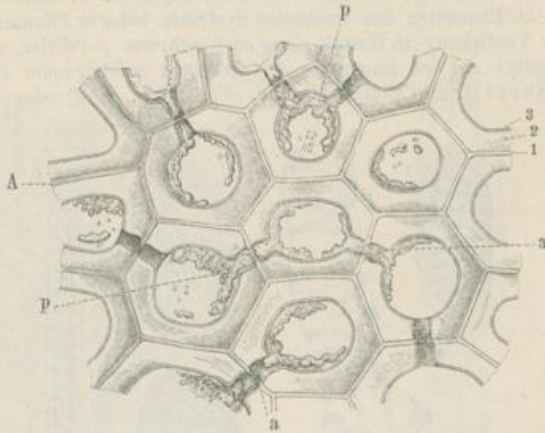


Fig. 156.

Partie des Endospermgewebes von *Euterpe oleracea*. Zellen dickwandig mit cylindrischen Porenkanälen, ihre Schliesshaut (*ao*) zum Theile durchbrochen, *p* plasmatischer Zellinhalt; 1. primäre Membran (Mittel-lamelle), 2. Verdickungsmasse (secundäre Membran), 3. Innenhaut (tertiäre Membran); bei *A* die Mittel-lamelle in zwei Lamellen differenziert. Vergr. 240/1.

Sind die Wandstellen, deren Verdickung ausbleibt, relativ klein, so erscheint die Verdickungsmasse von meist engen und je nach ihrer Mächtigkeit kurzen oder längeren, nicht selten dichotom verzweigten, gleichmässig weiten, oder nach aussen erweiterten, seltener im Verlaufe abwechselnd verengten und erweiterten Canälen, Tüpfelcanälen (Porenkanälen), durchsetzt (Fig. 154, 155, 156), welche bis an die Grenzschicht reichen und in der Flächenschicht sich als ringförmige, eirunde, elliptische, längliche oder spaltenförmige Stellen, Tüpfel (Membrantüpfel, Membranporen)*), darstellen, welche, wenn der Tüpfelcanal in der ganzen Wanddicke gleich weit ist, als einfache, wenn er gegen das Lumen verengt ist, als behöftete Tüpfel bezeichnet werden.

Mit einfachen Tüpfeln versehene Zellen, getüpfelte Zellen (Porenzellen, *Cellulae porosae*, Fig. 157, 3), finden sich ausserordentlich häufig, zumal ganz allgemein im Parenchym der meisten Pflanzen. Spaltenförmige einfache Tüpfel treten besonders

*) Vielfach werden die Tüpfel auch Poren genannt; es erscheint aber zweckmässiger, letzteren Ausdruck auf jene Fälle zu beschränken, in welchen eine wirkliche Durchbrechung auch der primären Membran, also eine offene Communication benachbarter Zellen vorhanden ist. Es ist bereits pag. 338 erwähnt worden, dass nach neueren Untersuchungen eine solche sehr allgemein vorkommt. Bei mit Tüpfeln versehenen Zellen beschränkt sich diese offene Verbindung der Zellmembran auf die Perforation der Schliesshäute (Fig. 156, *a*), während bei tüpfellosen Zellen (z. B. in manchen Endospermen) die Membran allenthalben von feinen, mit fadenförmigen Plasmafortsätzen erfüllten Canälen durchbrochen erscheint.

an Bast- und Libriformfasern fast stets in der Anordnung einer linksschiefen Spirale auf, in Folge dessen sich die Tüpfel anstossender Zellen kreuzen dann an langgestreckten Collenchymzellen und hier gewöhnlich der Längsachse parallel orientirt.

Sind die nicht verdickten Stellen der Zellwand stark in die Breite gezogen, quer über dieselbe von einer Kante der Zelle zur anderen reichend, so nehmen die verdickten Partien der Wand die Gestalt und Anordnung von parallelen, in den Kanten der Zelle durch Längsleisten verbundenen Querleisten an, gewissermassen an die Sprossen einer Leiter erinnernd (Fig. 168, 4). Solche Zellen nennt man daher Leiter- oder Treppenzellen (*Cellulae scalares*). Sehr häufig sind die leistenförmigen Verdickungen durch Anastomosen verbunden, ein Netzwerk bildend, welches die unverdickten Stellen als unregelmässige Maschenräume einschliesst (Fig. 157, 2). Zellen mit dieser Verdickungsform ihrer Wand, sogenannte Netzfaserzellen (*Cellulae reticulatae*), kommen häufig, besonders im Parenchym (z. B. Rinde von *Sambucus*, Antheren) und an Elementen des trachealen Systemes höherer Pflanzen vor. In vielen Fällen tritt die Verdickung in Gestalt eines oder mehrerer paralleler, schraubenförmig (meist rechtsläufig) an der Innenseite der Zellwand aufsteigender Bänder auf, bei den Spiralfaserzellen (*Cellulae fibrosae*, Fig. 157, 1, 2) oder aber in Gestalt

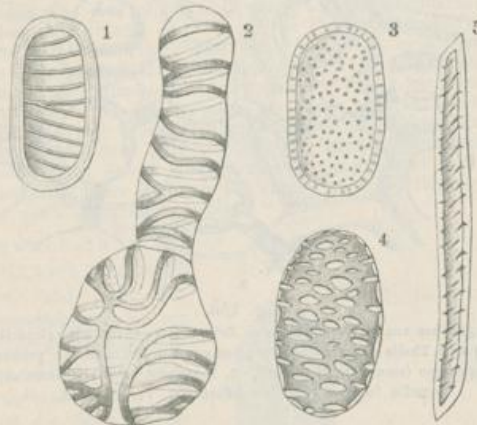


Fig. 157.

1. Spiral-, zum Theile Netzfaserzelle aus der Mittelrinde von *Sambucus nigra*; 2. Spiral- und Netzfaserzellen aus der Antherenwand von *Tulipa silvestris*; 3. einfach getüpfelte Zelle aus der äussersten Schicht der Samenhaut von *Amygdalus communis*, 4. netzförmig-getüpfelte Zelle aus dem Wurzelstocke von *Phajus grandifolius*; 5. Faserzelle aus dem Gefässbündel von *Fructus Papaveris* mit Spaltentüpfeln.

geschlossener, quer der Zellwand entlang verlaufender Ringe bei den Ringfaserzellen (*Cellulae annulatae*). Zuweilen wechselt die Form der Verdickung in einer und derselben Zelle in verschiedenen Schichten der Wand, so z. B. dass, wie im Holze von *Sambucus*, *Taxus*, *Tilia* etc., die äusseren Schichten Tüpfeln, die inneren ein Spiralband zeigen.

Im Querschnitte erscheinen die Verdickungsleisten bald linsenförmig, bald quadratisch oder rechteckig, bald mehr trapezöidisch, mit der breiteren Seite gegen das Zellenlumen gewendet und dadurch die unverdickten Stellen mehr oder weniger überragend. Uebrigens kommen auch vielfach Uebergangsformen vor.

Bei den Tüpfel- und Netzfaserzellen lassen häufig die unverdickten Wandstellen eine spirale Anordnung erkennen und es gilt als allgemeine Regel, dass die Tüpfel dort, wo zwei Zellen aneinander stossen, genau aufeinander treffen, so dass die

Mündungen der aufeinander treffenden Canäle an der Grenze beider Zellen durch die primäre Membran (Schliesshaut) getrennt werden (Fig. 156, a).

Eine eigenthümliche partielle Verdickung zeigen die Parenchymzellen in den inneren Partien von *Radix Gratiolae* (Fig. 179) in Form von ziemlich breiten Leisten an den Längswänden, welche an den angrenzenden Zellen stets einander entsprechen und sich auf die Querwände fortsetzen.

Hier schliessen sich an die verschiedenen balken- und zapfenförmigen partiellen Wandverdichtungen, wie sie besonders im Bereiche des Holzkörpers bei einzelnen Dicotylen (*Hippophaë rhamnoides*, *Drimys*), ganz allgemein aber in den Tracheiden der Coniferen beobachtet wurden (Sanio 1863, v. Mohl 1871, De Bary, P. Schulz 1882, C. Müller 1890), wo die balkenförmigen oft durch mehrere Jahresringe, in derselben Höhe, in radialer Richtung an sämtlichen Tracheiden zu verfolgen sind. Bei Cupressineen (*Juniperus* sp.) ist das Gefässbündel des

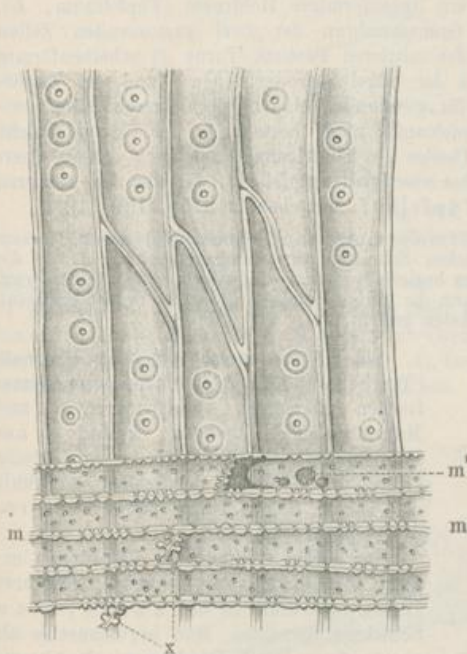


Fig. 158.

Partie eines radialen Längenschnittes aus dem Holze von *Abies alba*. Die mit einer Längsreihe kreisrunder Hoftäpfer versehenen Tracheiden von den Markstrahlen *mm* rechtwinkelig gekreuzt, *m'* Harzkörner, *x* zapfenförmige Membranverdickungen. Vergr. 400/1.

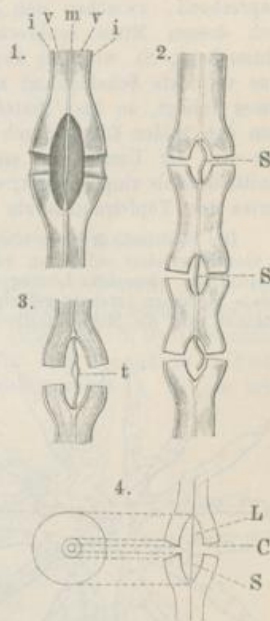


Fig. 159.

Zwei angrenzende Tracheidenwände aus dem Holze von *Abies alba*, 2. von *Pinus Pumillo*, 3. von *Pinus silvestris*; *i* tertiäre Membran, *v* Verdickungsschichten, *m* Mittellamelle, *S* Schliesshaut; 4. schematische Darstellung; *L* Täpfelraum, *C* Schliesshaut, *C* Täpfelcanal.

Blattes an den Seiten von Tracheiden flankirt, welche mit einem förmlichen Balkennetz versehen sind, welches weit ins Innere der Zellen vorspringt (Mohl 1871, De Bary pag. 170). Nach C. Müller (Ber. d. d. Bot. Ges. VIII.) ist das Vorkommen von Balken in den Tracheiden ein allen Coniferen zukommendes histologisches Merkmal und werden von ihm Balkenreihen, Zwillingbalken und isolirte Balken, welche frei ins Lumen der Zelle hineinragen, unterschieden. Die frei ins Lumen der Zelle vorspringenden Verdickungen bilden den Uebergang zu den Zellstoffwucherungen, welche

zu Trägern oder zur Hülle für Kalkoxalatkrystalle werden (pag. 568) und an diese schliessen sich die Cystolithen (pag. 610) an.

Hierher gehören auch die zackigen oder zapfenartigen Vorsprünge der Zellwand in den sogenannten Quertracheiden (Markstrahltracheiden) von Abietineen (Fig. 158, x).

Einfache und anastomosirende Zellstoffbalken sind auch ausserhalb des Holzkörpers in verschiedenen Geweben beobachtet worden, so von Leitgeb (1886) in den die Schliesszellen umgebenden Zellen der Oberhaut des Perigons von *Galtonia candicans*, von Radlkofer (1890) in Endospermzellen von *Bersama Abyssinica* Fres. (Melianthacee).

Hoftüpfel (behöftete Tüpfel, zweiseitige Hoftüpfel) finden sich besonders schön entwickelt an den Holzelementen (Tracheiden) der Coniferen (Fig. 158), aber auch an den Gefässelementen verschiedener anderer Pflanzen. Der Tüpfelcanal (C) erweitert sich hier (Fig. 159) trichterförmig nach Aussen gegen die Grenzschicht. Da die Tüpfelcanäle zweier anstossender Zellen correspondiren, so entsteht, jedem Tüpfelcanale entsprechend, zwischen den Zellen ein linsenförmiger Hohlraum (Tüpfelraum, L), durch dessen Mitte senkrecht die Grenzmembran der zwei anstossenden Zellen (Schliesshaut, S) wie eine zarte, in den mittleren Partien (Torus, t) scheibenförmig etwas verdickte Scheidewand zieht, in der Regel aber der einen Wand des Tüpfelraumes anliegt, so dass thatsächlich für gewöhnlich eine offene Communication zwischen den beiden Zellen durch die Tüpfelcanäle nicht besteht. In der Flächenansicht stellt sich der Umriss des engeren Theiles des Tüpfelcanales, je nach dessen Querschnittsfigur als ringförmiger, elliptischer oder Spaltentüpfel dar, der von dem äusseren Umriss des Tüpfelraumes als Hof, Tüpfelhof, umgeben ist (Fig. 159, 4).

Die Schliesshaut kann man nach Zimmermann an Alkoholmaterial durch Tinction mit Genthianaviolett selbst an relativ dicken Schnitten zur Anschauung bringen, da der Farbstoff aus wässriger Lösung besonders begierig von der Schliesshaut aufgenommen wird, so dass sie schon intensiv gefärbt ist, wenn die übrige Membran noch fast farblos erscheint. Zunächst wird die Mittellamelle am stärksten gefärbt.

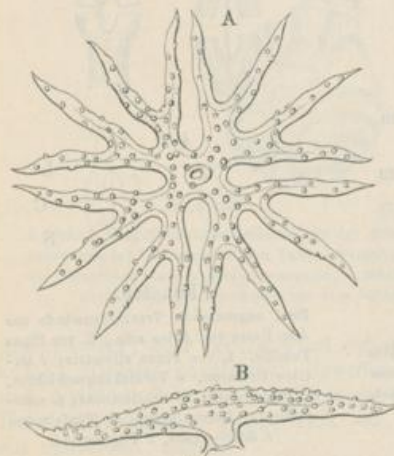


Fig. 160.

A Einzelliges, sternförmig-verzweigtes Haar des Blattes von *Alyssum montanum*, an der Oberfläche mit Knötchen besetzt. B Einzelliges, T-förmiges, knötchentragendes Haar von *Cheiranthus* Cheiri. Vergr. 200/1.

Gewebzellen, zumal an Oberhautzellen und ihren Anhangsgebilden, sowie zuweilen an Zellwänden, welche Intercellularen begrenzen.

An Wänden, welche tracheale Elemente (Tracheen und Tracheiden) von parenchymatischen Elementen (Holzparenchym und Markstrahlzellen) trennen, kommt es nur auf dem trachealen Elemente zur Ausbildung eines Tüpfelhofes und der Schliesshaut fehlt der Torus. Solche Tüpfel nennt man einseitige Hoftüpfel.

Bei vielen freiliegenden Zellwänden erfolgt ein örtlich beschränktes stärkeres Dickenwachsthum in den äussersten Schichten derselben. Man bezeichnet es als centrifugales Dickenwachsthum, im Gegensatz zu den oben angeführten ungleich häufigeren Fällen des centripetalen Dickenwachsthum. Es führt zum Auftreten mannigfaltiger Hervorragungen in Gestalt von Höckern, Leisten, Warzen, Stacheln etc. an ihren Oberflächen.

Centrifugale Wandverdickungen finden sich besonders an frei sich entwickelnden, nicht im Gewebeverbande stehenden Zellen (Pollenkörnern, Sporen, Fig. 108, Sporen von *Lycopodium*), aber auch an

An Epidermen und Trichombildungen unterscheidet H. Schenck (1884) Höckerbildung *a*) durch Ausbuchtung der primären Membran, welche sich im Jugendzustande örtlich aussackt, wobei der so entstandene Höcker hohl bleiben oder durch nachträgliche Wandverdickung ausgefüllt werden kann (z. B. Epidermis der Blattunterseite von *Taxus baccata*); *b*) Höcker- und Leistenbildung als locale Falten oder Verdickungen der Cuticula, sehr häufig bei Labiaten-Trichomen (z. B. *Glechoma*). Häufig haben die Höcker oder Körner an der Oberfläche der Haare eine spiralförmige Anordnung (Fig. 161, *Verbascum*). Streifen, Falten, Leisten sind eine häufige Er-



Fig. 161.

Partie der Epidermis der Blattoberseite von *Helleborus niger*. Cuticula faltig. Vergr. 200/1.

scheinung auf Oberhäuten der Blätter und Blumenblätter (*Helleborus*, Fig. 161). *c*) Bildung von Höckern durch Auftreten einer Substanz zwischen Cuticula und Celluloseschichten der Membran, z. B. Haare von *Cornus mas* (Fig. 163, 8, 9), *Cheiranthus*, *Erysimum*, *Alyssum montanum* (Fig. 160, *A*), *Deutzia* (Fig. 163, 2); endlich *d*) Höcker, entstanden durch vorspringende Kryställchen von Calciumoxalat, z. B. die merk-

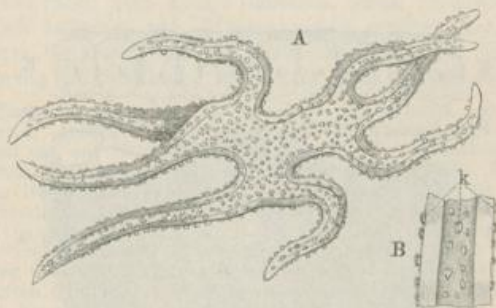


Fig. 162.

A Eine vielarmige trichomartige Sklerenchymzelle mit in der Wand eingelagerten Kalkoxalat-Krystallen aus den Luftgängen des Blattstieles von *Nuphar luteum*. Vergr. 140/1. *B* Ein Stück eines Armes stärker vergrößert. *k* Kalkoxalat-Krystalle.

würdigen vielarmigen trichomartigen Idioblasten im Blattstiele und Stengel von *Nymphaea* und *Nuphar* (Fig. 162), welche in den äussersten Partien der Zellwand dicht besetzt sind mit Kalkoxalatkrystallen. Nach Lösung derselben in Salzsäure bleibt ein feines Häutchen zurück, welches sie aussen überzieht. Diese Haare entstehen durch Aussackung von einzelnen Zellen der Scheidewände der weiten Luftgänge; die Krystalle werden an der Innenseite der noch sehr dünnen primären Membran abge-

lagert und im weiteren Verlaufe des Wachsthumes der Zelle von deren Verdickungsschichten abgeschlossen und dabei auch etwas nach Aussen gedrängt.

Gleich dem Dickenwachstum erfolgt auch das Flächenwachstum der Zellwand entweder allseitig gleichmässig, oder es ist ein stärkeres Flächenwachstum auf bestimmte Wandstellen beschränkt, wodurch Ausbuchtungen und Faltungen der Membran verschiedener Form und Ausdehnung zu Stande kommen (Fig. 163), wie letztere besonders schön an zahlreichen Oberhäuten von Blumenblättern und an den sogenannten Armpalissadenzellen, z. B. in den Blättern von Pinusarten (vergl. Haberlandt l. c. pag. 181), zu finden sind.

Die Membran der Pflanzenzelle besitzt, wie alle organisirten Körper, einen mehr oder weniger hohen Grad der Quellungsfähigkeit, d. h. die Eigenschaft, Wasser und wässrige Lösungen zwischen ihre kleinsten Theilchen einzulagern und beim Trocknen wieder abzugeben, ohne ihre Molecularconstitution zu ändern.

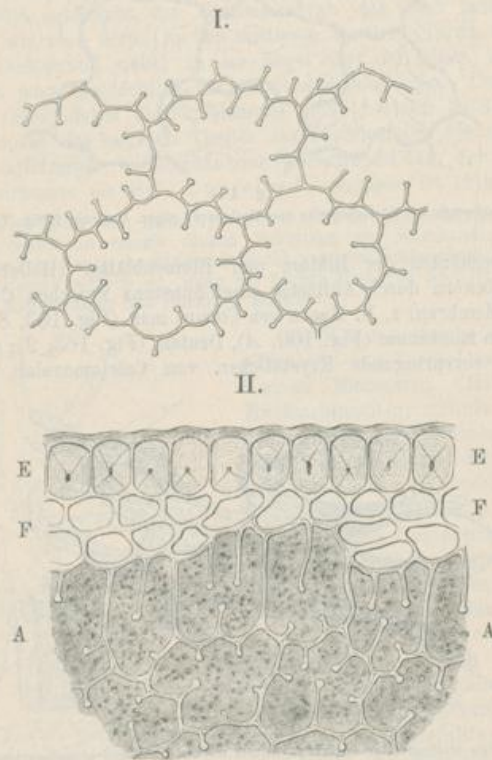


Fig. 163.

1. Zellen des Epithels der Blumenblätter von *Pelargonium zonale*. Vergr. 430/1. II. Partie eines Querschnittes des Blattes von *Pinus Laricio*. E Epidermis. F Hypoderm. A Armpalissadenschicht. Vergr. 500/1.

Die mit Wasser imbibirte (gequollene) Zellhaut hat ihr Volum vergrössert. Die Volumvergrößerung findet bei langgestreckten Zellen, z. B. den Bast- und Holzzellen, vorzüglich in der Richtung des Dickendurchmessers und nur sehr wenig der Länge nach statt.

Uebrigens ist selbstverständlich die Quellungsfähigkeit von dem chemischen Bestande der Zellwand abhängig. Schleim-, gummi- und pectinhaltige Membranen quellen in Wasser stark, während verkorkte und verholzte wenig Wasser aufnehmen.

Trockene oder wasserarme Zellmembranen nehmen anfangs sehr bedeutende Mengen Wasser auf; weiterhin aber vermindern sich dieselben rasch bis zur vollkommenen Sättigung. Zusatz von Stoffen zum Wasser, die, wie z. B. Säuren und Aetzkalkalien, eine grosse Affinität zur Zellmembran haben, befördern die Quellung, Zusatz von Verbindungen hingegen, welche zur Zellhaut nur eine geringe Verwandtschaft besitzen, wie Zucker, Gummi, Alkohol etc., vermindert die Quellung und verursacht bei genügender Concentration eine Volumsabnahme der Zellwand. Eine solche begleitet überhaupt jede Wasserentziehung derselben, z. B. durch Trocknung. Bei langgestreckten Zellen ist hierbei die Abnahme des Dickendurchmessers beträchtlicher als jene des Längendurchmessers und häufig tritt eine Drehung derselben ein (Haare, Bast- und Holzzellen). Durch vollständiges Austrocknen wird das Quellungsvermögen der Zellhaut bedeutend vermindert. Dieselbe nimmt dann, selbst bei reichlichster Wasserzufuhr, das frühere Volum nicht mehr an. Diese Verminderung des Quellungsvermögens ist um so bedeutender, je wasserreicher die Zellmembran ursprünglich war.

Nach C. Nägeli hat man sich die Zellmembran aus krystallinischen doppelbrechenden, nicht quellbaren Moleculgruppen (Micellen) zusammengesetzt zu denken, welche lose, aber in bestimmter regelmässiger Anordnung neben einander gelagert sind. In befeuchtetem Zustande ist jede Moleculgruppe von einer Wasserhülle umgeben, in trockenem Zustande sind dagegen die Moleculen bis zur gegenseitigen Berührung genähert. Die Schichtung der Zellhaut ist nur der sichtbare Ausdruck des regelmässigen Wechsels von dichten, wasserärmeren, und von minder dichten, wasserreicheren Schichten. In neugebildeten Zellhäuten ist der Wassergehalt gleichmässig vertheilt, sie zeigen daher keine Schichtung; bei zunehmendem Wachstume differenziren sich dann in der Zellwand Partien von grösserem und solche von geringerem Wassergehalte; die Membran zeigt sich alsdann geschichtet, indem die wasserärmeren, dichteren Schichten unter dem Mikroskop stärker lichtbrechend, weisslich, die wasserreicheren, weicheren Schichten dagegen weniger lichtbrechend, röthlich erscheinen.

Dass der verschiedene Wassergehalt die Schichtung bedingt, wird dadurch bewiesen, dass Zellwände, welche, wie z. B. jene der Bastzellen der Cinchonon, mit Wasser befeuchtet, sehr deutliche und zahlreiche Schichten zeigen, unter Alkohol gesehen, gar keine oder nur undeutliche Schichtung wahrnehmen lassen. Doch dürften in manchen Fällen auch andere Umstände, zumal chemische Verhältnisse, bei der Schichtung mit betheiligert sein. Zimmermann erwähnt, dass er z. B. bei den schön geschichteten Steinzellen aus dem Marke von *Podocarpus latifolius* auch durch völlige Austrocknung die Schichtung nicht ganz zum Verschwinden bringen konnte.

Nägeli's Theorie ist noch jetzt fast allgemein angenommen. In den letzten Jahren hat aber J. Wiesner, gestützt auf die mikrochemische Nachweisung von Eiweisssubstanzen in der Zellmembran und auf die Beobachtung, dass diese bei Behandlung mit verschiedenen chemischen Agentien in Fibrillen und diese in mikrocoecenähnliche Körperchen zerlegbar sind, eine von der Nägeli'schen gänzlich abweichende Ansicht über die feinere Structur der Zellwand, ihren chemischen Bestand, ihre Entstehung und ihr Wachsthum gelehrt.

Nach J. Wiesner (W. Ac. d. Wiss. B. 93, 1886, und: Die Elementarstructur und das Wachsthum der lebenden Substanz. Wien 1892) ist die feinere Structur der Zellhaut als eine netzförmige, analog dem Protoplasma, zu betrachten. Ihre Hauptmasse besteht aus kleinen, runden, organisirten Gebilden, Dermatosomen, welche aus den Mikrosomen des Protoplasma (Plasomen) hervorgehen und die, solange die Zellhaut wächst, durch zarte Plasmastränge verbunden sind. Diese Stränge bilden aus sich neue Plasomen und schliesslich Dermatosomen, worauf das Wachsthum der Zellhaut beruht, welches also im Wesentlichen ein intercalares ist.

Ausgewachsen enthalten die Dermatosomen kein Eiweiss mehr, sind nicht mehr als lebende Gebilde zu betrachten, wohl aber sind sie quellbar. Das Wasser ist in der Zellwand in doppelter Form enthalten: als Quellwasser der Dermatosomen und als capillares Imbibitionswasser zwischen ihnen. Die Zellwand kann mit gleichem Rechte als fibrillär, wie als lamellos gebaut angesehen werden. Die optische Differenzirung der Schichten der Zellwand kommt im Wesentlichen durch regelmässigen Wechsel genäherter Dermatosomen und Gerüstsubstanz zu Stande. Die Fibrillen rufen die Erscheinung der Streifung der Zellhaut (siehe weiter unten) hervor. Die Zellmembran ist, wenigstens in jüngeren Entwicklungszuständen, als ein lebendes Glied der Zelle zu betrachten. Sie besteht nicht aus Cellulose, sondern enthält Cellulose neben zahlreichen anderen chemischen Individuen, welche theils der

aromatischen Reihe, theils den Fettkörpern angehören; dies erklärt sich aus dem Eiweissgehalte der Zellmembran.

Von dem regelmässigen Wechsel wasserärmerer und wasserreicherer Schichten hängt auch, nach Nägeli, die an vielen Zellwänden in der Fläche auftretende Streifung ab. Die Streifen folgen in ihrem Verlaufe theils der Längsachse, theils haben sie eine transversale oder spirale Richtung; nicht selten kommen an einer und derselben Zellmembran verschieden orientirte, unter verschiedenen Winkeln sich schneidende Streifensysteme vor (Fig. 131). Nach neueren Untersuchungen sollen die diversen Streifensysteme verschiedenen Schichten der Membran angehören.

Nach dem Mitgetheilten besteht die lebende Zellhaut aus einer Zusammenlagerung von Wasser und fester Substanz. Der Wassergehalt ist natürlich sehr schwankend, dürfte aber wohl mehr als die Hälfte ihres Gewichtes betragen. Die feste Substanz wird durch Verbrennung zerlegt in Aschenbestandtheile und in feuerflüchtige organische Substanz. Die ersteren sind mit der letzteren auf das innigste verbunden, denn bei reichlicherer Anwesenheit von unverbrennlichen Bestandtheilen bleibt nach dem Verbrennen ein Aschenskelet zurück, welches im Allgemeinen die Gestalt der ursprünglichen Zellmembran besitzt.

Unter den Bestandtheilen des Aschenskelets spielt die Kieselsäure in sehr vielen Fällen eine hervorragende Rolle.*)

Vorzüglich ist es die Oberhaut der Blätter, sehr oft auch jene des Stammes und der Fruchtschale zahlreicher Gewächse, welche verkieselt ist; in der Regel verkieselt nur die äussere und ein Theil der Seitenwandung der Oberhautzellen, häufig jedoch auch die innere Wand. Ebenso sind die Schliesszellen der Spaltöffnungen, häufig auch die Zellen, welche die Athmungshöhle begrenzen, verkieselt. Bei glatter und ebener Oberhaut ist auch die Verkieselung eine gleichmässige; sind Warzen und Haare vorhanden, dann bilden diese Gebilde Mittelpunkte, von denen aus die Verkieselung auf eine bestimmte Strecke sich scheibenförmig ausdehnt. Bei vielen Gewächsen sind nur die Haare verkieselt (*Urtica*, *Ficus*). Zuweilen trifft die Verkieselung auch Zellen und Gefässbündel des Blattgewebes, bei manchen Pflanzen sind die letzteren sogar stärker verkieselt als die Epidermis. Besonders kieselreiche Gewächse finden sich unter den Equisetaceen, Cyperaceen, Gramineen, Urticaceen, Cupuliferen, Rubiaceen u. a. Die kieselreichsten Pflanzen unserer Gegenden sind *Equisetum hyemale* (97·52%), *Equisetum arvense* (95·48%) und *Equisetum limosum* (94·85%). Einen fast gleichen Kieselreichtum besitzt *Calamus Rotang* (97·20%) und die Rinde des Kautobaumes (*Hirtella silicea* Gries., 96·17%), welche nach H. Crüger sich wie ein weicher Sandstein schneidet und zwischen den Zähnen knirscht. Die Verkieselung kann auch Korkzellen (*Ulmus*, *Morus*) betreffen.

Zum mikroskopischen Nachweis der Kieselsäure in der Zellwand (oder auch im Zellinhalte, siehe pag. 569) äschert man die betreffenden Präparate am Platinbleche ein und zieht die Asche mit Salzsäure aus; man erhält so mehr oder weniger vollkommene Kiesellette der an Silicium reichen Zellen. Am besten verfährt man nach v. Mohl in der Art, dass man das Präparat bis zur Entfärbung mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali auskocht, dann mit kochendem Wasser und Alkohol auszieht, am Platinbleche ausflüht und schliesslich die erhaltene Asche mit Salzsäure behandelt.

Zuweilen finden sich Kalksalze in kleinen Krystallen in der Substanz der Zellmembran abgelagert. Derartige Incrustationen aus kohlensaurem Kalk, wie sie ausser bei verschiedenen Algen (z. B. *Characeen*), bei Phanerogamen besonders in der Wand zahlreicher Trichome, z. B. von *Pulmonaria*, *Lithospermum* (pag. 104) und anderen Borragineen, bei Cruciferen (*Capsella*, *Alyssum* u. a.) und Compositen (*Helianthus*), besonders aber in den als *Cystolithen* bekannten Wandverdickungen (siehe weiterhin pag. 610) vorkommen, lassen sich durch Auflösen in verdünnten

*) Vergl. H. v. Mohl, Ueber das Kieselkieselt lebender Pflanzentheile. Bot. Zeitschr. 1861.

Säuren leicht entfernen. Auch grössere Einzelkrystalle von oxalsaurem Kalk werden in nicht seltenen Fällen in der Zellwand eingelagert gefunden, so in den Oberhautzellen und Bastfasern mancher Coniferen (*Agathis*, *Araucaria* etc.), in Oberhautzellen von *Dracaena*-, *Mesembryanthemum*- und *Sempervivum*-Arten, in der Samenschale von *Magnolia*, in *Welwitschia mirabilis* und anderen *Gnetaceen*, an den Sternhaaren in den Luftgängen von *Nymphaea*-Arten (pag. 575, Fig. 162 u. a.).

Die verbrennliche Substanz der entwickelten Zellwand lässt sich durch chemische Mittel in zwei oder mehr chemisch verschiedene Verbindungen zerlegen. Jugendliche Zellmembranen, dann im entwickelten Zustande auch insbesondere manche wenig verdickte Zellmembranen (Parenchym-, manche *Collenchym*- und Bastzellen, Siebröhren etc.), die meisten Zellwände bei Algen bestehen wesentlich nur aus Zellstoff (Cellulose). Aber auch stark verdickte Zellwände, wie in *Endospermen* (Palmen, *Liliaceen* etc.), wo die Cellulose die Rolle eines Reservestoffes spielt, können dasselbe Verhalten zeigen.

Der Zellstoff ist in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich. Das einzige bisher bekannte Lösungsmittel desselben (ohne Aenderung seiner chemischen Constitution) ist Kupferoxydammoniak. Unter Einwirkung desselben quillt die Cellulose zuerst auf und löst sich dann vollständig (Baumwolle). Concentrirte Schwefelsäure, anhaltendes Kochen in verdünnter Schwefelsäure oder in Salzsäure lösen den Zellstoff, indem sie ihn in Dextrin und Glycose verwandeln. Jod färbt ihn bei gleichzeitiger Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure blau, Chlorzinkjod direct violett oder blau.

Dieses Verhalten des Zellstoffes zu Jod benützt man zu seinem mikrochemischen Nachweis. Am besten verfährt man in der Art, dass man das Präparat in einen Tropfen Jodglycerin bringt und dann einen Tropfen Schwefelsäure (Reag. Nr. 11) zusetzt oder man gibt es direct in einen Tropfen der Chlorzinklösung.

Von dem eben beschriebenen Verhalten zeigen gewisse Zellwände Abweichungen, welche darauf deuten, dass der Zellstoff in mehreren Modificationen zellhautbildend auftritt. So werden die Zellmembranen in den Cotyledonen von *Tamarindus Indica*, *Mucuna*, *Schottia* und andere, ebenso die aus sogenannter Flechtenstärke (*Lichenin*, pag. 11) gebildeten Zellmembranen im grössten Theile des Gewebes von *Cetraria Islandica* und einiger anderen Flechten durch Jodsolution direct (ohne Beihilfe von Schwefelsäure oder Chlorzink) blau gefärbt, letztere überdies beim längeren Erwärmen in Wasser gelöst.

Eine andere isomere Modification des typischen Zellstoffes bildet die Pilzcellulose, welche die Zellwände in den meisten Pilzen*) zusammensetzt und dadurch ausgezeichnet ist, dass sie weder durch Jod mit Schwefelsäure, noch durch Chlorzinkjod, selbst nach vorausgegangener Behandlung mit Kalilauge oder dem Schulze'schen Reagens blau, sondern gelb oder gelbbraun gefärbt wird; ferner quillt sie in concentrirter Schwefelsäure weit weniger auf und wird weit schwieriger zerstört als die gewöhnliche Cellulose; in *Cuoxam* ist sie unlöslich, dagegen löst sie sich (nach Kaiser) in Salzsäure.

In älteren Zellhäuten finden sich neben dem Zellstoffe noch andere Verbindungen, die von ihm chemisch verschieden sind. Durch Behandlung mit verschiedenen Mitteln der Reihe nach (mit Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Mineralsäuren und Alkalien oder mit dem Schulze'schen Reagens) lassen sie sich aus der Zellhaut entfernen, ohne dass deren charakteristische Structur verloren ginge. Die zurückbleibende, aus Cellulose bestehende Haut ist leichter und weniger dicht, dafür aber meist voluminöser geworden. Die Natur sowohl, wie die relative Menge der in dieser Art ausgezogenen Verbindungen wechselt sehr mit der Pflanze, mit ihrer Vegetationsperiode, mit der Form des Gewebes, mit der Art und Entwicklungsstufe der Zelle. In manchen Zell-

*) Ausnahmsweise kommt bei Pilzen auch typischer Zellstoff vor, und nach Richter geben Pilzgewebe nach vorheriger sehr langer Behandlung mit Aetzkali die Celluloseaction.

wänden ist ihre Menge eine so bedeutende, dass sie mehr als die Hälfte der Trockensubstanz der Zellmembran ausmacht.

Diese neben der Cellulose in der Zellhaut vorkommenden Stoffe sind zum grössten Theile das Resultat der chemischen Umsetzung der darin vorhandenen, aus dem Zellinhalte aufgenommenen Bestandtheile, welche in der lebenden Zellhaut langsam aber stetig erfolgt und die Ursache von mehr oder weniger hervortretenden Aenderungen in den physikalischen Eigenschaften der Zellwand. Namentlich wird durch sie die Consistenz vermehrt, die Färbung verändert; die anfangs farblose Zellwand nimmt eine gelbe, braune bis schwarzbraune Farbe an und ihr Verhalten zu verschiedenen chemischen Mitteln wird in mannigfacher Weise modificirt.

Man hat diese oft so auffälligen Aenderungen der physikalischen Eigenschaften der Zellmembranen allgemein durch die Annahme einer Infiltration, d. h. einer stattfindenden Einführung und Einlagerung chemisch verschiedener Moleculen zwischen die Zellstofftheilchen zu erklären versucht. Gegen diese Ansicht und für die Umwandlungstheorie spricht besonders der Umstand, dass die Schichten der Zellwand in der Regel umso mehr verändert sind, je weiter nach Aussen, also je entfernter vom Inhalte der Zelle sie liegen.

Hierher gehören vor Allem jene Umwandlungen der Zellwand, welche man als Verholzung und Verkorkung bezeichnet.

Bei der Verholzung wird, wie man annimmt durch chemische Umwandlung des Zellstoffes, mehr oder weniger reichlich der sogenannte Holzstoff (Lignin) gebildet, eine chemisch vorläufig nicht definirbare Substanz, welche in Kupferoxydammoniak unlöslich, in concentrirter Schwefelsäure unlöslich oder schwer löslich, in Kalilauge und dem Schulze'schen Reagens leicht löslich ist.

Verholzte Membranen werden mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod gelb bis gelbbraun, mit Anilinsulfat gelb, mit Phloroglucin und Salzsäure schön rothviolett gefärbt. Nach vorheriger Behandlung mit Kalilauge oder dem Schulze'schen Reagens geben sie mit den obigen Jodmitteln die gewöhnliche Zellstoffreaction.

Offenbar ist die sogenannte Holzsubstanz ein Gemenge chemisch verschiedener Verbindungen, von denen die allgemeine Verbreitung des Coniferins und des Vanillins in verholzten Membranen durch die Untersuchungen von v. Höhnel 1877, Singer 1882 und Molisch 1886 sehr wahrscheinlich gemacht wurde. Möglicherweise kommt aber diesen Stoffen beim Verholzungsprocesse nur eine nebensächliche Rolle zu, vielleicht als blosse Nebenproducte, während die mit der Verholzung verbundenen Aenderungen der Löslichkeitsverhältnisse und der physikalischen Eigenschaften durch ganz andere Vorgänge hervorgerufen werden (Zimmermann).

Verholzte Membranen finden sich fast ausschliesslich nur in inneren Pflanzengewebe, hauptsächlich bei den Gewebeelementen des Holzes und dem Sklerenchym. Sie sind im Allgemeinen durch stärkere Verdickung, erhöhte Consistenz und häufig durch gelbe oder gelbbraune Färbung ausgezeichnet.

Die Verkorkung der Membran wird durch die Anwesenheit des sogenannten Suberins*) darin bedingt, einer Substanz, über deren chemische Natur die Angaben nicht übereinstimmend sind.

Nach Kügler-Meyer (Ber. d. d. Bot. Ges. 1883, L) ist es ein Fett, welches hauptsächlich aus Stearin und dem Glycerinester einer als Phellonsäure bezeichneten neuen Säure besteht. Es soll sich an die Talgartert anschliessen und der *Cera Japonica* pag. 479 nahe stehen. Nach E. Gilson (*La Suberine et les cellules du liège*. Louvaine 1890) darf das Suberin dagegen zu den Fetten nicht gerechnet werden. Er hat aus dem Korke von *Quercus Suber* ausser der Phellonsäure noch zwei weitere neue Säuren, die Suberinsäure und Phloionsäure dargestellt. Von ihnen ist die letztere etwas löslich in heissem Wasser, löslich in Alkohol, wenig in Aether und Chloroform, während die in Alkohol, Aether und Chloroform leicht, in Petroläther unlösliche Suberinsäure in Wasser unlöslich ist, gleich der Phellonsäure, welche in Alkohol, Aether und heissem Chloroform löslich ist und mit Chlorzinkjod, sowie mit Jod und Schwefelsäure sich rosaviolett färbt.

Verkorkte Membranen widerstehen der Einwirkung concentrirter Mineralsäuren, speciell auch der Chromsäure viel energischer als reine Zellstoff- und verholzte Mem-

*) Fr. v. Höhnel, Ueber den Kork und verkorktes Gewebe überhaupt. Wiener Akademie der Wissenschaften. 1877. Bd. 72.

branen, in Kupferoxydammoniak sind sie unlöslich, mit Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod färben sie sich gelbbraun bis braun, mit Kalilauge gelb, beim Erwärmen darin intensiver, bis ochergelb, unter Hervortreten einer Körnelung oder Streifung der Zellhaut. Beim Erhitzen im Schulze'schen Reagens schmelzen die Membranen zu anfangs blasigen und körnigen, später homogenen Ballen oder Kugeln, welche in heissem Alkohol, Aether, Benzol und Chloroform löslich sind und nach v. Höhnel die Cerinsäure (Döppings) darstellen.

Verkorkte Membranen finden sich ausser im Kork (siehe diesen) an den Elementen der Endodermen (pag. 618), sowie bei verschiedenen Secretbehältern (Oel-, Schleim-Zellen und Raphiden-Schläuchen).

Dem Suberin wesentlich gleich verhält sich das Cutin, welches sich in der sogenannten Cuticula und den Cuticularschichten der Oberhaut (siehe diese), sowie in der äusseren Hautschicht der Pollenkörner und Sporen findet. Vielfach wird jetzt Suberin und Cutin für identisch und daher die Cuticularisierung und Verkorkung für gleichbedeutend genommen.

Cuticularisirte (verkorkte) Theile enthalten zuweilen wachsartige Körper eingelagert und sehr allgemein finden sich solche Substanzen an der Aussenfläche der Cuticula als Wachsüberzug ausgeschieden, und zwar nach De Bary in vier Hauptformen: 1. in Schichten oder Krusten und hier, bald in Form einer zusammenhängenden glashellen, dünnen, spröden Membran (Glasur), wie z. B. an den Blättern von *Thuja occidentalis* und *Biota orientalis*, bald, wie namentlich an der Stammepidermis der südamerikanischen Andespalme, *Ceroxylon andicola* (Fig. 164) und an den Blättern der *Copernicia cerifera* als dicke (bis 5 mm) Auflagerung von complicirter Structur (mit Schichtung parallel der Oberfläche, senkrechter Streifung und Felderung, Fig. 164, W). 2. Als Stäbchenüberzug, z. B. an der Epidermis des Stammes von *Saccharum officinarum* und anderer Gramineen, bei Scitamineen etc., senkrecht zur Oberfläche der Epidermis,

bald mehr locker, bald dicht stehende, kantige oder flachgedrückte, an der Spitze haken-, krummstab- oder korkzieherförmig gekrümmte, etwa 1 μ dicke, bis 150 μ lange Stäbchen darstellend. 3. Als einfache Schicht von neben einander liegenden rundlichen oder kurz stabförmigen, durchschnittlich 1 μ grossen Wachskörnchen, und 4. als gehäufte Ueberzug, bestehend aus einem Haufwerk von sehr zarten Stäbchen oder Körnchen, wie er bei sehr zahlreichen Pflanzentheilen mit bereifter und seegrüner Oberfläche aus den verschiedensten Familien angetroffen wird.

Die in Rede stehenden wachsartigen Körper sind in kaltem Alkohol nicht oder schwer, leicht dagegen in heissem Alkohol und viele auch in Aether löslich. Der mikroskopische Nachweis der Anwesenheit dieser Substanzen in der Zellmembran geschieht, indem man feine Schnittblättchen aus den betreffenden Theilen vorsichtig unter Wasser erwärmt, wobei jene in kleinen, in heissem Alkohol löslichen Tröpfchen heraustreten. Durch heissen Alkohol lassen sie sich aus den Membranen extrahiren, wodurch bei reichlicherer Anwesenheit derselben, ohne Aenderung der ursprüng-

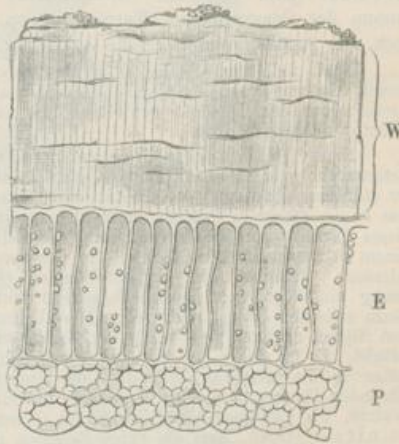


Fig. 164.

Partie eines Querschnittes durch die Epidermis (E) mit der aufgelagerten Wachsschicht (W) des Stammes von *Ceroxylon andicola*. P das subepidermale Gewebe. Vergr. 200/1.

lichen Structur, eine beträchtliche Volumsverminderung der betreffenden Membranen eintritt.

Eingreifender ist die Umbildung der Zellmembranen in Schleim und Gummi, wie wir sie bei der Bildung des Traganths, des Kirschgummi und wohl auch anderer Gummiarten finden (Verschleimung, Gummosis).

v. Mohl (1857) hat zuerst gezeigt, dass die Mark- und Markstrahlzellen der Traganth liefernden Astragalusstämme in der Jugend das gewöhnliche parenchymatische Aussehen haben; ihre mässig dicken Zellwände bestehen aus Zellstoff, der Inhalt ist Stärkemehl. An etwas älteren Theilen des Stammes beginnt die Verschleimung der Zellwand zunächst an beschränkten Stellen im Innern des Markes und verbreitet sich von hier aus in die Markstrahlen. Die Zellwände werden dicker und schwellen bei Wasserzusatz, in Schichten sich aufblättern, bedeutend an. Die Umwandlung beginnt in der Zellwand perifer und schreitet von den äusseren Partien derselben gegen die Zellenhohlung hin fort. Mit dem allmäligen Schwinden der Zellstoffreaction verliert sich die Deutlichkeit der Schichtung und die Substanz nimmt die Eigenschaften des Traganths (pag. 424) an. In ähnlicher Weise bildet sich das Kirschgummi, das Gummi der Combretaceen (*Terminalia* sp.) und vielleicht, wenigstens zum Theile, auch das Acaziengummi. (Siehe auch pag. 548.)

Nach v. Höhnelt (Ber. d. d. Bot. Ges. VI, 1888) entsteht das Gummi von *Acacia Vereck* (*Gummi arabicum*) nicht aus Zellmembranen, sondern aus Zellinhaltsbestandtheilen, worauf schon der Umstand hinweist, dass im arabischen Gummi keine Spur von zelliger Structur nachweisbar ist.

Nach J. Wiesner (1885) kommt in den Gummiarten und in den in Gummi- und Schleimmetamorphose begriffenen Geweben ein charakteristisches Ferment vor, welches in die Reihe der stärkebildenden oder diastatischen Enzyme gehört, sich aber dadurch unterscheidet, dass es die Stärke in Dextrin, nicht aber in eine reducirende Zuckerart zu verwandeln vermag. Dieses Ferment soll die Umwandlung der Cellulose in Gummi oder Schleim bewirken. Zu seinem mikrochemischen Nachweis in Geweben verwendet er eine 4%ige Orcinlösung und Salzsäure. Schnitte aus den betreffenden Geweben werden in einen Tropfen der Orcinlösung eingelegt, mit Deckglas bedeckt und hierauf soviel Salzsäure zugesetzt, dass der Raum zwischen Object und Deckglas vollkommen ausgefüllt ist; schliesslich wird vorsichtig zum Sieden erhitzt. Der Inhalt der Zellen wird bei Anwesenheit des Fermentes blauviolett gefärbt. Es ist daher das Ferment hauptsächlich im Zellinhalte vorhanden; von da tritt es später in die Membran, um dort die Umsetzung der Cellulose zu bewirken. In Amylum führenden Geweben, die der Gummosis unterliegen, wird die Stärke durch das Ferment in Dextrin, die Cellulose der Zellwand in Gummi verwandelt. Dem gegenüber behauptet F. Reinitzer (1890), dass die obige Reaction nicht vom Gummiferment bedingt sei, sondern von aus dem Kohlehydrat selbst, unter dem Einflusse der Salzsäure entstandenem Furfurol, welches mit Orcin das Pigment liefert. Das Gummiferment sei bis jetzt mit Sicherheit nur im Acaziengummi, Kirschgummi, einigen seltenen Gummiarten und im Wunderindengummi der Steinobstsorten nachgewiesen und dürfte sich wohl auch in allen anderen Geweben finden, welche fermenthaltige Gummiarten liefern. Dagegen ist sein Vorkommen in schleimgebenden Geweben und im Holze zweifelhaft und unwahrscheinlich und in den Schleimen selbst ist es nicht vorhanden.

An die oben erwähnten Beispiele der Schleimbildung schliessen sich auch die Fälle an, wo die Membranen von Zellen, welche mit Stoffen erfüllt sind, die dem Stoffwechsel der Pflanze nicht weiter dienen (ätherische Oele, Balsame, Harze u. a.), nach ihrer chemischen Umwandlung aufgelöst und in die Masse des eigentlichen Zellinhaltes aufgenommen werden. Auf diesem Wege entstehen durch Auflösung der Membranen ganzer Zellcomplexe mehr oder weniger umfangreiche Räume innerhalb der Gewebe, welche von den genannten Auswurfstoffen des pflanzlichen Stoffwechsels ganz und gar erfüllt sind. So viele Behälter von ätherischen Oelen, Harzen und Balsamen (pag. 559).

Sehr wahrscheinlich verdanken, wenigstens in vielen Fällen, die in Zellwänden vorkommenden Gerb- und Farbstoffe, sowie gewiss noch manche nicht näher erkannte Körper ihr Dasein einer Umwandlung der Zellmembran und nicht einer Infiltration. Sehr auffallend spricht dafür das Verhalten des rothen Sandelholzes und anderer Färbehölzer. Daran reihen sich die Fälle, wo die Membranen ganzer Partien im Bereiche des Holzes verschiedener Bäume in Stoffe von ganz verschiedener chemischer Natur umgewandelt werden. Es gehört hierher die Entstehung der als *Araroba* (*Goapulver*, p. 493) bekannten Substanz, sowie jene des sogenannten *Angelimpedraharzes*. Beide Substanzen entstehen im Holzkörper brasilianischer Bäume aus der Familie der Papilionaceen.

Eine wie es scheint ausserordentlich häufige Metamorphose des Zellstoffes der Zellmembranen ist jene in Pectinsubstanzen. Namentlich dürfte ein grosser Theil der sogenannten Intercellularsubstanz in den nicht verholzten Gewebepartien unterirdischer Pflanzentheile einer derartigen Umwandlung sein Dasein verdanken.

Auf die Anwesenheit von Pectinstoffen in der Zellwand werden wir schliessen können aus ihrer starken Quellung in kaltem und ihrer Lösung in heissem Wasser, sowie in verdünnten, selbst auch organischen Säuren und verdünnten Alkalien. Jod mit Schwefelsäure färbt solche Zellwände blassblau, häufig jedoch gelblich.

Auf den besprochenen chemischen Umwandlungen der Zellwände, welche allmählig von Aussen nach innen fortschreiten, beruht das Wesen der eben erwähnten Intercellularsubstanz.

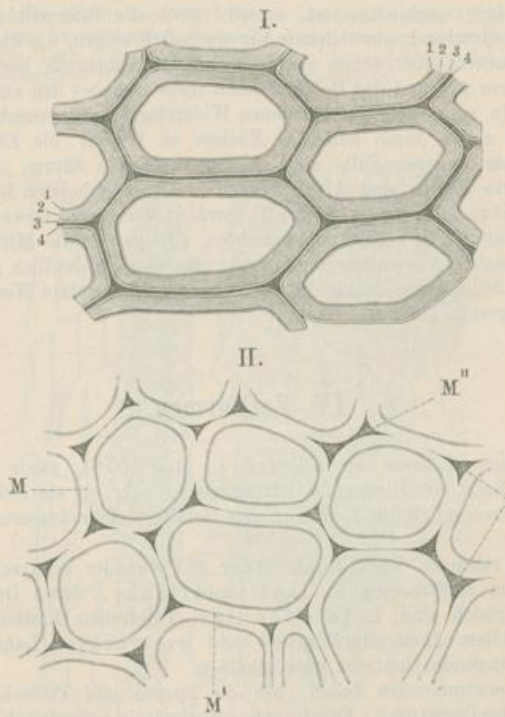


Fig. 165.

I. Partie des Gewebes einer Spherotheca von Grammitis Ceterach. Vergr. 240/1. 1 tertiäre Membran, 2 Verdickungsschichten, 3 Aussenlamelle, 4 Intercellularsubstanz (Mittellamelle). II. Partie eines Querschnittes aus dem Grundgewebe von Radix Polypodii. Bei *M* homogene Zwischenwand, bei *M''* in zwei Lamellen differenziert, welche bei *M''* bereits auseinander gewichen sind; *i* Intercellulargänge.

Früher wurde unter diesem Namen allgemein eine Substanz verstanden, welche von den Zellen abgesondert werde, um sie in Geweben gegenseitig zu verkitten. Neuere Untersuchungen haben jedoch gelehrt, dass diese die Zellen verbindende Masse von den äussersten Zellwandschichten (Grenzschichten) selbst dergestalt oder von ihren Umwandlungsproducten gebildet werde.

Betrachten wir z. B. einen dünnen Querschnitt aus Radix Polypodii (Fig. 165, II.) unter Wasser, so scheint es, als ob zwischen je zwei anstossenden dünnen Zellwänden eine einfache, vollkommen homogene Schicht als Bindemittel (Intercellularsubstanz, Mittellamelle, *M*) eingeschaltet wäre. Erwärmt man ein wenig, so sieht

man sofort, dass die scheinbar einfache Bindschicht sich in zwei Lamellen spaltet ($M'M''$), dass sie also durch das innige Aneinanderlegen der äusseren Schichten der Zellwände gebildet wurde. In anderen Fällen, wie z. B. in manchen unterirdischen Theilen, findet bei dieser Behandlung eine Spaltung der Zwischenschicht nicht statt, sie bleibt einfach, quillt aber allmähig mehr oder weniger auf und löst sich schliesslich bei länger fortgesetztem Erwärmen in Wasser, besonders aber nach Einwirkung von verdünnten Säuren und Alkalien. Im ersteren Falle wird also die sogenannte Intercellularsubstanz von den äusseren Zellwandschichten direct dargestellt, im letzteren Falle ist sie das Resultat der bis zur Aufhebung ihrer Structur vorgeschrittenen chemischen Umwandlung derselben.

Da die Richtung, welche diese letztere nimmt, in verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen eine verschiedene ist, so wird auch die Intercellularsubstanz, diesen Verhältnissen entsprechend, abweichende Eigenschaften zeigen, wie dieses bei der Untersuchung von Pflanzentheilen schon aus dem einfachen Umstande hervorgeht, dass dieselben je nach ihrer Art und der Beschaffenheit ihres Gewebes den auf sie einwirkenden Macerationsmitteln einen sehr verschiedenen Widerstand entgegengesetzt. In dem einen Falle gelingt es schon durch einfaches Kochen in Wasser die Elementarorgane zu isoliren, in einem anderen Falle sind hierzu verdünnte Säuren oder Alkalien oder endlich concentrirte Säuren und Alkalien oder, wie bei verholzten Elementen das Verfahren von Schulze nothwendig. Sehr oft, zumal in verholzten Geweben (Fig. 165, I.), ist als Begrenzung der Verdickungsschichten (2) gegen die Mittellamelle (4) eine besonders differenzirte Aussenlamelle (3) mehr oder weniger deutlich sichtbar, während jene gegen das Zellenlumen durch die meist sehr zarte tertiäre Membran oder Innenlamelle (1) abgegrenzt sind.

IV. Zellformen.

Das Flächenwachsthum der Zellmembran (pag. 576), sowie der Umstand, ob der wachsenden Zelle ein Hinderniss entgegensteht oder ob sie sich frei entwickeln kann, bedingt vornehmlich die Formen der Zellen, welche ausserordentlich mannigfaltig sind.

Nach dem relativen Verhältnisse dreier auf einander senkrechten Durchmesser lassen sie sich im Allgemeinen in isodiametrische, deren Durchmesser gleich oder annähernd gleich sind, in tafelförmige (Tafelzellen, Plattenzellen) mit überwiegend entwickeltem Breitendurchmesser und gestreckte (Lang-) Zellen, mit vorwiegendem Längendurchmesser unterscheiden.

Die frei vorkommenden Zellen, wie die Sporen und Pollenkörner (Fig. 108), sind vorwiegend isodiametrisch: kugelig oder regelmässig polyedrisch, seltener eiförmig oder ellipsoidisch. In geschlossenen Geweben platten sich die Zellen durch gegenseitigen Druck meist ab. Seltener sind hier sphäroidale, häufig regelmässige, unregelmässig-polyedrische, prismatische und tafelförmige Gestalten.

Rundliche Zellen finden sich am häufigsten im Gewebe saftiger Pflanzentheile, z. B. in vielen Früchten, Blättern, hier auch cylindrische in den sogenannten Palisadenzellen (pag. 57, Fig. 4 u. Fig. 185 p); polyedrische im Markgewebe, parallel-epipedische und kurzprismatische in der Rinde, langgestreckte, prismatische und spindelförmige in den Gefässbündeln, tafelförmige in der Oberhaut der Stengelpflanzen.

Durch ungleiches Wachsthum einzelner mehr oder weniger ausgedehnter Zellwandstellen entstehen wellenrandige, buchtige, strahlige, sternförmige, vielarmige, ästige Formen, indem die stärker wachsenden Wandstellen in Gestalt von Papillen, Ausstülpungen, hohlen Aesten, Falten, Leisten etc. hervortreten. Beispiele für diese Zellformen liefern die Zellen der Oberhaut, des Mesophylls, des Markes, viele Haare, die Steinzellen in der Rinde vieler Gewächse etc. (vergl. pag. 576).

Als Sklerenchymzellen oder Steinzellen (Sclereiden) werden mehr oder weniger stark (selbst bis zum Verschwinden des Lumens) verdickte und gewöhnlich stark verholzte isodiametrische, gerundete oder gerundet-polyedrische (Fig. 166, *st* und *st'*), nicht selten unregelmässig ästige, sonderbar gestaltete (Fig. 155, 162), manchmal an Thierformen erinnernde oder gestreckte, stab- oder palissadenförmige und dann häufig an einem oder an beiden Enden aufgetriebene Zellen verstanden, deren deutlich, nicht selten schalig geschichtete, farblose, häufiger gelblich, bräunlich bis braun gefärbte Wand von einfachen oder verzweigten Tüpfelcanälen durchbrochen ist. Ihr Plasmakörper ist abgestorben oder fehlt ganz; häufig führen sie (in den getrockneten Theilen) Luft oder formlose gefärbte, auf Gerbstoff reagirende, seltener geformte Inhaltkörper (Amylum, Kalkoxalat).

Tschirch unterscheidet nach der Form: Brachysclereiden, Macrosclereiden (Stabzellen), Osteosclereiden (Knochenzellen, an beiden Enden oder an einem Ende erweitert, wie z. B. die sogenannten Trag- oder Becherzellen unter der Epidermis der Testa von Leguminosen) und Astrosclereiden (Ophiurenzellen, die verzweigten).

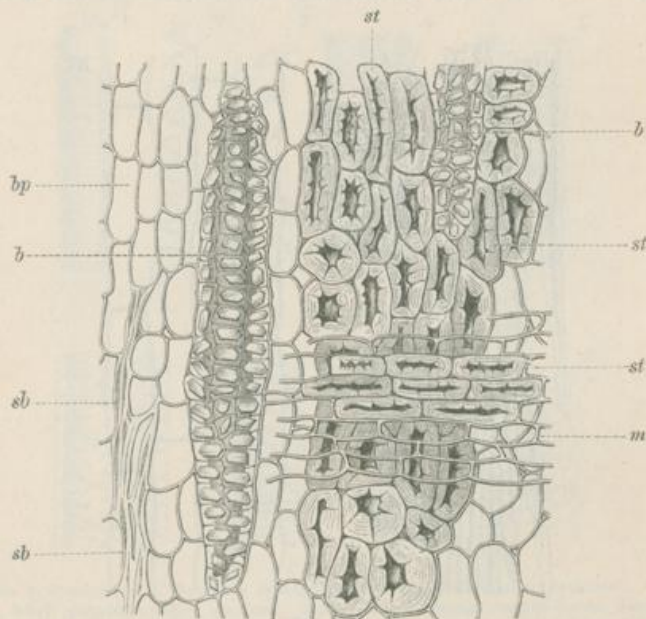


Fig. 166.

Partie eines radialen Längenschnittes aus der Innenrinde von Cortex Quebracho. *b* spindelförmige Bastzelle, von Krystallfasern dicht umponnen; *st* Sclerenchymzellenstrang; *st'* Steinzellen im Bereiche des Markstrahls (*m*); *sb* zusammengefallene Siebröhren; *bp* Parenchym des Baststrahls. Vergr. 500/1.

Die verschiedenen Zellformen lassen sich auch auf zwei Hauptkategorien zurückführen, parenchymatische und prosenchymatische. Erstere (Fig. 167, *B*) stehen mit breiten, horizontalen oder wenig geneigten Endflächen über einander; der grösste Längendurchmesser trifft beiderseits unter rechtem oder wenig spitzem Winkel stets auf Zellwände. Die prosenchymatischen Zellen (Fig. 167, *A*; 166, *b*) sind langgestreckt, prismatisch oder spindelförmig, wachsen vorzüglich an ihren beiden Enden, welche sie keilförmig, konisch oder pyramidal verlängern und in einander schieben. Der grösste Längendurchmesser trifft in die Wölbung der konisch oder pyramidal verlängerten Spitze oder auf die Kante der unter spitzem Winkel keilförmig sich schneidenden Endflächen.

Von prosenchymatischen Zellformen sind besonders die Sklerenchymfasern (Stereiden): Bastzellen und Libriformzellen, und die Cambiformzellen hervorzuheben.

Die Sklerenchymfasern (Fig. 166, b; 167, A) sind mehr oder weniger langgestreckt (0·4 bis 100 *mm* und darüber, in den meisten Fällen 1—2 *mm* lang), spindelförmig, cylindrisch oder prismatisch, am Querschnitte gerundet, scharf- oder gerundet-kantig, an beiden Enden oder nur an einem Ende spitz, zugespitzt, keilförmig zugespitzt, zuweilen zweispitzig, an den Seiten glatt, wellig, buchtig oder zahnig-ausgeschweift, nicht selten knorrig, mehr oder weniger stark, selbst bis nahe zum Verschwinden des Lumens verdickt; Wand farblos oder gefärbt (meist gelblich), concentrisch geschichtet, mit spaltenförmigen, meist in einer linksläufigen Spirale angeordneten Tüpfeln, zuweilen in der Fläche gestreift, bald unverholzt, bald mehr oder weniger verholzt. Zuweilen zeigen sie eine abwechselnde Erweiterung und Verengung des Lumens, welches meist Luft führt. Bastzellen und Libriformzellen (Holzfasern, Holzzellen) unterscheiden sich hauptsächlich nur in topographi-

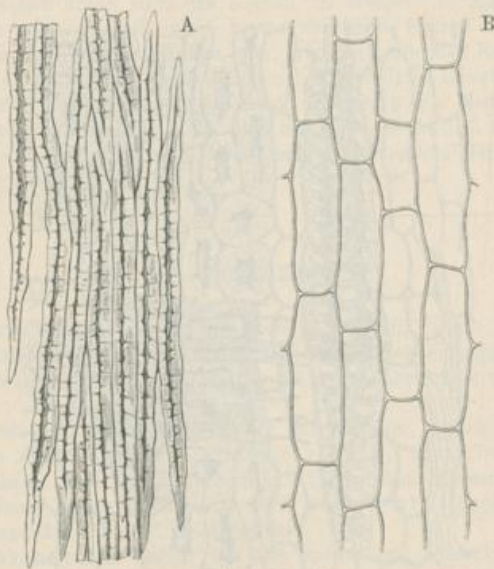


Fig. 167.

A Prosenchymatische Zellen aus der Rinde von *Sambucus nigra*. B Kurzprismatische Parenchymzellen aus *Radix Sarsaparillae*. Vergr. 100/1.

schers Hinsicht, indem die ersteren dem Phloëmtheile, die letzteren dem Xylemtheile des Gefäßbündels der Dicotylen angehören. Bei den Monocotylen, wo Sklerenchymfasern oft die Gefäßbündel in starken Bündeln oder Strängen begleiten, fällt dieser Unterschied weg. Von den Tracheiden (pag. 588) unterscheiden sie sich durch die verschiedene Verdickungsform und meist auch durch stärkere Verdickung der Zellwand.

Die Cambiformzellen zeichnen sich durch zarte Cellulosewandung und einen reichlichen feinkörnigen Plasmakörper aus.

Collenchymzellen (Fig. 176, C) sind bald parenchymatische, bald prosenchymatische Zellen, in letzterem Falle von oft ansehnlicher Länge (bis 2 *mm* und darüber), mit meist spaltenförmigen, parallel der Längsachse gestellten Tüpfeln, be-

sonders ausgezeichnet dadurch, dass ihre in der Regel farblose, eigenthümlich glänzende, durch Chlorzinkjod oder durch Jod mit Schwefelsäure sich meist blassblau färbende Wand nur an den Zellkanten überhaupt oder daselbst auffallend stärker verdickt ist. Sie besitzen auch im völlig entwickelten Zustande gewöhnlich einen intacten Plasmakörper und führen fast immer, wenn auch spärlich, Chlorophyll.

Besondere Zellformen entstehen durch Verschmelzen, Fusion, meist axialer Zellreihen, wobei die Querscheidewände ganz oder theilweise aufgelöst werden, die Zellen (Glieder) in offene Communication treten und mehr oder weniger lange Röhren und Schläuche darstellen.

Zu diesen Fusionen (zusammengesetzten Zellen) gehören die Gefässe, die Siebröhren und die Milchsaftgefässe

Die Gefässe (Tracheen, Spiroiden, Holzgefässe, vasa spiroidea, Fig. 168, 1—7 und 9) entstehen aus Längsreihen cylindrischer oder prismatischer Zellen, deren meist etwas schief geneigte Querwände entweder vollkommen oder nur zum Theile

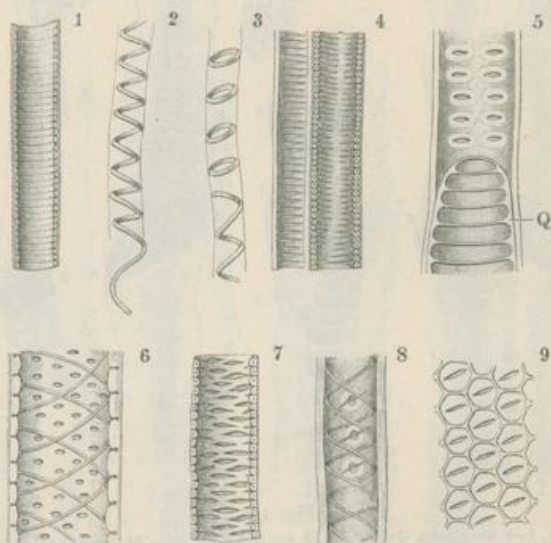


Fig. 168.

Gefässformen. 1. Spiralgefäss; 2. abrollbares Spiralgefäss; 3. Ringgefäss, unten mit Spiralband; 4. Treppengefässe; 5. behöft getüpfeltes Gefäss mit einem Theile der leiterförmig durchbrochenen Scheidewand Q. 6. Gemischtes Gefäss (einfach getüpfelt und doppeltes Spiralband); 7. netzförmig-getüpfeltes Gefäss; 8. Tracheidenstück mit Spiralband und behöft Tüpfeln; 9. Wandpartie eines behöft-getüpfelten Gefässes. 1. und 2. aus Sambucus, 3. aus Peperomia, 4. Radix Pannae, 5. Liriodendron, 6. Carya alba, 8. Radix Bardanae, 8. Lignum Linaloe.

schwinden und in ersterem Falle in Gestalt eines einfachen, kreisrunden Loches, in letzterem Falle in Form mehrerer quergestreckter Oeffnungen, leiterförmig (Fig. 168, 5, Q) durchbrochen erscheinen. Sie sind bald enge, bald weit oder auffallend weit, besonders bei Schlingpflanzen (bis 0.7 mm). Ihre mehr oder weniger verholzte Wand zeigt stets eine oder die andere der oben beschriebenen Verdickungsformen und man unterscheidet darnach die Gefässe als einfach- oder behöft-getüpfelte, als Netz-, Treppen-, Spiral- und Ringgefässe. Sie sind mit den Tracheiden die Elemente der Wasserleitung, führen in der Regel Luft, häufig eingetrocknete Pflanzensäfte verschiedener chemischer Constitution, zuweilen (Gefässe der Blätter von Plantago-Arten) selbst Stärke neben Plasma (Fischer 1886); nicht selten sind sie mit

parenchymatischen Zellen (Thyllen) ausgefüllt (siehe pag. 297 und Fig. 53) und bilden in der Regel einen constanten Bestandtheil des Xylems der Gefässbündel aller Stengelpflanzen, von den Farn angefangen.

Von den Tracheiden unterscheiden sich die Gefässe hauptsächlich dadurch, dass die ersteren keine Fusionsgebilde sind, keine Perforation an den Enden besitzen, prosenchymatische Zellen darstellen. Im Bau stimmen beide im Wesentlichen überein, insbesondere in der Form der Verdickung. Meist sind die Tracheiden enge, selten weit (bis 0.1 bei *Musa*, *Canna*) und selten über 1 mm lang.

Im Phloëtheile (Siebtheile, Leptom) der Gefässbündel der höheren Pflanzen, von den Pteridophyten an, werden die Gefässe vertreten durch die Siebröhren (Gitterzellen, Bastgefässe, vasa cribrosa, Fig. 169 bis 172). Diese stellen axiale Reihen prismatischer oder cylindrischer, mehr oder weniger langgestreckter Zellen dar, welche

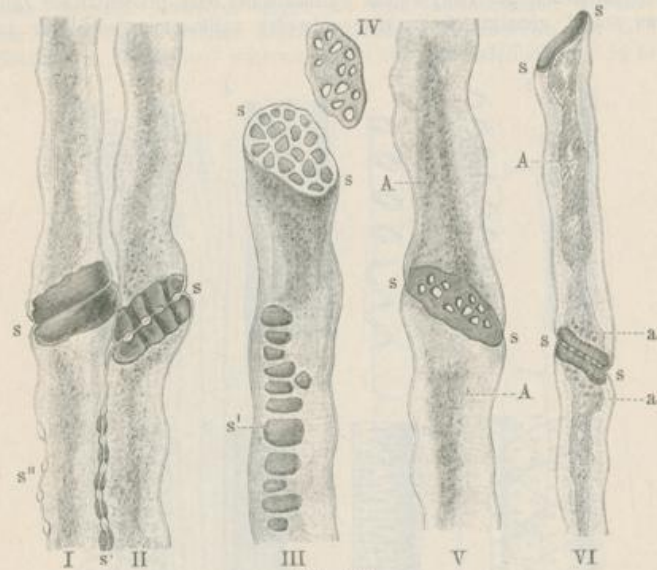


Fig. 169.

Isolirte Siebröhren, I—V aus *Cortex Quillajae*. VI aus *Radix Cichorii*. *ss* Siebplatten, *s'* und *s''* Siebtüpfel an der Längswand, ohne (*s''*) und mit (*s'*) callöser Auflagerung; *AA* retrahirter Innenschlauch; *aa* Amylumkörnerchen. IV. Abgelöste Siebplatte. Vergr. 420/1.

stets dünnwandig, unverholzt, häufig sehr enge sind und bald mit nahezu horizontalen, wenig geneigten, bald mit sehr stark geneigten Endflächen an einander stossen. Ihre Querscheidewände, Siebplatten, zeigen eine mehr oder weniger ausgesprochene Siebtüpfelung, d. h. jede Scheidewand enthält einen oder mehrere grössere, im letzteren Falle quergestellte seichte Tüpfel (Siebtüpfel), deren Grund von äusserst feinen Poren, Siebporen, durchbrochen ist, zwischen denen der undurchbrochene Theil der Tüpfelmembran ein feines Netz- oder Gitterwerk, den Maschen eines Siebes vergleichbar, bildet. Durch die Siebporen stehen die Glieder der Siebröhre mit einander in offener Communication. Häufig sind die Siebplatten durch Auflagerung einer stark lichtbrechenden homogenen, farblosen Masse nicht näher erkannter chemischer Natur eigenthümlich knotig oder callös verdickt (Callusplatte, Fig. 169; 170, *c*) und dadurch deren charakteristische Siebtüpfelung versteckt. Behandlung mit Aetzkali lässt diese dann meist hervortreten. Nicht selten tragen auch die Längswände dort, wo sie wieder an Siebröhren anstossen, eine Reihe oder Gruppen von runden oder quergestreckten Siebtüpfeln (sogenannte Siebfelder) mit oder ohne callöse Verdickung.

Im Allgemeinen ist bei geringer Neigung der Scheidewand diese nur mit einem kreisrunden Siebtüpfel versehen, während bei stark geneigter Scheidewand umsomehr Siebtüpfel auftreten, je stärker die Neigung ist.

Die Siebröhren bilden einen wesentlichen Bestandtheil der Gefässbündel der Pflanzen aus den oben genannten Abtheilungen. Sie führen meist einen schleimig-plasmatischen, an Stickstoffverbindungen reichen Inhalt, nicht selten auch feinkörnige, gewöhnlich an beiden Seiten der Siebplatten angehäuften Stärke und sind mit den Cambiformzellen als die Leiter des assimilirten plastischen Saftes zu betrachten. Häufig erkennt man sie ohne Weiteres an ihrer charakteristischen Siebtüpfelung, respectiue ihren callösen Verdickungen an Längenschnitten, welche man durch Tinction mit Anilinblau, Haematoxylin und anderen Farbstoffen sehr schön hervortreten lassen kann; ihre Isolirung gelingt in den meisten Fällen leicht durch Kochen in Kalilauge. Besonders lehrreiche Beispiele geben: Radix Turpethi, Radix Belladonnae, Cortex Copalchi (Fig. 170), Cortex Canellae (Fig. 171), Cortex Quillajae (Fig. 169), Cortex Laricis, Stengel von Cucurbita u. a.

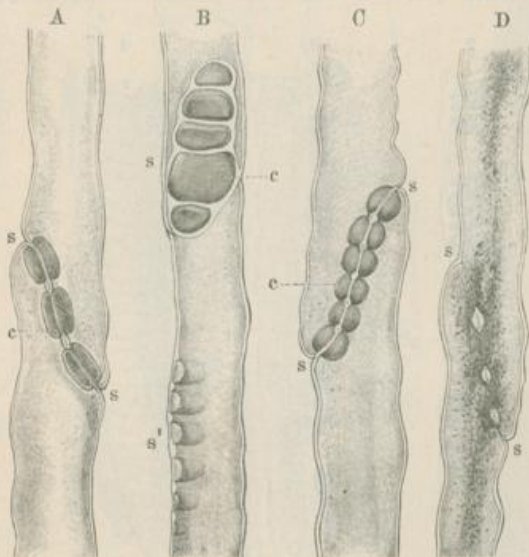


Fig. 170.

Isolirte Siebröhren aus Cortex Copalchi (Croton sp.), A und C Siebplatten mit Callus-Auflagerungen in der Seitenansicht, B in der Flächenansicht; bei s' Siebtüpfel an der Längswand mit Callus. In allen Figuren ss Siebplatte, cc Callus. D Siebröhre mit in Resorption begriffenem Callus der Siebplatte (ss).

Vergr. 420/1.

Die Siebröhren entstehen aus Cambiumzellen durch wiederholte Längstheilung; von den Tochterzellen wird die grösste zum Siebröhrengliede, die übrigen engeren, zartwandigen Tochterzellen, welche den Siebröhren angeschmiegt angetroffen werden, sind die sogenannten Geleitzellen (Fig. 171, g). Sie stehen mit den Siebröhren durch quergestreckte Tüpfel in Verbindung; dadurch unterscheiden sie sich hauptsächlich von den ihnen sonst ganz gleichenden, gleichfalls in der Nachbarschaft der Siebröhren vorkommenden Cambiumzellen.

Im Herbste werden durch Callusbildung die offenen Wege der Siebplatten und damit die Communication der einzelnen Siebröhrenglieder unterbrochen; es kommt zu einem zeitlichen Verschluss der Siebröhren; dauernd verschlossen werden sie durch Obliteration in Folge des Turgors der Nachbarzellen (J. Blass, Ber. d. d. Bot. Ges. VIII). Die zusammengefallenen obliterirten Siebröhren bilden, in Gemeinschaft mit den wohl von einem gleichen Schicksal

getroffenen Geleitzellen und Cambiformzellen das sogenannte Hornprosenchym (Keratenchym), welches uns in officinellen Rinden so häufig entgegnetritt. (Vergl. pag. 221.)

Die Milchsaftgefäße (Milchsaftfröhren, vasa laticifera, Fig. 173) sind lange, mehr oder weniger verzweigte Röhren, welche in der lebenden Pflanze mit einer milchähnlichen Flüssigkeit (siehe Milchsaft) erfüllt sind. Man pflegt sie als ungliederte und gegliederte zu unterscheiden. Erstere (Fig. 173, 1), wie sie bei den Euphorbiaceen, Apocynaceen, Asclepiadaceen, Moraceen und Artocarpaceen vorkommen, erscheinen in Gestalt ununterbrochen fortlaufender Röhren mit mehr oder weniger zahlreichen, meist unter spitzen Winkeln entspringenden einfachen oder wiederholt verzweigten Aesten, welche meist blind enden.

Die gegliederten Milchsaftgefäße (Fig. 173, 4), welche sich bei Ligulifloren, Campanulaceen, Lobeliaceen, manchen Papaveraceen und einigen anderen Familien finden, bilden entweder (Chelidonium) einfache und verzweigte Längsreihen von mit Milchsaft gefüllten, in Folge Durchbrechung der Scheidewände häufig in offener Verbindung miteinander stehenden Zellen oder Schläuchen, oder nach vollständigem Schwund der trennenden Querwände und vollkommener Verschmelzung der einzelnen

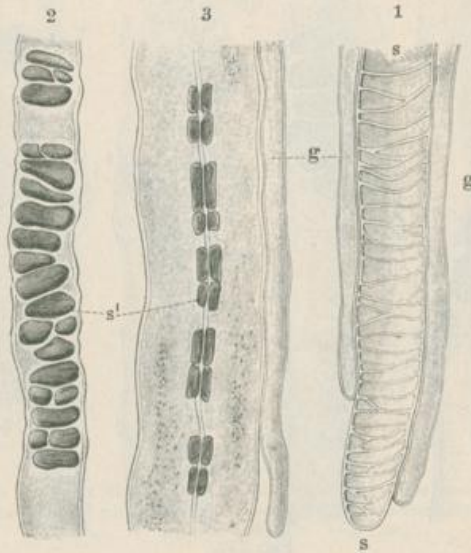


Fig. 171.

Isolirte Siebröhren, bei 1 und 3 mit Geleitzellen (gg), aus Cortex Canellae albae. 1. Sehr schräg geneigte Verbindungswand mit callusfreier, ein zierliches Netz von Leisten zeigender Siebplatte (ss); 2. Längswand mit callustragenden Siebtüpfeln (s') in der Flächenansicht, 3. im Längsdurchschnitte. Vergr. 700 / 1.

Elemente (Glieder) längs verlaufende, oft hin- und hergebogene Röhren, die durch Aussendung zahlloser kürzerer und längerer Aeste, welche zum Theile blind enden, zum Theile aber mit gleichartigen entgegenwachsenden Aesten benachbarter Röhren verschmelzen, zu einem complicirten Netzwerk zusammentreten (netzformige Milchsaftgefäße).

In den meisten uns angehenden Fällen besitzen die Milchsaftgefäße eine dünne oder sehr dünne, aus Zellstoff bestehende Wand; seltener sind sie dickwandig und dann meist deutlich geschichtet (manche Euphorbiaceen). Ihre Weite ist sehr verschieden. Im Allgemeinen sind die netzförmigen die engsten, weitere besitzen z. B. die Papaveraceen und Apocynaceen, die weitesten die Euphorbiaceen (bis 30 μ).

Die Milchsaftgefäße kommen bald in allen Theilen einer Pflanze vor, bald fehlen sie bestimmten Organen derselben; in den Stengelgliedern sind sie gewöhnlich einfacher und gestreckt, in den Stengelknoten zeigen häufig auch die einfachen Astbildung und selbst Anastomosen. Am reichlichsten finden sie sich verhältnissmässig in den Blättern, wo sie fast immer Netze bilden. Nach Haberlandt verzweigen sie sich im Laubblatte besonders reichlich unter dem specifischen Assimilationsgewebe, der Palissadenschicht. Mit ihren zuweilen gabelig getheilten Enden legen sie sich oft an büschelig zusammenneigende Palissadenzellen an, oder die Zufuhr der Assimilationsproducte wird durch trichterförmige Sammelzellen vermittelt. In den Dicotylen treten sie entweder nur in der Innenrinde auf, die Bastzellen und Siebröhren begleitend, bald einzeln, bald bündelweise, oder sie finden sich auch in der Mittelrinde und im Marke.

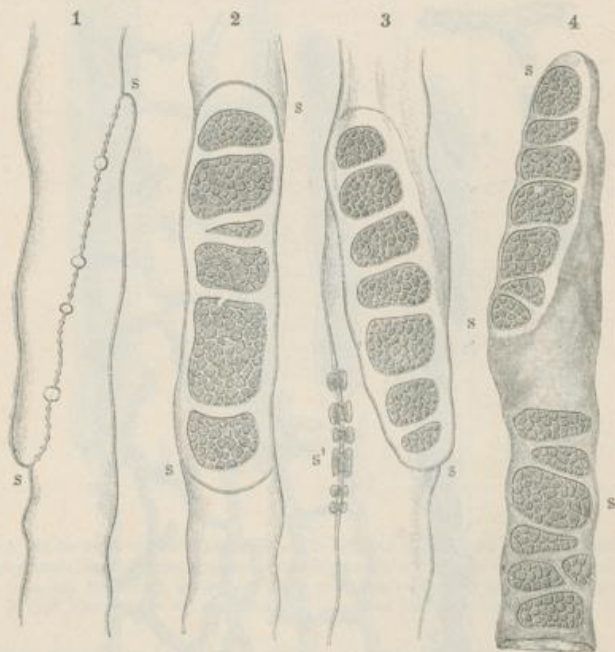


Fig. 172.

Isolirte Siebröhrenstücke. 1—3 aus der Rinde von *Phellodendron Amurense*, 4 aus der Rinde von *Aesculus Hippocastanum*; sa Siebplatten mit grossen quergestreckten, callusfreien Siebtüpfeln, 2—4 in der Flächenansicht, 1 im Durchschnitte; s' Siebtüpfel an der Längswand, in 4 frei, in 3 mit Auflagerung.
Vergr. 1—3: 420/1, 4: 250/1.

An die eigentlichen, durch Verschmelzung von Zellen entstandenen Milchsaftgefäße reihen sich, in verschiedenen Familien an gleicher oder ähnlicher Stelle wie diese vorkommende, Milchsaft oder eine dem Milchsaft analoge Flüssigkeit führende Gebilde an. Es sind bald einfache Zellen, welche sich von den umgebenden Gewebszellen nur durch ihren verschiedenen Inhalt und meist auch durch erheblichere Grösse, nicht selten überdies durch eine andere Beschaffenheit der Zellmembran (Verkorkung) unterscheiden oder kurze Schläuche, in einfachen oder verzweigten, zuweilen miteinander verbundenen Längsreihen (Fig. 173, 2) das Gewebe durchziehend (Convolvulaceae), bald sind es lange oder sehr lange cylindrische oder spindelförmige

Schläuche oder einfache Röhren mit auffindbaren kegelförmigen geschlossenen Enden (Cinchoneen, Cynareen Fig. 173, 3).

Man kann diese Milchsafthälter nach ihrer Gestalt als Milchsafthzellen, Milchsaftschläuche und einfache Milchsaftröhren, oder, da ihr Inhalt sich durch besonderen Gehalt an Harz, respective Gummiharz auszeichnet, vielleicht zweckmässiger, nach dem Vorgange von De Bary, der auch die isolirt oder in kleinen Gruppen vorkommenden, ätherisches Oel und Harz führenden, sonst den sogenannten inneren Drüsen zugezählten Zellen hieher stellt, als Harz- und Gummiharzschläuche (respectively Zellen, Röhren) bezeichnen.

Hierher gehören wohl auch die sehr auffallenden, in den Aesten von *Sambucus nigra* im peripheren Theile des Markes und in der Rinde, hier in Begleitung der



Fig. 173.

1. Stück eines einfach verzweigten Milchsaftegefässes von *Euphorbia officinarum*; 2. Milchsaftschlauchreihe aus der Wurzel von *Convolvulus arvensis*; 3. Stück eines Milchsaftschlauhes aus dem Stengel von *Lappa vulgaris*, Wand netzig-verdickt; 4. Stück eines netzförmigen Milchsaftegefässes aus *Radix Taraxaci*. Vergr. 140/1.

meist ärmlichen Bastfasergruppen, vorkommenden, ziemlich dickwandigen sehr langen Röhren, welche ihres gerbstoffreichen Inhaltes wegen gewöhnlich als Gerbstoffschläuche (pag. 551) beschrieben werden (Fig. 174, 3); ferner die von Zopf und von Heinricher (Ber. d. d. Bot. Ges. V, 233) beschriebenen Röhren bei Fumariaceen (*Corydalis*, *Fumaria*, *Dicentra*), die in den peripheren Gewebsschichten der Zwiebelschalen von *Allium*-Arten vorkommenden, durch die netzig-getüpfelten, an Siebplatten erinnernden, aber nicht durchbrochenen Querwände (häufig auch der

Seitenwände) ausgezeichneten Schläuche (Fig. 174, 4, S) oder vielmehr axilen Schlauchreihen und die aus viel verzweigten Hyphen entstehenden Milchgefäße im Fruchtkörper der *Lactarii* (*Lactarius deliciosus*, *volemus* etc.).

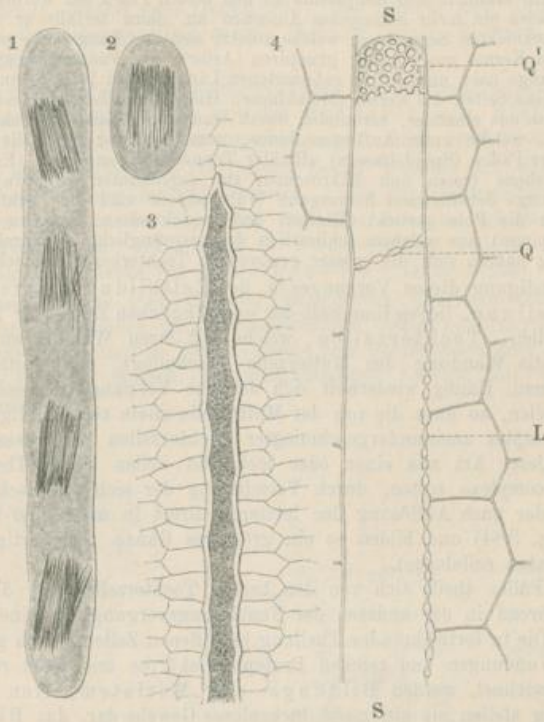


Fig. 174.

1. und 2. aus der Rinde von *Radix Sarsaparillae*; 1. Schlauch mit Raphiden; 2. Raphidenzelle; 3. Gerbstoffschlauchende im Markparenchym von *Sambucus nigra*; 4. S Schläuche aus den Zwiebelschuppen von *Allium Cepa* mit netzförmig getäpfelten Quer- und Längswänden; Q Querwand im Durchschnitte, Q' Theil einer solchen von der Fläche; L Längswand im Durchschnitte. Vergr. 140/1.

Endlich wären im Anschlusse an die obigen *Allium*schläuche die in der *Radix Sarsaparillae* und anderen *Monocotylen* vorkommenden, oft ziemlich langgestreckten Raphidenschläuche (Fig. 174, 1) zu nennen. (Vergl. J. Hanstein, die Milchsaftgefäße etc. Berlin, 1864).

V. Die Pflanzengewebe.

Der Aufbau der Pflanze, jedes Pflanzentheiles, beruht auf der gesetzmässig erfolgenden Vervielfältigung bestimmter Zellen. Der hierbei am häufigsten stattfindende Vorgang besteht im Wesentlichen darin, dass der ganze plasmatische Inhalt solcher Zellen sich in zwei Portionen theilt, von denen jede sich mit einer Zellstoffhülle umgibt.

Mit der Theilung des Plasmakörpers geht eine solche des Zellkernes einher, seltener durch einfache Abschnürung in zwei oder mehr Tochterkerne (directe Kerntheilung, Fragmentation), meist unter complicirten Vorgängen im Zellkerne, tief eingreifenden Umlagerungen

seiner Substanz (pag. 538, indirecte Kerntheilung, Karyokinese). Diese Vorgänge beginnen unter Volumzunahme des Kernes mit der Umwandlung seines feinfädigen Kerngerüsts in einen grobkörnigen Faden (Kernfaden, Spirem), es folgt eine Längsstreckung des Kernes und Anordnung der Windungen des Kernfadens in schräger Richtung annähernd parallel zu einander. Währenddem sammelt sich Zellplasma an den beiden Polen des Kernes an. Weiterhin nimmt der Kernfaden ein mehr homogenes Aussehen an, dann zerfällt er in eine Anzahl von winkelig eingeknickten Segmenten, welche zuletzt sich der Längsachse parallel oder von dem Aequator des Kernes aus strahlig gruppieren (Aster); die Fadensegmente spalten sich dabei auch der Länge nach und die so entstandenen Längshälften jedes Segmentes vertheilen sich auf verschiedene Seiten des Kernes (Metakinese). Hierauf weichen die beiden Kernhälften in der Längsachse aus einander, verbunden durch eine vom Plasma aus sich verstärkende hyaline Substanz, welche unter Auftreten feiner, vom Aequator gegen die Pole hin etwas zusammenneigender Fäden (Spindelfasern) allmähig Tonnenform annimmt (Kernspindel). In ihrer Aequatorialebene treten nun Mikrosomen zur sogenannten Zellplatte zusammen, aus welcher die junge Scheidewand hervorgeht. Währenddem sind die Tochtersegmente des Kernfadens gegen die Pole gerückt (Diaster) und verschmelzen dann zu einem einzigen Fadenknäuel (Dispirem), aus welchem schliesslich das ursprüngliche feinkörnige Kerngerüst wird. Gleichzeitig nähern sich die grösser gewordenen Tochterkerne der Scheidewand.

Nach Beendigung dieses Vorganges*), der Zellbildung durch Theilung oder der Zelltheilung, liegen innerhalb der ursprünglichen Zelle, der Mutterzelle, zwei kleinere Zellen, Tochterzellen, welche mit ihren Wandungen knapp aneinander und an die Wandung der Mutterzelle geschmiegt, den ganzen Raum der letzteren einnehmen. Häufig wiederholt sich derselbe Vorgang in rascher Folge auch in den Tochterzellen, so dass die von der Mutterzelle allein rückständige Hülle zuletzt einen ganzen Complex aneinandergeschmiegtter Tochterzellen einschliesst.

Die in dieser Art aus einer oder mehreren Zellen durch Theilung hervorgegangenen Zellcomplexe treten, durch Vermittlung der sich chemisch verändernden Mutterzellhaut oder nach Auflösung der letzteren direct in mehr oder weniger innige Verbindung (pag. 584) und bilden so ein grösseres Ganze gleichartiger Zellen, ein Gewebe (contextus cellulosus).

In vielen Fällen theilt sich von den beiden Tochterzellen nur die eine immer von Neuem, während in der anderen der Neubildungsvorgang für eine Zeit oder für immer erlischt. Die in fortwährender Theilung begriffenen Zellen, durch geringe Grösse, zarte, farblose Wandungen und reichen Protoplasmakörper mit meist relativ grossem Zellkerne ausgezeichnet, werden Bildungs- oder Meristemzellen genannt. In ihrer Vereinigung stellen sie ein meist lückenloses Gewebe dar, das Bildungs- oder Theilungsgewebe, Meristem.

Jenes Meristem, welches die Grundlage der übrigen Gewebe darstellt und in allen höheren Pflanzen ganz bestimmte Regionen, die sogenannten Vegetationspunkte, einnimmt, an welchen das lebhafteste Wachsthum stattfindet, bezeichnet man als Urmeristem (Urparenchym). Es differenzirt sich zunächst in drei primäre Meristeme: das Protoderm (Dermatogen), das Cambium (Procambium) und das Grundmeristem. Aus dem ersteren entwickelt sich das Hautgewebe; das Cambium ist die Grundlage der Gefässbündel und aus dem Grundmeristem, d. i. jenem Theile des Urmeristems, der nach Anlage des Protoderms und der Cambiumstränge übrig bleibt, geht der grösste Theil des Grundgewebes hervor. Es ist ein parenchymatisches Bildungsgewebe aus relativ grösseren Zellen, welche nach allen Richtungen des Raumes sich theilen und zwischen denen gewöhnlich luffterfüllte Interstitien wahrzunehmen sind, während solche den beiden anderen Meristemen (Protoderm, Cambium) fehlen, indem ihre Elemente lückenlos verbunden sind.

Das Cambium (Procambium) entsteht aus dem Urmeristem, indem in axilen Zellenreihen nur Längstheilung erfolgt und so, in Verbindung mit Streckung in Folge des vorwiegenden Wachsthumes parallel zur Längsachse des Pflanzentheiles, Stränge von engen, verlängerten, prismatischen Elementen zu Stande kommen, welche, indem ihre Querwände mehr oder weniger schräge werden, die Form von prosenchymatischen Zellen annehmen (pag. 585).

*) Besonders von Strasburger, Schmitz und Flemming in neuester Zeit eingehend studiert.

Unter den primären Meristemen bleibt gewöhnlich der meristematische Charakter des Cambium am längsten erhalten; bei Gymnospermen und Dicotylen verharrt ein Theil der zu Gefässbündeln sich ausbildenden Cambiumstränge dauernd im Zustande des Theilungsgewebes; derselbe trennt, als Längsstreifen das Gefässbündel quer durchsetzend, dessen zwei Haupttheile, das Phloëm und Xylem, voneinander und zeigt am Querschnitte eine radiale Reihung seiner Elemente, Reihencambium (Fig. 215).

Als secundäre oder Folgemeristeme werden nachträglich aus Dauerzellen hervorgegangene Theilungsgewebe, wie das Phellogen (pag. 614) und die Interfascicularstreifen des Verdickungsringes (pag. 624) bezeichnet.

In den nicht weiter sich theilenden Zellen wendet sich die Thätigkeit des Plasma der Vergrößerung der Zellmembran, sowie der Umgestaltung ihres Inhaltes zu. Die Zellen strecken, erweitern und verdicken sich und nehmen ihre definitiven Grössen und Formen an. Sie werden zu Dauerzellen und als solche die Bausteine der zahlreichen Arten des Dauergewebes (Standgewebes).

Von diesen ist das Parenchym (parenchyma) die verbreitetste und formenreichste, ein im Allgemeinen aus isodiametrischen, regel- oder unregelmässigen oder aus gestreckten, prismatischen Zellen, welche mit horizontalen oder wenig geneigten Erdflächen an einander stossen, zusammengesetztes Gewebe mit den verschiedenartigsten Inhaltsstoffen.

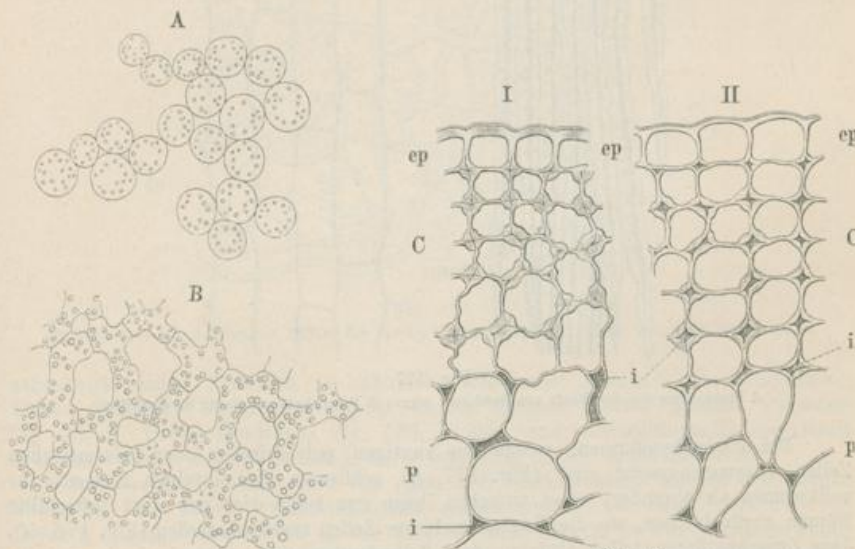


Fig. 175.
sphäroidales Parenchym aus dem Blatte von *Colchicum autumnale*; B Schwamm-parenchym aus dem Blatte von *Nicotiana*.

Fig. 176.
CC Subepidermale Collenchymformen; ep ep Epidermis, ii Interzellularen, pp Parenchym der Rinde, I aus dem Stengel von *Phytolacca decandra*, II aus der Wurzel von *Petasites officinalis*. Vergr. 240 / 1.

Inmitten des Parenchym oder überhaupt eines gleichartigen Gewebes vorkommende, durch abweichende Form, Grösse, Zellwandbeschaffenheit oder Zellinhalt abweichende Zellformen werden nach J. Sachs als Idioblasten bezeichnet.

Nach der Gestalt der das Parenchym zusammensetzenden Zellen, ihrer gegenseitigen Lagerung und Verbindung, nach der physikalischen und chemischen Be-

schaffenheit ihrer Zellmembranen und der Natur ihres Inhaltes werden die zahlreichen Formen desselben näher bezeichnet.

Ein aus kugeligen, eirunden oder ellipsoidischen Zellen bestehendes Parenchym, wie es z. B. die Masse des saftreichen Fleisches vieler Früchte bildet, wird sphäroidales (Fig. 175, A), ein aus regel- oder unregelmässig verzweigten Elementen zusammengesetztes schwammförmiges (sternförmiges, Schwamm-) Parenchym (Fig. 175, B) genannt. In beiden Fällen berühren sich die Zellen nur mit einem Theile und besonders im letzteren Falle mit einem kleinen Theile ihrer Wand, so dass zwischen ihnen mehr oder weniger umfangreiche, gewöhnlich mit Luft erfüllte Hohlräume (Lücken, Lacunen) entstehen. Das schwammförmige Parenchym, wie es sich z. B. sehr verbreitet im Gewebe der Blätter findet, hat man deshalb auch lacunöses Parenchym genannt.

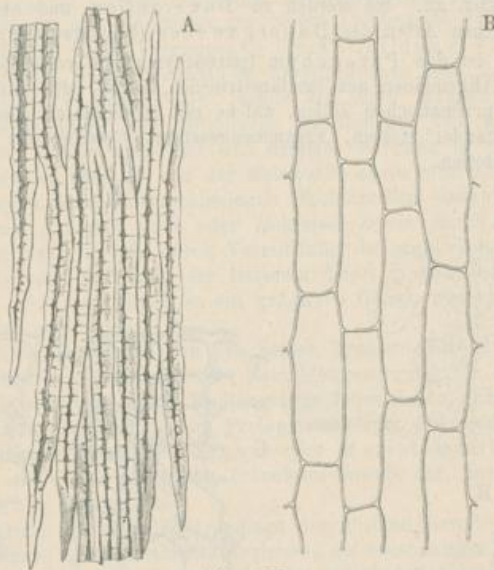


Fig. 177.

A Prosenchym aus der Rinde von *Sambucus nigra*; B Parenchym aus *Radix Sarsaparillae*.

Bei Parenchymformen, welche aus kantigen, polyedrischen oder prismatischen Zellen zusammengesetzt sind (Fig. 177, B), schliessen die einzelnen Elemente so vollkommen an einander, dass zwischen ihnen gar keine oder nur dort luftgefüllte Räume zurückbleiben, wo die Kanten mehrerer Zellen zusammentreffen (Fig. 176, ii). Jene Zwischenräume stellen alsdann den Zellenkanten entlang verlaufende und ineinander mündende Canäle dar, Intercellulargänge (Interstitien), welche, wenn die Zellen in abwechselnden Reihen geordnet sind oder wie man sich auch ausdrückt „im Verbande stehen“, einen dreiseitigen, bei nicht abwechselnden, in radialen und concentrischen Reihen gestellten, „nicht im Verbande stehenden“ Elementen, einen vierseitigen Querschnitt zeigen. Das in dieser Art zusammengesetzte Gewebe kann als isodiametrisches, regel- oder unregelmässig polyedrisches und als (kurz-, lang-) prismatisches Parenchym bezeichnet werden. Es findet sich mit zahlreichen Uebergängen besonders in der Rinde und im Marke dicotyler Gewächse.

Von verschiedenen Autoren (zuerst von Russow 1883, dann von Terletzki, Berthold etc.) wird das Vorkommen von Protoplasma in Intercellulargängen behauptet, wogegen andere

(Gardiner, Schenck 1885) dasselbe leugnen. Die nicht selten (z. B. in Rinden von Holzgewächsen) zu beobachtende Auskleidung der Intercellularen ist nach Schenck's Untersuchungen eine umgewandelte Zellhautlamelle, eine genetisch zur Mittellamelle oder Intercellularsubstanz in Beziehung stehende Bekleidung, aber keine Plasmahaut. Auch die von Russow und Anderen angenommene Communication des Zellplasma mit dem angeblichen Plasma der Intercellularen wird von Schenck als irrig bezeichnet und gezeigt, dass es sich hierbei nur um Hervortreten von Plasmafortsätzen an die Auskleidung, durchaus nicht um einen continuirlichen Zusammenhang, wie zwischen Protoplasmen benachbarter Gewebszellen (pag. 571) handelt.

Ein aus flachgedrückten, parallelepipedischen, polygonalen oder buchtig-begrenzten Zellen zusammengefügtes Gewebe wird als Tafelparenchym bezeichnet (Kork- und Oberhautformen, Fig. 186—188), speciell dasjenige, welches die Markstrahlen bildet, als Mauerparenchym (Fig. 166, *m*).

Nach dem vorwaltenden Zellinhalte lassen sich die Parenchymformen als Chlorophyll-, Amylum-, Fett-, Luft-, Saft-Parenchym, nach der Function als Assimilations-, Speicherparenchym etc. unterscheiden.

Die Wand der Parenchymzellen ist bald wenig, bald mehr oder weniger stark verdickt (dünnwandiges, derbwandiges, dickwandiges Parenchym) und im letzteren Falle häufig auch verholzt. Ein Gewebe, welches aus den pag. 585 beschriebenen Steinzellen besteht, bezeichnet man als Steinparenchym (Sklerenchym). Es findet sich besonders häufig bald in unregelmässigen Zellcomplexen (Nestern), bald in zu-



Fig. 178.

Hyphengewebe aus den inneren Partien der Peridie von *Lycoperdon caelatum*. *sp* Sporen, Vergr. 420 / 1.

sammenhängenden Schichten in zahlreichen officinellen Rinden (*Cortex Cinnamomi*, *Cortex Canellae*, *Cortex Winteranus*, *Cortex Quercus*, *Cortex Rhamni Purshiani* Fig. 46, *st*, *Cortex Quebracho* Fig. 166, *st* etc.) und unterirdischen Theilen (*Radix Gratiolae*, *Radix Armoraciae* etc.), in Steinschalen, vielen Fruchthüllen etc.

Ein Gewebe, welches aus den pag. 586 beschriebenen, nur in den Kanten oder doch hier stärker verdickten Zellen zusammengefügt ist, nennt man Collenchym*) (Leimgewebe; z. B. in den äusseren Rindenschichten, in den stärkeren Blattnerven zahlreicher Pflanzen, Fig. 176, *CC*).

Vom Parenchym wird das Prosenchym (Fasergewebe, Fig. 177, *A*) unterschieden, eine insbesondere im Holze und in der Innenrinde der meisten Holzgewächse vorkommende Gewebsform, welche aus den pag. 585 angeführten, langgestreckten, spindel- oder faserförmigen Zellen mit rundem, polygonalem oder gerundet-eckigem

*) C. Mäller (Ber. d. d. Bot. Ges. VIII. 1890, pag. 159) unterscheidet nicht weniger als sieben Formen von Collenchym: nämlich neben dem typischen (mit Kantenverdickung der Zellen) oder Ecken-Collenchym, dessen Zellen fast durchwegs lückenlos verbunden sind, Collenchym mit allseitig verdickten Wänden, deren Mittellamelle gar nicht oder unendlich zu erkennen ist (Bast-Collenchym), fast immer in Strängen auftretend, solches mit allseitig verdickten Wänden und stark differenzirter Innenlamelle jeder Zelle (Knorpel-C), solches mit tangentialen Verdickungsplatten (Platten-C), Collenchym mit gleichmässiger Verdickung der an die Intercellularräume anstossenden Wandflächen (Lücken-C) u. s. w.

Querschnitte zusammengesetzt wird, die sowohl seitlich an einander, als auch an ihren Enden zwischeneinander so innig gefügt sind, dass nicht die kleinsten Räume dazwischen übrig bleiben. Ihre Zellwände sind häufig stark verdickt und oft auch in verschiedenem Grade verholzt.

Als eine besondere, den meisten Pilzen und Flechten zukommende Gewebsform wird das Filzgewebe (Hyphengewebe, Fig. 178) unterschieden, gebildet aus einfachen oder verzweigten, langgestreckten, engen Zellen oder Zellreihen, welche sich kreuzen und mannigfach verflechten.

Ausser den bereits (pag. 596) erwähnten Lücken und Intercellulargängen (Interstitien), welche ein zusammenhängendes System von luftefüllten Räumen durch die ganze Pflanze bilden, trifft man im Gewebe verschiedener Pflanzen noch andere mit Luft oder mit Secreten verschiedener Natur erfüllte Räume an, die entweder, gleich den Intercellulargängen, durch Auseinanderweichen der Gewebelemente nach Aufhebung ihrer gegenseitigen Verbindung, oder durch Desorganisation und Auflösung oder auch durch Zerreißung bestimmter Zellen und Zellencomplexe entstehen, wonach man sie als schizogene und lysigene (pag. 559) und nach ihrer Gestalt, Ausdehnung etc. als Canäle, Gänge, Höhlen etc. unterscheidet.

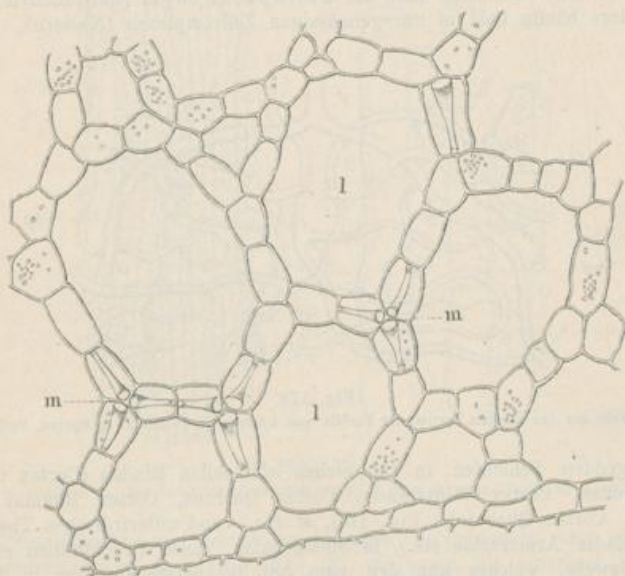


Fig. 179.

Querschnittsparte aus dem innersten Theile der Rinde von Rhizoma Gratiolae. // Luftcanäle, durch einfache Zellreihen voneinander getrennt. Unter den sonst dünnwandigen Gewebszellen Gruppen solcher (mm), welche eigenthümliche leistenförmige Verdickung (pag. 573) zeigen. Vergr. 140 / 1.

Die in jugendlichen, noch wachsenden Geweben entstandenen Intercellularen pflegt man als protogene, die in ausgewachsenen Theilen sich bildenden als hystero gene zu bezeichnen.

Luftcanäle sind mehr oder weniger lange, meist geradlinig und parallel der Achse des Pflanzentheiles verlaufende, im Ganzen canalartige, weite Räume, welche durch eine einfache oder mehrfache Parenchymschicht voneinander getrennt und nicht selten durch quer sie durchsetzende Schichten (Diaphragmen) desselben Gewebes streckenweise unterbrochen sind (Rhizoma Gratiolae Fig. 179, Caricis arenariae, Calami aromatici etc.). Ist das Innere derartiger Canäle mit einem Schwamm-

parenchym erfüllt (Equisetum, Irisblatt, Blattstiel von *Canna* sp.), so pflegt man sie wohl auch Luftgänge zu nennen. Durch Zerreissung oder Auflösung ganzer Partien eines parenchymatischen Gewebes entstandene unregelmässige, häufig sehr umfangreiche Lufträume, z. B. in den Stengeln vieler Umbelliferen, heissen Lufthöhlen.

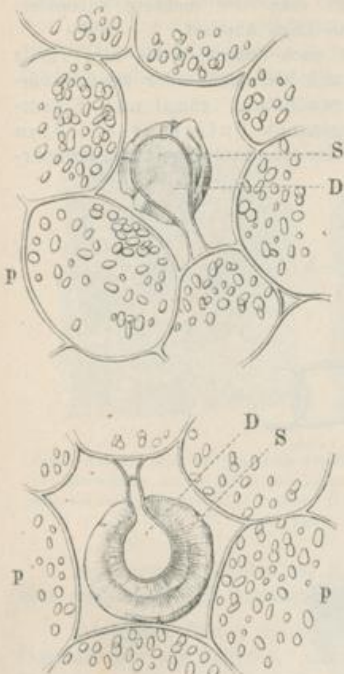


Fig. 180.

Aus *Radix Filicis maris*. Querschnittspartien, mehrere stärkeführende Grundparenchymzellen (pp) zeigend, welche einen Interzellularraum begrenzen, in welchen eine eigenthümliche, flaschenförmige, einzellige Drüse (D) hineinragt. Sie entspringt mit einem schmalen, stielartigen Theile von einer der Begrenzungsstellen des Interzellularraumes und ist von einer amorphen (in der oberen Figur) oder strahlig-kristallinischen Masse, dem Secret (S), eingehüllt. Vergr. 210/1.

bestimmte Bezeichnungen: Harz-, Balsam-, Oel-, Schleim- und Gummigänge, respective Höhlen, Lücken etc. (siehe pag. 559).

In grössere Interzellularräume ragen in manchen Fällen von den Wandungszellen entspringende Bildungen hinein. Hierher gehören die merkwürdigen Drüsen von *Aspidium Filix mas* (pag. 308, Fig. 180 D) und anderer *Aspidium*-Arten, die vielarmigen, mit

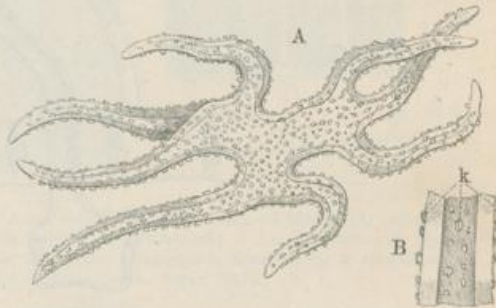


Fig. 181.

A vielarmige trichomartige Sklerenchymzelle mit Einlagerung von Kalkoxalatkrystallen in der Wand aus den Luftcanälen von *Nuphar luteum*. Vergr. 140/1. B Stück eines Zellarmes, stärker vergrössert; K Kalkoxalatkrystalle.

Kalkoxalateinlagerungen versehenen Haare von *Nymphaea* und *Nuphar* (Fig. 181), die ähnlichen, aber glatten Sternhaare im Stengel, Blattstiel und Rhizom von *Limnathemum*-Arten, die merkwürdigen verzweigten Haare verschiedener *Aroideen* etc.

Die mit Secret erfüllten Interzellularräume, interzellulare Secretbehälter, erhalten nach ihrer Form, Grösse und Entstehung analoge, durch die Natur des beherbergenden Secretes noch weiter

VI. Gewebssysteme.

I. Hautgewebe. A. Die Oberhaut (Epidermis) stellt ein besonderes, bei den höheren Pflanzen die äusserste Schicht bildendes Gewebe dar. Sie fehlt den Thallophyten; bei den Moosen kommt sie nur an gewissen Theilen vor; den jüngeren Achsen und den Blattorganen der übrigen Gewächse fehlt sie niemals (vergl. auch pag. 56). Meist besteht sie aus einer einfachen, selten aus einer mehrfachen Schicht — einschichtige und mehrschichtige Oberhaut — regel- oder unregelmässig-polygonaler (Fig. 187), wellig- oder buchtig-begrenzter (Fig. 186, 188), tafelförmiger, seltener halbkugeliger, verkürzt-kegelförmiger (Fig. 191) oder prismatischer Zellen (Fig. 183, 184). Gegenseitig sind

die Zellen auf das innigste, lückenlos verbunden, hängen auch fest mit dem darunter liegenden Gewebe zusammen, weshalb man gewöhnlich beim Abziehen der Oberhaut (an frischen oder in Wasser aufgeweichten Theilen) eine oder mehrere subepidermale Zellagen mitnimmt oder wenigstens die nächste Lage abreißt.

An allen derberen Theilen sind die Zellwände nach aussen, sowie zum Theile auch an den Seiten (Fig. 182 III) stärker verdickt und hier mehr oder weniger verkorkt (cuticularisirt). Die Verdickungsmasse zeigt gewöhnlich, zumal nach Einwirkung stark quellender Mittel, deutliche Schichtung, sogenannte Cuticularschichten (pag. 581), und zuweilen auch Porencanäle. Ueber der Oberhaut lagert als structur-

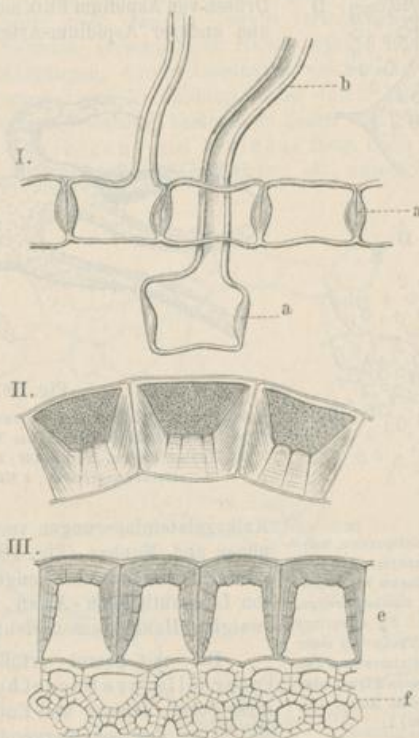


Fig. 182.

I. Partie der Epidermis von Samen Strophanthi. Seitenwände polsterförmig (a) verdickt, die Aussenwand in ein Trichom (b) auslaufend; darunter eine isolirte Epidermiszelle. II. Drei Ringzellen des Sporangium von Grammitis Ceterach. Seitenwände und besonders die Innenwand stärker verdickt als die Aussenwand. III. Partie der Dehiscenzschicht von Fructus Anisi stellati. Die Epidermiszellen (e) nach aussen und seitlich stärker verdickt als nach innen; f subepidermale Faserschicht. Vergr. 420/1.

loses homogenes Häutchen die Cuticula (pag. 581). Die innerste Auskleidung der Zellen besteht aus einer Cellulosemembran und an zarteren Epidermen lagert darüber unmittelbar die Cuticula, indem die Cuticularschichten fehlen (Fig. 182, I).

Die Cuticularschichten grenzen sich gegen die Cellulosemembran entweder scharf ab oder zeigen zahnartige Vorsprünge, welche in die Cellulosehaut eindringen.

Die Seitenwände der Oberhautzellen sind gewöhnlich dünn, häufig getüpfelt und gefaltet, so dass die Zellen in der Flächenansicht wellig, buchtig, zahnig, sternförmig etc. erscheinen, seltener sind die Seitenwände stärker verdickt als die anderen

Membrantheile und dann nicht selten polsterförmig in das Zellenlumen vorspringend (Fig. 182, I a). Bei stärkeren Epidermen pflegt die Cuticularisierung auch mehr oder weniger auf die Seitenwände sich zu erstrecken. Am senkrechten Durchschnitt sieht man dann die Cuticularschichten keil- oder zapfenförmig mehr oder weniger tief in die Seitenwände eindringen. In seltenen Fällen ist die innere, sonst dünne Wand der Epidermiszellen stärker verdickt (Fig. 182, II).

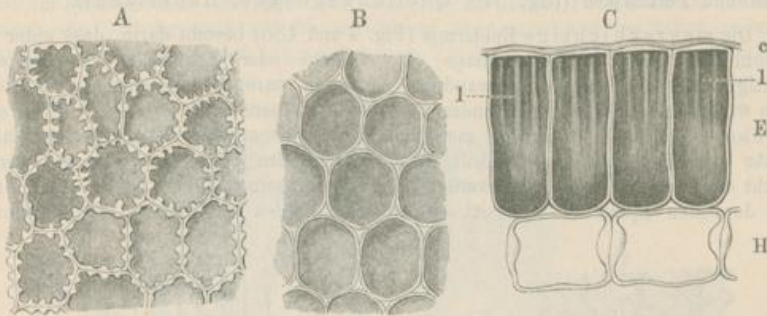


Fig. 183.

Semen Tonco. Partie der Epidermis der Testa, A und B in der Flächenansicht, bei höherer (A) und tieferer (B) Einstellung, bei A die in das Lumen vorspringenden Leisten zeigend; C drei Epidermiszellen (E) im senkrechten Durchschnitte; *l* in das Zellenlumen vorspringende Längleisten, H subepidermale, an den Seiten stärker verdickte Zellen. Vergr. 700/1.

An zarteren Theilen, z. B. Blumenblättern, sind die Zellwände dünn, sehr oft aber auch hier nach Aussen stärker verdickt.

Als Inhalt führen die Epidermiszellen, neben einem meist dünnen wandständigen Plasmakörper mit Zellkern, einen farblosen oder seltener gefärbten (meist rothen, Anthokyan haltenden) Zellsaft, zuweilen Kalkoxalat in Krystallen, Krystalloide, sehr allgemein Leukoplasten (pag. 543) und, wenn auch spärlich, Chlorophyll.

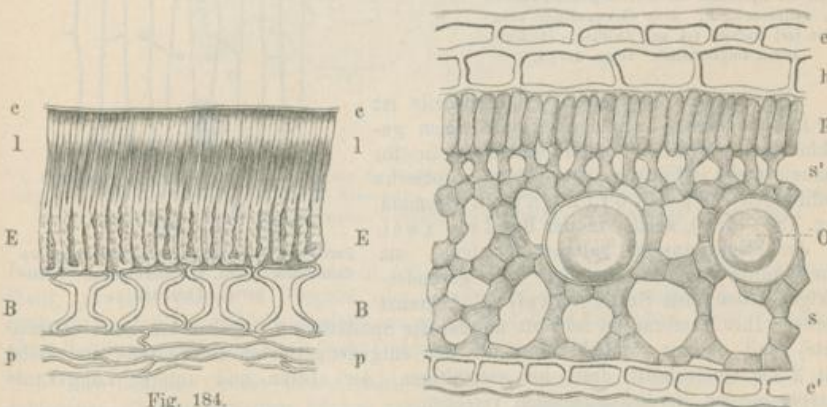


Fig. 184.

Partie eines Verticalschnittes durch die Testa von Lupinus. E Palisaden-Epidermis mit der Lichtlinie (*l*); *cc* Cuticula; *BB* subepidermale Schicht aus spulenförmigen Zellen mit weiten Interzellularen; *pp* Parenchym aus zusammengedrückten Zellen. Vergr. 240/1.

Fig. 185.

Folia Boldo. Partie eines Verticalschnittes. *e* Epidermis der Ober-, *e'* der Unterseite; *h* Hypoderma; *p* Palisadenschicht; *s* Schwammparenchym mit einer Reihe von Aufnahmszellen (*s'*) und grossen, kugeligen Oelzellen (*O*). Vergr. 180/1.

A. Stöhr (1879) hat die allgemeine Verbreitung des Chlorophylls in Epidermen beobachtet und nachgewiesen, dass die Oberhaut der grünen Organe breitblättriger Gymnospermen und der bei Weitem meisten Landdicotylen dasselbe führt, während es der Epidermis der nadelblättrigen Gymnospermen und Landmonocotylen regelmässig zu fehlen scheint. In der Regel ist das Blattgrün auf die Blattunterseite, auf den Blattstiel und Stengel beschränkt, selten ist es in der beiderseitigen Blattepidermis gleichzeitig vorhanden.

Zuweilen ist die Oberhaut schleimführend, wie namentlich jene verschiedener Samen und Pericarprien (pag. 548, Quellungsgewebe, Haberlandt).

Die mehrschichtige Epidermis (Fig. 4 und 185) besteht darin, dass unter der gewöhnlichen äusseren Epidermislage eine einfache oder mehrfache, zuweilen sehr mächtige Lage von meist dünnwandigen farblosen parenchymatischen Zellen folgt, deren wesentlichster Inhalt im lebenden Zustande aus einem farblosen Zellsaft (Wassergewebe) besteht. Meist ist die mehrfache Epidermis an der Oberseite des Blattes stärker und oft allein hier entwickelt. In manchen Fällen führen die Zellen der inneren Schicht der zweischichtigen Epidermis Schleim. In einzelnen Fällen ist die Ausbildung einer doppelten Epidermis localisirt auf einzelne Stellen des Blattes (Folia Sennae).

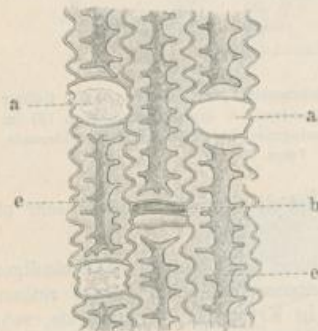


Fig. 186.

Partie der Epidermis der Gerstenspelze. Zwischen den wellenrandigen, sehr dickwandigen Langzellen (e) einfache (a) und Zwillinge- (b) Kurzzeilen eingeschaltet. Vergr. 420 / 1.

Die Oberhaut der meisten Pflanzentheile ist nur in ihrer ersten Jugend eine vollkommen geschlossene Zellschicht; später entstehen in ihr kleine, meist elliptische oder spitz elliptische Oeffnungen, Spaltöffnungen (stomata, Fig. 187—189), welche in der Regel von zwei, in der Flächenansicht halbmondförmigen, am Querschnitte runden, eirunden oder gerundeteckigen Zellen, den Schliesszellen, begrenzt werden. Ihre Membran ist sehr oft an der der Spaltöffnung zugekehrten Seite (Bauchseite) weit stärker verdickt als auf der entgegengesetzten Rückenseite und meist mit 2 am Querschnitt drei- bis vierseitigen, der oberen und unteren Längskante entsprechenden Verdickungsleisten versehen.

Sehr häufig, zumal an Laubblättern, sieht man die Schliesszellen von einer, zwei bis mehr Zellen umgeben, welche von den übrigen Epidermiszellen durch ihre abweichende Gestalt sich abheben, indem diese mehr oder weniger jener der Schliesszellen sich nähert. Man hat diese Zellen Nebenzellen (Nebenporenzellen, Fig. 188 und 189, 1 n) genannt.

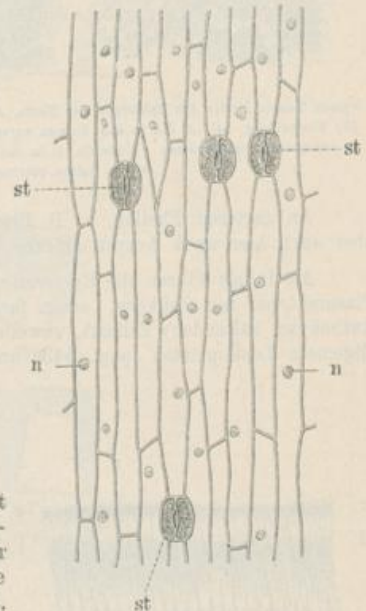


Fig. 187.

Partie der Epidermis der Blattunterseite von *Convallaria majalis*. st Spaltöffnungen, n Zellkerne. Vergr. 140 / 1.

Die Schliesszellen sind ausser durch ihre Gestalt, durch ihre geringere Grösse, sowie gewöhnlich durch ihren Chlorophyllinhalt von den Oberhautzellen unterschieden. Bald liegen sie in derselben Ebene wie diese, bald tiefer, in einer von den überragenden Oberhautzellen der Umgebung gebildeten Einsenkung, bald endlich höher als die Oberhaut.

Spaltöffnungen kommen an allen Pflanzen, von den Laubmoosen an nach aufwärts im Pflanzenreiche vor, sind aber vorzüglich an grünen Pflanzentheilen (Blättern, Stengeln etc.), häufig auch auf Blumenblättern und ausnahmsweise selbst an unterirdischen Organen zu finden. Den submersen Theilen der Wasserpflanzen fehlen sie.

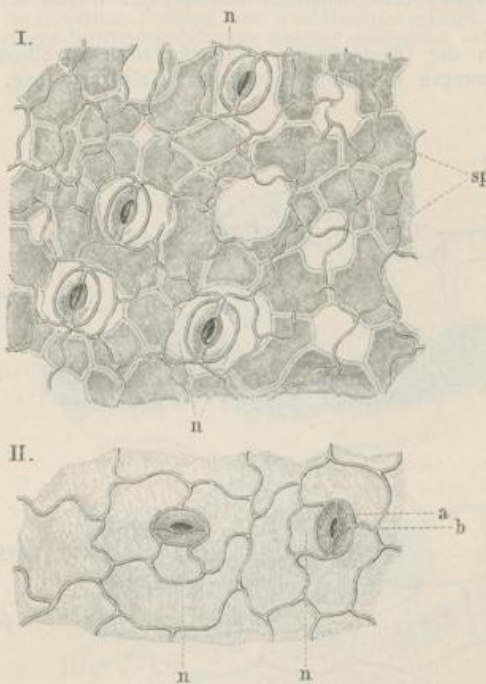


Fig. 188.

I. *Eupatorium Ayapana*. Partie der Epidermis der Blattunterseite mit dem darunter folgenden Schwammparenchym (*sp*). Die Spaltöffnungen von je zwei Nebenzellen (*nn*) begleitet. II. *Gaultheria procumbens*. Epidermis der Blattunterseite mit zwei Spaltöffnungen. *a* Schliesszelle; *b* Spalte; *n* Nebenzellen. Vergr. 200/1.

Dort, wo sie vorkommen, sind sie in der Regel gleichmässig über die Oberhaut vertheilt, zuweilen jedoch in Gruppen oder Längsstreifen zusammengestellt. An langgestreckten Theilen sind alle Spaltöffnungen parallel der Längsachse, sonst scheinbar ohne bestimmte Ordnung nach verschiedenen Seiten gerichtet.

Ihre Gestalt, Grösse und Anzahl ist bei verschiedenen Pflanzen und an verschiedenen Theilen derselben Pflanze verschieden. Die grössten kommen im Allgemeinen an saftigen, die kleinsten an lederartigen und sehr zarten Theilen vor. Die meisten finden sich bei dorsiventral gebauten Blättern an der Unterseite; der Blattoberseite fehlen sie (*Barosma*, *Citrus*, *Laurus*, *Vinca*, *Taxus*) oder sind hier sparsamer vorhanden, so z. B. bei *Atropa Belladonna* auf 1 mm^2 der Blattoberseite 56, der Unterseite 277; bei *Datura Stramonium* in gleicher Art im Verhältnisse wie

114:189 etc.*); ausnahmsweise, z. B. bei *Chenopodium ambrosioides*, findet das Umgekehrte statt. An vertical gestellten Blättern sind beide Flächen gleichmässig mit Spaltöffnungen versehen.

Die Spaltöffnung führt in eine Lufthöhle (Athmungshöhle, Fig. 189, A), in welcher die Interstitien des Gewebes einmünden. Sie hat den Zweck, den Gasaustausch zwischen der Pflanze und der Atmosphäre möglichst zu erleichtern.

Auf der Epidermis finden sich häufig die pag. 581 beschriebenen Wachüberzüge. Bei Coniferen sind besonders die Spaltöffnungen mit reichlicher Wachbildung versehen, die als feinkörnige bräunliche Masse die äussere Athemböhle ausfüllt und so den Zugang zur Athemböhle verstopft (K. Wilhelm, Ber. d. d. bot. Ges. 1883 I.).

Die Membran der Oberhautzellen ist häufig reich an Silicium, nicht selten enthält sie Einlagerungen von Kalkcarbonat oder Kalkoxalat (pag. 578). Zuweilen

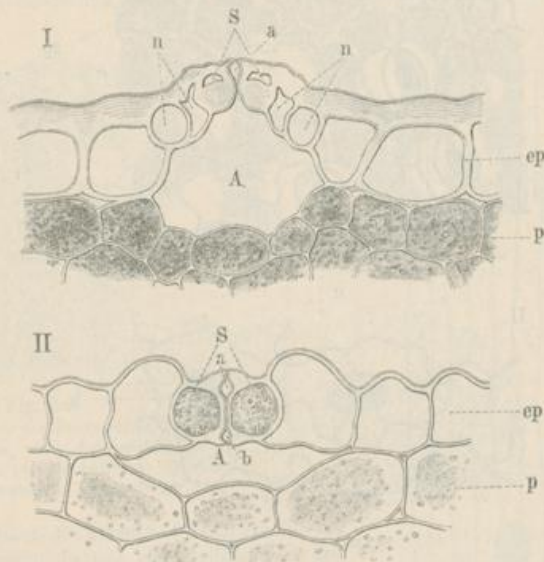


Fig. 189.

Partie eines Verticalschnittes durch die Epidermis (ep) und das angrenzende Mesophyll (p) der Blattunterseite I. von *Plumbago Larpentae*, II. von *Convallaria majalis*. A Athemböhle, S Schliesszellen; a Vorhof, b Hinterhof, n Nebenzellen. Vergr. 500/1 (I) und 420/1 (II).

trägt die Oberfläche der Epidermis Auflagerungen von kohlensaurem Kalk, so namentlich über den Gefässbündeln an den Blättern verschiedener Landpflanzen (*Saxifraga*, Farne) in Gestalt von weissen Kalkschüppchen, welche kleine grubige Einsenkungen der Oberfläche bedecken (vergl. De Bary pag. 113). Bei Plumbagineen (Blatt, Stengel) finden sich aus Epidermiszellen hervorgegangene, in die Oberhaut und die darunter folgenden Zellschichten eingesenkte eigenartige, drüsenähnliche, sehr regelmässig gebaute, kugelige oder flaschenförmige Gebilde, sogenannte Kalkdrüsen, welche bei zahlreichen Pflanzen dieser Familie kalkcarbonathaltige Flüssigkeit abgeben, die, an der Oberfläche verdunstend, einen continuirlichen grauweisslichen,

*) A. Weiss, Pringsheim's Jahrb. IV. 125.

brüchigen Kalküberzug erzeugt oder aber, örtlich beschränkt, nur eine die Drüsen und ihre nächste Umgebung bedeckende Kalkablagerung in Gestalt von nicht selten zierlichen, kreuzförmig geformten Schüppchen bewirkt. Der Drüsenkörper besteht aus acht dünnwandigen Zellen (Fig. 190, *D*), welche aus einer in der Flächenansicht gerundet-quadratischen Epidermiszelle hervorgehen, indem diese durch senkrechte Wände zunächst in vier Tochterzellen und jede von dieser wieder in zwei Tochterzellen getheilt wird. Ihre dünnen Wände, wenigstens die äusseren, scheinen verkorkt zu sein (vergl. De Bary l. c., G. Volkens 1884, J. Wilson 1890).

Die Spaltöffnungen entstehen, indem sich zunächst einzelne Oberhautzellen meist in zwei ungleiche Tochterzellen theilen; die kleinere hiervon wird zur Mutterzelle der Schliesszellen, indem sie durch weitere Theilung zwei Tochterzellen erzeugt, die später von der Mitte ihrer gegenseitigen Berührungsfläche aus allmählig auseinander weichen und eine Spalte zwischen sich lassen.

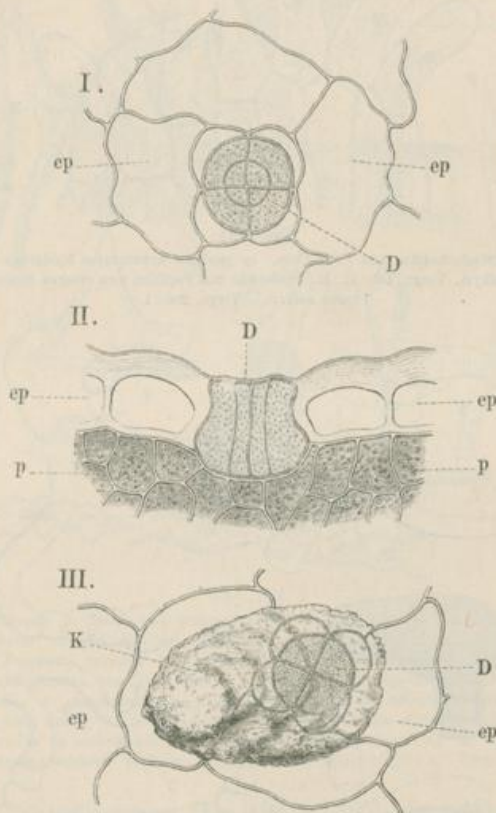


Fig. 190.

Partie der Epidermis des Blattes von *Plumbago Larpentae*. I. und III. Flächenansicht. II. Verticalschnitt durch die Epidermis und das darunter folgende Mesophyll. *D* Kalkdrüse, *ep* Epidermis, *p* Mesophyll, *K* Kalkkruste auf der Oberhaut, in der Umgebung der Drüse. Vergr. 420/1.

Bei vielen Gewächsen geben mehr oder weniger zahlreiche Zellen der Oberhaut durch stärkeres Flächenwachsthum ihrer Aussenwand oder durch Zellenneubildung Veranlassung zur Entstehung ausserordentlich mannigfaltig gestalteter Hervor-

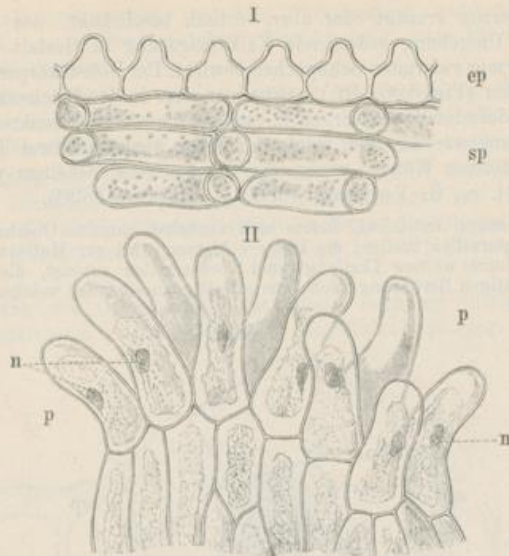


Fig. 191.

I. Partie eines Verticalsechnittes von Folia Coca. *ep* papillöse Epidermis der Unterseite; *sp* Schwammparenchym. Vergr. 400 / 1. II. Epidermis mit Papillen vom oberen Saume der Narbe von *Crocus sativus*. Vergr. 200 / 1.

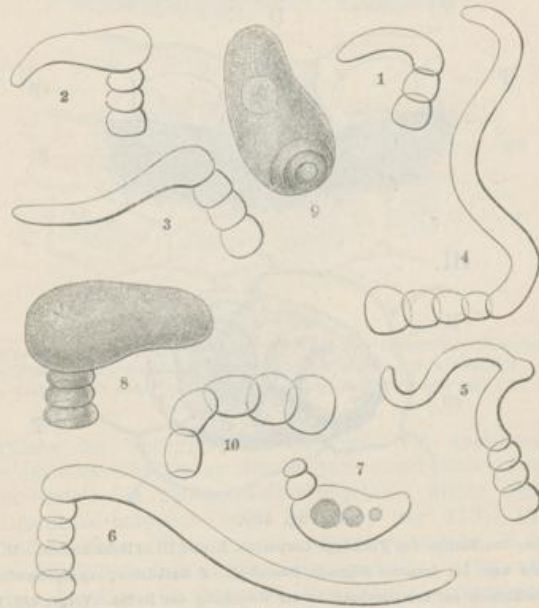


Fig. 192.

Eigenthümliche Trichombildungen der Blattunterseite von *Chenopodium ambrosioides*. Die Haare (1-6) zeigen einen Stiel aus 3-5 und mehr kurzen, dünnwandigen Zellen und eine meist wagrecht aufstehende, gerade oder gekrümmte, kürzere oder längere Endzelle; die Drüsen (7-9) haben einen ähnlichen Stiel wie die Haare; die horizontal nahe an einem Ende dem Stiele aufsitzende Drüsenzelle ist zu einem mit ätherischem Oele gefüllten Sacke ausgedehnt. Vergr. 240 / 1.

ragungen, die man als Anhangstheile der Oberhaut, Haarbildungen, Trichome, zusammenfasst (Fig. 191—194).

Blosse halbkugelige oder kurz- und stumpf-kegelförmige Auftreibungen der äusseren Zellwand oder eines Theiles derselben (Fig. 191) stellen die Papillen (papillae) dar (manche Laubblätter, viele Blumenblätter).

Die Haare (pili) sind gestreckte, kegelförmige, fadenförmige, stielrunde, konisch, etwas keulenförmig oder kopfig verbreitert endende oder spindelförmige, einfache oder ästige Zellen oder Zellreihen. Nach Form und Zusammensetzung werden sie als fadenförmige, kegelförmige etc., einfache und verzweigte, ein- und mehrzellige beschrieben (Fig. 192—194). Das in der Epidermis eingesetzte untere Ende des Haares wird als Fuss oder Fussstück bezeichnet. Besondere Formen sind die T-förmigen und die Gabelhaare (Fig. 193, 1, 8, 9; 194, 10, 11), welche in die Sternhaare (Fig. 193, 2),

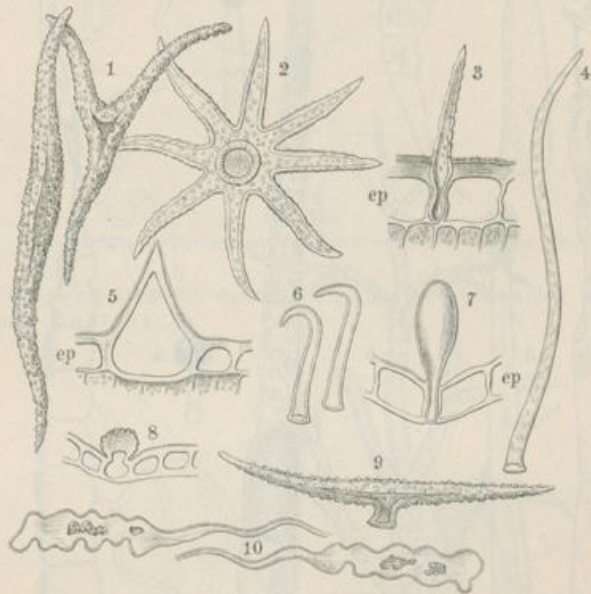


Fig. 193.

Einzellige Trichomformen. 1. Zwei- und dreiarmlige Haare (dickwandig, an der Oberfläche warzig) von *Erysimum angustifolium*; 2. dickwandiges, warziges Sternhaar von *Deutzia scabra*; 3. einfaches kegelförmiges, mit dem Fussstiele zwischen die Epidermiszellen eingekleiftes Haar von *Folia Sennae*; 4. etwas schlangeliges Haar des Blattes von *Ribes nigrum*; 5. kurzes, breit-kegelförmiges Haar des Blattes von *Pulmonaria officinalis*; 6. gemshornförmige Trichome des Blattes von *Symphytum officinale*; 7. keulenförmiges Haar von *Folia Betulae*; 8., 9. dickwandiges, an der Oberfläche warziges T-Haar des Blattes von *Cornus mas*; 8. dasselbe im senkrechten Durchschnitte an der Ursprungszelle; 10. lange, keulenförmige, unregelmässig gebuchtete Trichome der Blüthe von *Capparis spinosa*. Vergl. 140/1.

die strauchig- und wirtellig-ästigen (Fig. 194, 5; 195), die gebüschelten oder mehrfachen Haare (Fig. 197, 196) vielfach übergehen und, abgesehen von dem etwa vorhandenen ein- bis mehrzelligen Stiele, einzellig oder mehrzellig sein können. Die köpfchentragenden (kopfigen) Haare (Fig. 194, 1, 2, 3, 7, 8) bestehen aus einem einfachen, ein- bis mehrzelligen Haar, welches stielartig eine grössere kugelige oder scheibenförmige Endzelle oder einen derart geformten Zellencomplex trägt. Sie finden sich meist neben anderen Haarbildungen bei den meisten höheren Pflanzen. In dem häufig vorkommenden Falle, wo diese Trichombildungen Träger von Secreten sind, werden sie als Drüsenhaare beschrieben.

Flache, scheibenrunde, mit einem sehr kurzen, oft unmerklichen Stiele von der Epidermis entspringende, aus einer einfachen oder mehrfachen Lage radial geordneter Zellen zusammengesetzte Trichome werden als Schuppen (Schilfern Fig. 198), fadenförmige, aus zwei bis vielen Zellreihen oder Zellschichten zusammengesetzte, einfach kegelförmig, kopfig, zwei- bis mehrzackig etc. endende Haarbildungen als Zotten (Fig. 199, A; 200) bezeichnet. Wenig- bis vielzellige, derbe, massige, der Epidermis allein angehörende Hervorragungen nennt man, wenn sie stumpf sind,

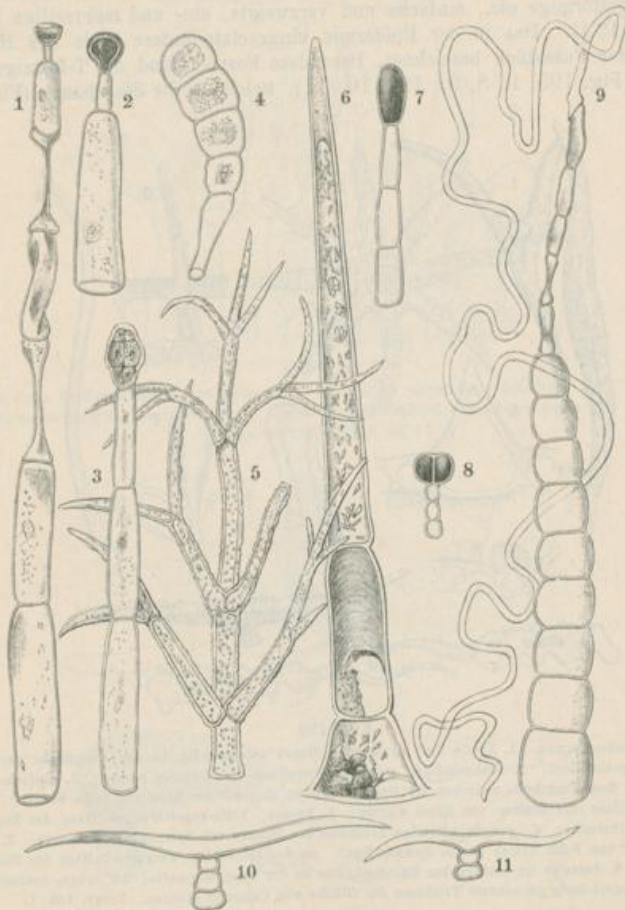


Fig. 194.

Trichomformen, mehrzellige. 1. und 2. Köpfchenhaare des Blattes von *Primula Sinensis* mit mehrzelligem Stiele und einzelligem Köpfchen. Bei 1. einzelne Zellen des Stiele und das Köpfchen collabirt; 3. Köpfchen- (Drüsen-) Haar des Blattes von *Hyoscyamus niger* mit mehrzelligem Stiele und Köpfchen; 4. keulenförmiges, mehrzelliges Haar des Blattes von *Eupatorium Ayapana*; 5. wirtelig-ästiges, an der Oberfläche warziges Trichom des Kelches von *Lavandula officinalis*; 6. grosses, kegelförmiges Haar des Blattes von *Xanthium spinosum* mit Kalkablagernungen in den Zellen, zum Theile in geschichteten Massen, cystolithen-förmig, zum Theile in Krystallen; 7. Köpfiges Haar mit mehrzelligem Stiele und einzelligem, eirundem Köpfchen des Blattes von *Pulmonaria officinalis*; 8. kurzes Drüsenhaar mit dreizelligem Stiele und zweizelligem, nierenförmigem Köpfchen des Blattes von *Broussonetia papyrifera*; 9. langes Haar mit dickem, vielzelligem Stiele und dünner, peitschenförmiger Endzelle des Blattes von *Petasites officinalis*. 10. u. 11. T-Haare der *Herba Absinthii*. Vergr. 140/1.

Hautwarzen, wenn spitz, Hautstacheln. Die meisten der als Warzen und Stacheln benannten Gebilde jedoch entstammen nicht lediglich der Oberhaut, sondern

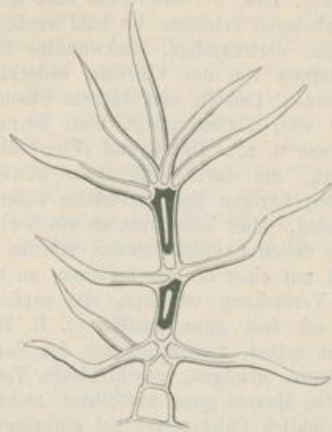


Fig. 195.

Wirtelig-ästiges, mehrzelliges Haar von *Verbascum phlomoides*. Vergr. 140/1.

an ihrer Bildung sind auch die darunter liegenden Gewebsschichten beteiligt, sie sind sogenannte Emergenzen.

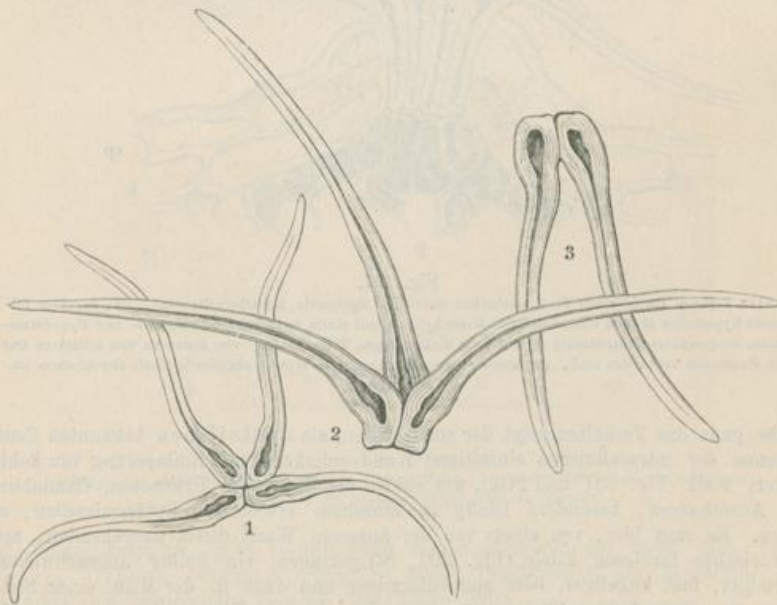


Fig. 196

Gebüschelte einzellige, dickwandige Haare von *Helianthemum vulgare*. Vergr. 420/1.

Als Inhalt führen die Zellen der Trichome im Allgemeinen in der Jugend reichlich Protoplasma, später klare, farblose oder gefärbte Säfte, nicht selten Gerbstoff, zuweilen Harz- und Oeltröpfchen, seltener geformte Bestandtheile (Chlorophyll, Kalkoxalat, Kalkcarbonat, Fig. 194, 6); zahlreiche sind luftführend.

Die Wand der verschiedenen Trichome ist bald wenig, bald mehr oder weniger stark verdickt (dünnwandige, derbwandige, dickwandige Haare etc.); ihre Aussenfläche ist gleich der Epidermis von der Cuticula bedeckt, sehr häufig mit Vorsprüngen in Form von Warzen, Leisten oder kleinen Stacheln versehen (pag. 575). Steife, dickwandige Haare oder Zotten pflegt man Borsten (setae) zu nennen (Asperifoliaceae, Cucurbitaceae u. a.). Der Grund (Fuss) der Haarbildung ist häufig von Oberhautzellen umgeben, die durch eine etwas abweichende (gewöhnlich einfachere) Form sich von den übrigen Epidermiszellen unterscheiden und gewöhnlich rosettenförmig angeordnet sind. Man bezeichnet sie als Nebenzellen des Trichoms. Nicht selten sind derartige Zellen (Asperifoliaceen, manche Compositen) an der dem Trichom zugekehrten Wand mit einer oft ansehnlichen, an kohlensaurem Kalk reichen und zugleich verkieselten Verdickung versehen, die zapfenartig in das Innere der Zelle vorspringt und es oft fast ganz ausfüllt (z. B. Blätter von *Lithospermum officinale*). Auch die Borsten selbst, namentlich aus den Familien der Asperifoliaceen, sind häufig mit einer farblosen, glasigen, geschichteten Verdickungsmasse versehen, welche, den oberen Theil des Haares ganz ausfüllend, mehr oder weniger weit nach abwärts herabreicht und reichlich Calciumcarbonat eingelagert enthält. Bei manchen springt im unteren Theile von einer Seitenwand eine zapfen- oder knollenförmige, geschichtete Verdickung in den retortenförmig erweiterten Theil des Haares vor,

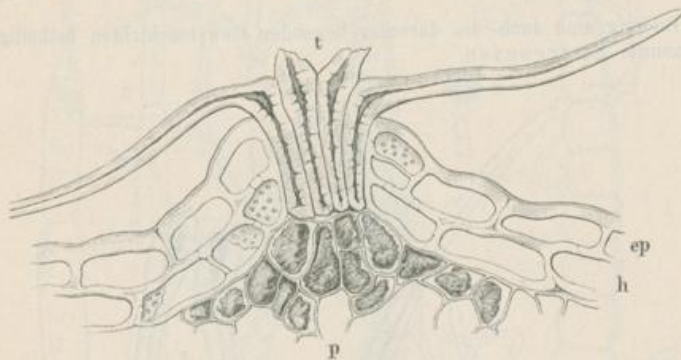


Fig. 197.

Folia Boldo. Partie eines Verticalschnittes durch die Epidermis der Oberseite (ep), das darunter folgende Hypodermis (h) und einen Theil des Mesophylls (p) mit einem zwischen die Epidermis- und Hypodermiszellen eingesenkten Haarbüschel (t) aus sehr dickwandigen Einzelhaaren, von denen an den mittleren nur die Fussheile vorhanden sind, der unter einem nahezu rechtem Winkel abgehende Theil abgebrochen ist.

Vergr. 300/1.

welche ganz das Verhalten zeigt der sonderbaren, als Cystolithen bekannten Combinationen der intracellularen einseitigen Wandverdickung mit Einlagerung von kohlensaurem Kalk (Fig. 201 und 202), wie sie bei den Moraceen, Urticaceen, Cannabineen und Acanthaceen, besonders häufig in einzelnen erweiterten Epidermiszellen, auftreten. Es ragt hier, von einem von der äusseren Wand direct ausgehenden, meist cylindrischen farblosen Stiele (Fig. 201, St) getragen, ein kolbig angeschwollener, eiförmiger, fast kugelig, oder spindelförmiger und dann in der Mitte einer Seitenfläche von einem kurzen Stiele getragener (Acanthaceen) Körper, der an seiner Oberfläche, in Folge reichlicher Einlagerung von Kalkkryställchen, voller Warzen erscheint, in den Zellraum hinein. In den kurzen Borsten auf den Blättern von *Broussonetia*

papyrifera (Fig. 202) sieht man oft zwei, selbst drei Stiele von verschiedenen Seiten der Innenwand entspringen und sich in einem gemeinschaftlichen Traubenkörper vereinigen. Nach Auflösung des Kalkes durch Behandlung mit Säuren bleibt ein geschichteter Körper zurück, welcher die Cellulosereaction zeigt.

Sehr häufig steht ein Trichom auf einer durch local stärkere Entwicklung des subepidermalen Gewebes bedingten Emportreibung (Emergenz). Es ist dies namentlich bei den oben als Borsten bezeichneten Formen der Fall, sowie bei den sogenannten Brennhaaren (Brennborsten), wie sie bei *Urtica*, *Loasa*-Arten etc. auftreten, steifen, einzelligen, aus retortenförmig erweitertem, in das vorgetriebene Gewebe eingesenktem Fusstheile kegelförmig verjüngten und an der Spitze knopfförmig abgerundeten Haaren, welche einen scharfen Saft (Ameisensäure?) enthalten, der beim Abbrechen der glasartig spröden Spitze in die entstandene Wunde eindringt.

Das Auftreten von Secreten in der Zellwand der Oberhaut, beziehungsweise der Trichome, insbesondere von ätherischen Oelen und Harzen, zuweilen von Schleim

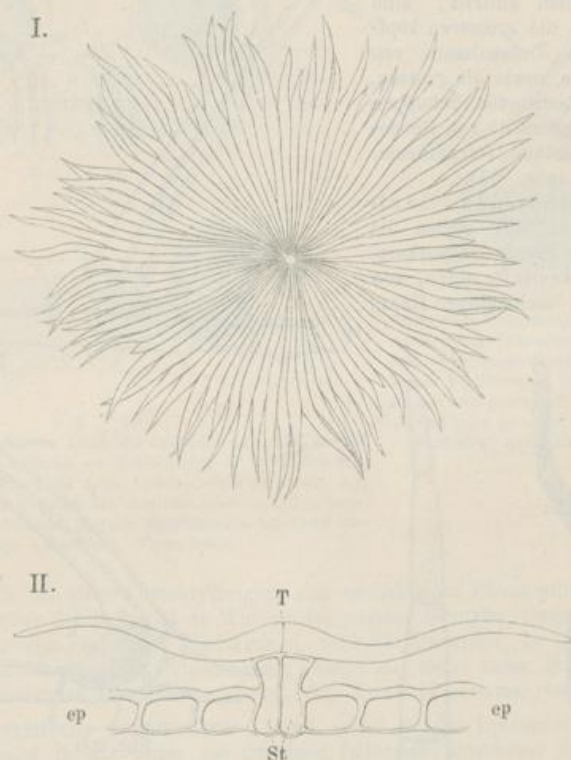


Fig. 198.

Schuppe der Blattunterseite von *Elaeagnus angustifolia*. I. von der Fläche; II. im verticalen Durchschnitte; *T* die Schuppe, *St* ihr Stiel, *ep* Oberhaut.

und Zucker begleitet, gibt Veranlassung zur Entstehung der unter dem Namen äussere Drüsen bekannten, von De Bary zweckmässig als Epidermis- oder Hautdrüsen bezeichneten Gebilde (Fig. 203—205).

Je nachdem das Secret in der freien Aussenwand der Zelle auftritt und zwischen ihr und der sie deckenden Cuticula sich ansammelt, diese letztere blasig emportreibend

(Fig. 203) oder aber, in den Wänden zwischen benachbarten Zellen zum Vorschein kommt, werden die Hautdrüsen als blasige und als Zwischenwanddrüsen unterschieden. Zu den ersteren gehören die fast immer köpfcientragenden Drüsenhaare, bei denen das kopfförmige ein- bis mehrzellige Ende das Secret liefert (Labiaten, Compositen u. a.); ferner die analog sich verhaltenden Drüsenzotten (Cannabis, Calendula) und Drüsen-schuppen (Labiaten, Compositen, Cannabineen etc.).

Die neueren Untersuchungen lehren, dass das Secret fast immer in der Zellwand auftritt, wahrscheinlich auch hier entsteht als Product der chemischen Metamorphose von Zellwandbestandtheilen. In dem Grade, als es an Masse zunimmt, hebt es die Cuticula empor, welche mitwachsend oder sich dehnend, zu einer das Secret enthaltenden Blase (Secretraum, Drüsenraum) anschwillt und oft schliesslich gesprengt wird.

Zwischenwanddrüsen (Fig. 204), bei welchen das Secret zwischen den einzelnen, die Drüse zusammensetzenden Zellen auftritt, sind unter anderen die grösseren köpfcientragenden Drüsenhaare von *Ledum palustre*, sowie die grossen, flachen, scheibenrunden Schuppen an der Blattunterseite von *Rhododendron chrysanthum, ferrugineum, hirsutum* etc. (pag. 64).

Secretführende Hautwarzen (Fig. 205) stellen die auf *Dictamnus Fraxinella* vorkommenden kurz-keulenförmigen, von einem kurzen, mehrzelligen Haare

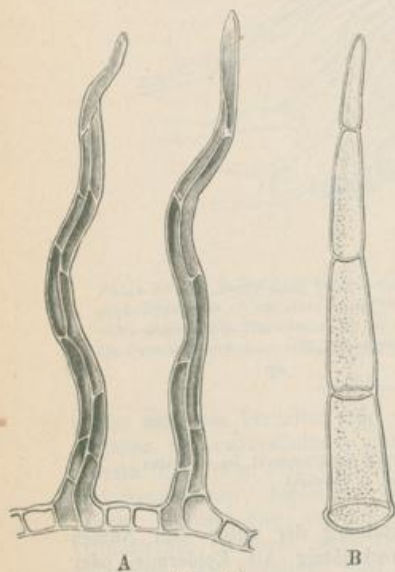


Fig. 199.
A Zotten der Unterseite des Blattes von *Ledum palustre*; B vierzelliges konisches Haar von *Folia Hyoscyami*. Vergr. 240/1.

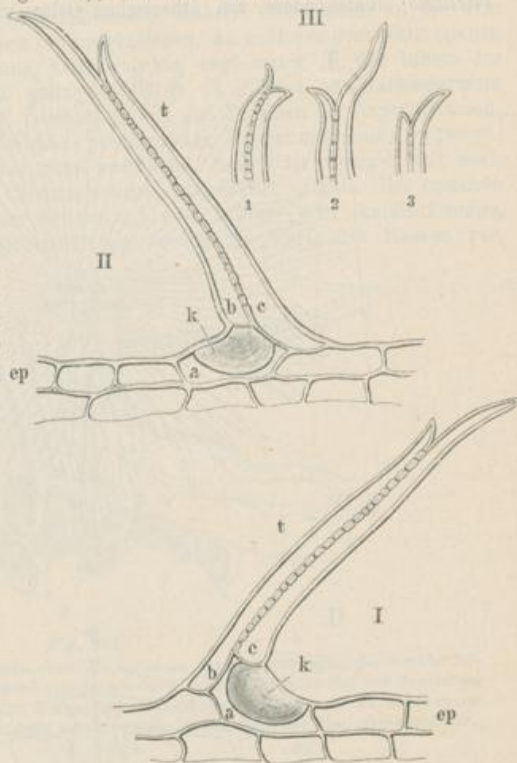


Fig. 200.

Eigenthümliche Trichome (t) auf dem Fruchtknoten von *Spiranthes oleracea*, aus drei Zellen zusammengesetzt, zwei gestreckten, der Länge nach aneinander gelegten, oben in eine mehr weniger sichelförmig gekrümmte Spitze endigenden (b, c) und einer kurzen, gerundet-kantigen Fusszelle (a), welche mit einem polsterförmigen, den grössten Theil der Zellenhöhlung einnehmenden Zellstoffballen (k) versehen ist. I. und II. zeigen die ganzen Trichome und ihren Ursprung aus der Epidermis (ep), III. die verschieden gestalteten Enden der Trichome. Dieselben sind an beiden Langzellen gleich (1) oder ungleich lang (2, 3); das letztere ist häufiger vorhanden.

Vergr. 210/1. (Vergl. pag. 50, Nr. 71.)

gekrönten Oeldrüsen dar. Das Oel tritt zuerst in Tröpfchen in den Zellen auf, welche den Körper dieser Gebilde zusammensetzen, mit Ausschluss der Epidermislage; mit seiner Zunahme werden die Zellmembranen aufgelöst und das Secret füllt schliesslich einen centralen Hohlraum aus.

Sogenannte Drüsenflächen entstehen, wenn die gewöhnliche Epidermiszelle selbst zur Secretzelle wird (Knospenschuppen von *Alnus*, *Betula* etc.). Sind zwischen den gewöhnlichen Oberhautzellen abweichend gebaute als Secretzellen eingeschaltet (bei *Sileneen* unter den Stengelknoten), so spricht man von Drüsenflecken. Hierher gehören auch die Drüsengrübchen an der Unterseite und auf den Randzähnen der Laubblätter von zahlreichen Gewächsen (z. B. *Salix*, *Prunus* pag. 74).

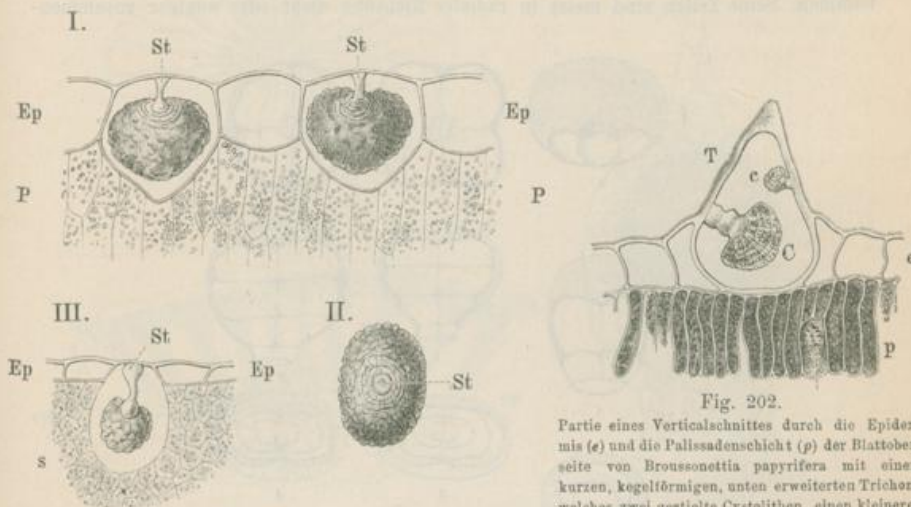


Fig. 201.

I. Partie eines Verticalsechnittes durch die Epidermis (Ep) und das Palisadenparenchym (P) des Blattes von *Urtica dioica*. St Cystolithen führende Epidermiszellen. II. ein von seiner Insertionsstelle abgelöster, aus der Zelle herausgefallener Cystolith. III. Gestielter Cystolith (St) in einer vergrößerten Zelle der Oberhaut (Ep) der Blattunterseite von *Ficus elastica*. s Mesophyll. Vergr. 250/1.

Fig. 202.

Partie eines Verticalsechnittes durch die Epidermis (e) und die Palisadenschicht (p) der Blattoberseite von *Broussonettia papyrifera* mit einem kurzen, kegelförmigen, unten erweiterten Trichom, welches zwei gestielte Cystolithen, einen kleineren (c) und einen grösseren (C) enthält. K morgensternförmige Kalkoxalatdrüse. Vergr. 250/1.

B. Kork. An älteren, mehrjährigen, sich verdickenden Pflanzentheilen, an ober- und unterirdischen Stämmen und an Wurzeln der meisten Dicotylen, Gymnospermen und einigen Monocotylen, selten an Blattorganen, wird die Epidermis, da sie dem Dickenwachsthum der Theile nicht folgen kann, durch ein meist unter ihr entstehendes, sich stets erneuerndes Hautgewebe ersetzt, den Kork (Periderma, vergl. pag. 218).

Die Korkbildung nimmt ihren Anfang selten in der Epidermis (z. B. *Salix*, *Pomaceen*), meist in der unter der Oberhaut folgenden äussersten Zellschicht des Grundgewebes, indem die betreffenden Zellen (Initialzellschicht) durch eine tangential (perikline) Scheidewand in zwei Tochterzellen getheilt werden, von denen die äussere zur Dauerzelle und, indem sie verkorkt, zur Korkzelle wird, während die innere sich von Neuem in zwei Tochterzellen theilt, deren äussere wieder zur Korkzelle, die innere zur neuen Korkmutterzelle wird. So kommen verschieden starke radiale (also nicht im Verbands stehende) Korkzellreihen (Fig. 206, 207) zu Stande, von denen jede nach einwärts zu, am Rande des Grundgewebes, mit einer in Theilung begriffenen, also meristematischen Zelle abschliesst. Diese meristematischen Zellen bilden in ihrer Vereinigung eine perifer, unter der Korksicht gelegene, meist einfache Zelllage,

ein Folgermeristem, das Phellogen (Kork-Cambium*) (Fig. 206, 2, *Ph*). Dasselbe folgt der Umfangszunahme des betreffenden Theiles durch senkrecht zur Oberfläche gerichtete (antikline) Theilungswände seiner Elemente, wodurch die Zahl derselben und somit auch jene der aus ihnen resultirenden Korkzellen vermehrt wird.

Nach der Stärke der gebildeten Korkschichten und der Beschaffenheit der sie zusammensetzenden Zellen werden aus wenigen (2–3) Lagen gewöhnlich nur flacher Elemente gebildet, an der Oberfläche glatte Korkhäute, und aus mehr oder weniger breiten Zonen von weiten und weichen Zellen, welche jahresringähnlich mit schmalen Schichten von Plattenzellen wechseln, zusammengesetzte massige, an der Oberfläche tief der Länge nach gefurchte oder zerklüftete Korkkrusten unterschieden.

Der Kork setzt sich aus in lückenloser Vereinigung befindlichen Zellen zusammen. Seine Zellen sind meist in radialer Richtung mehr oder weniger zusammen-

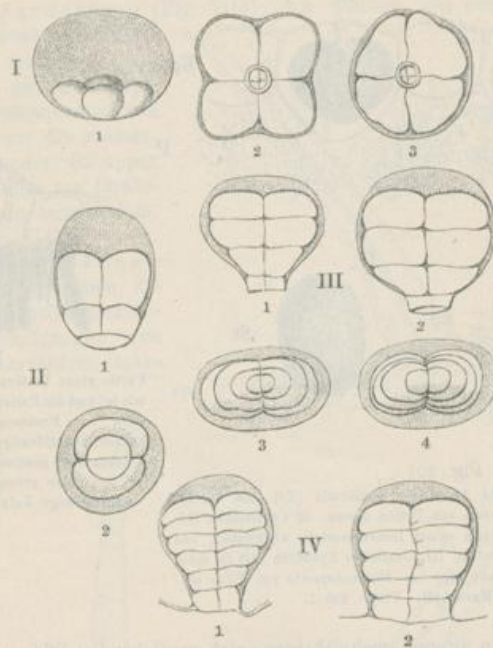


Fig. 203.

Formen blasiger Hautdrüsen: I. der Blumen von *Lyperia crocea* mit vier Secretzellen, 1. in der Seitenansicht, 2. und 3. in der Flächenansicht; II. des Blattes von *Mikania pubescens* in der Seiten- (1) und Flächenansicht (2); III. der Blüthen von *Chrysanthemum cinerariaefolium* in der Seiten- (1, 2) und Flächenansicht (3, 4); IV. von *Flores Chamomillae vulgaris*. Vergr. 350/1.

gedrückt, daher im Ganzen tafelförmig (Plattenkork, Lederkork, Periderm im engeren Sinne, Fig. 206, *k*), in manchen Fällen fast isodiametrisch oder im radialen Durchmesser etwas gedehnt (*Quercus Suber*, *Ulmus suberosa*, *Acer campestre* etc., Schwammkork, Fig. 207, II, vergl. auch pag. 219), von der Fläche gesehen (Fig. 206, 1) vier- bis sechsseitig mit dünner, gerader oder wellig-verbogener oder mit mehr oder weniger stark verdickter Zellwand (Fig. 207, I, *P*), wobei die Verdickung eine ringsum gleichmässige ist (*Boswellia*, *Fagus*) oder eine ungleichmässige, so dass entweder die

*) Der sogenannte Wundkork kann an verletzten lebenden Pflanzentheilen unter den absterbenden Elementen der Wundfläche aus den verschiedensten Geweben sich bilden durch ein dem Phellogen gleichwerthiges Folgermeristem, welches so lange Korkzellen producirt, bis die Wundfläche geschlossen ist.

Innenwand oder die Aussenwand stärker verdickt und oft von deutlichen Tüpfelcanälen durchsetzt erscheint (Beispiele für das Erstere: *Salix*, *Zanthoxylum*, für das Letztere: *Viburnum*). Nicht selten wechseln bei Rinden concentrische Schichten von dünnwandigen und von verdickten Zellen ab (vergl. pag. 443, Fig. 118) oder auch solche von radial gestreckten Tafelzellen mit weiteren.

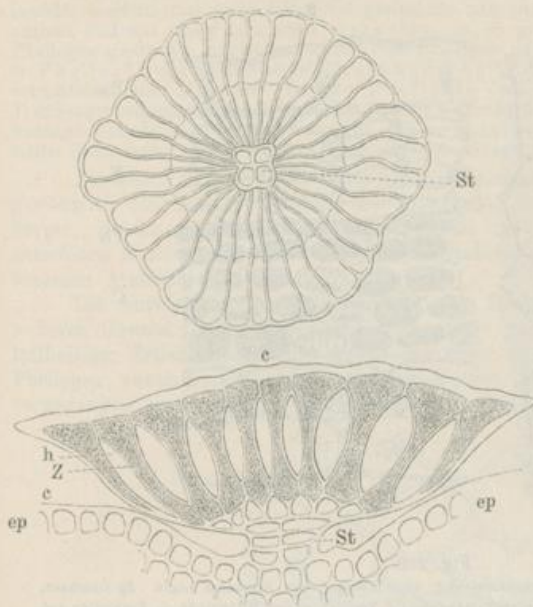


Fig. 204.

Oben: scheibenförmige Zwischenwanddrüse der Blattunterseite von *Rhododendron ferrugineum*, von unten gesehen; unten: von *Rhododendron hirsutum* im verticalen Durchschnitte. *St* der mehrzellige Stiel, *c* Cuticula, *Z* Zellraum, *h* Secretorium, *ep* Oberhaut.

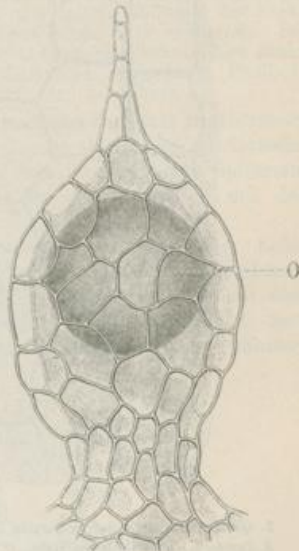


Fig. 205.

Aetherisches Oel (*O*) führende Hautwarze des Blütenstengels von *Dictamnus Fraxinella*.

Vergr. 240/1.

Meist lassen sich an der Korkzellenwand drei Schichten unterscheiden, und zwar eine die Zellhöhle unmittelbar umgebende, nach von Höhnel (1877) manchmal aus reiner, meist aber aus verholzter Cellulose bestehende Innenschicht, eine nach Aussen folgende verkorkte, neben Suberin (pag. 580) auch Zellstoff führende Schicht (Suberinlamelle) und eine äussere, zwei anstossenden Zellen gemeinsame, aus stark verholzter Cellulose bestehende, selten zum Theil verkorkte Schicht (Mittellamelle, Aussen- oder Grenzsicht, Intercellularsubstanz). Bei manchen Korkzellen (dünnwandigen) fehlt die Innenschicht (Celluloseschicht). Nach Gilson (1890) dagegen enthält die Suberinlamelle, wenigstens im Kork von *Quercus* Suberin und von *Ulmus suberosa* keine Cellulose; nach vorausgegangener Behandlung mit Kalilauge färbt sie sich mit Chlorzinkjod nicht blau, sondern roth-violett, welche Reaction durch das gebildete phellonsaure Kalium bedingt sein soll (pag. 580).

Als Inhalt führen die Korkzellen Luft, zumal die dünnwandigen, häufig, besonders die dickwandigen, eingetrocknete, gelbe oder rothbraune, meist auf Gerbstoff reagirende, formlose Inhaltmassen (Phlobaphene), bisweilen Krystalle (Drusen, Nadeln) von Kalkoxalat.

Neben dem oben beschriebenen Vorgange der die Oberfläche des betreffenden Pflanzentheiles bedeckenden Korkbildung (Oberflächenkork, Oberflächenperiderm) kommt bei sehr vielen Holzgewächsen eine solche vor, die in tieferen Schichten des Rindenparenchyms oder selbst (Wurzeln von Dicotylen und Gymnospermen) in den Gefäss-

bündeln angehörenden Gewebsschichten (Pericambium, rhizogene Schicht) ihren Anfang nimmt (inneres Periderm). Indem die ausserhalb solcher Peridermschichten belegenen Gewebe absterben, kommt es zur Bildung der Borke (pag. 218), welche man als Ringelborke (sich ringsum den Stamm ablösend) und Schuppenborke (sich in schuppenförmigen Stücken abgliedernd) unterscheidet.

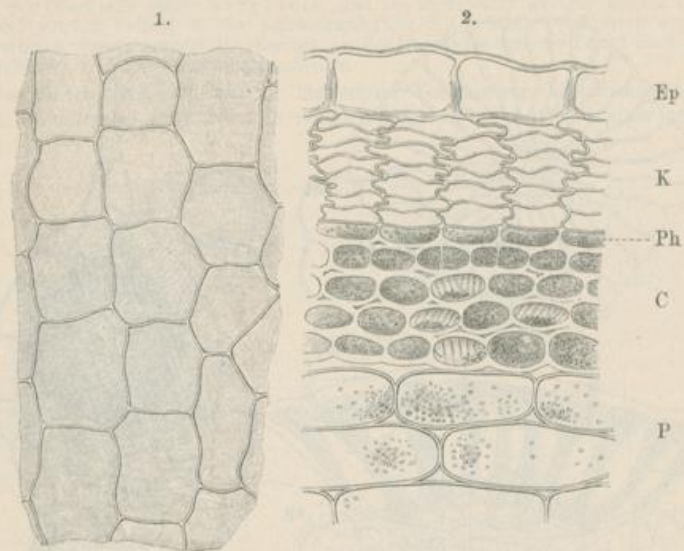


Fig. 206.

2. Querschnittspartie der äussersten Gewebsschichten eines Zweiges von *Sambucus nigra*. *Ep* Oberhaut, *K* Periderm, *Ph* Phellogenschicht, *C* Collenchymgewebe, *P* Parenchym der Mittelrinde. 1. Korkzellen von der Fläche gesehen. Vergr. 200 / 1.

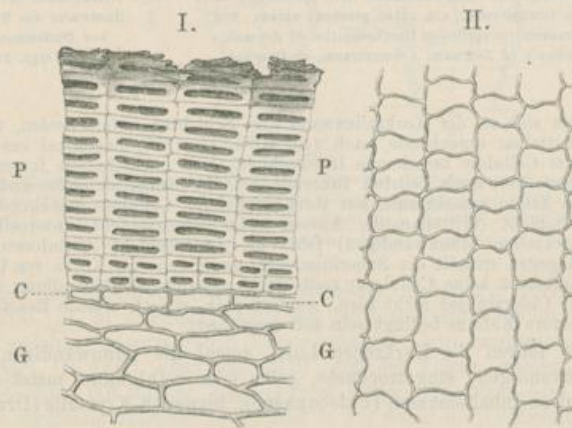


Fig. 207.

I. Querschnitt durch die Korkschicht (*P*), das Phellogen (*C*) und die darunter folgende Parenchymlage (*G*) eines Zweiges von *Citrus Laburnum*. II. Querschnitt durch den Kork von *Quercus Suber* (Bottleilkork). Vergr. 240 / 1.

Die Ringelborke bildet an manchen Gewächsen Fasern oder Fasernetze (Faserborke, z. B. bei *Clematis spec.*; Netzborke, z. B. bei *Broussonetia*). Ist die Borke so reich an Sklerenchymelementen, dass ihnen gegenüber die dünnwandigen Zellen zurücktreten, die Borke daher fast nur aus Sklerenchym besteht (bei zahlreichen Baumrinden), so spricht man von Steinborke (Steinkork).

v. Höhnel (1877) hat gezeigt, dass der Kork nicht immer aus verkorktem Gewebe besteht, sondern dass nicht selten ein geringerer oder grösserer Theil derselben kein Suberin enthält und nur wenig oder stark verholzt, ja in gewissen Fällen fast die ganze vom Phellogen producirt Korkmasse unverkorkt ist. Diese unverkorkten Peridermschichten nennt er Phelloide und unterscheidet Trennungspelloide (die leichte Ablösung der Borke vermittelnd) und Massen- (Ersatz-) Phelloide (den eigentlichen Kork ersetzend). Die Trennungspelloide werden weiter als passive (Korkzellen dickwandig, Phelloidzellen dünnwandig: *Philadelphus*, *Myrtus*, *Boswellia* etc.) und active (Korkzellen dünnwandig, Phelloidzellen dickwandig: *Abies excelsa*, *Pinus silvestris*, *Pinus Larix* etc.) bezeichnet.

Als Lenticellen (Rindenhöckerchen) bezeichnet man dem Periderm angehörende, gewöhnlich über seine Oberfläche hervorragende, im Ganzen linsenförmige Gewebkörper, welche unter Spaltöffnungen entstehen und in dem an Stelle der Epidermis getretenen Korke deren Function (Communication der inneren Gasräume mit der äusseren Atmosphäre) leisten.

Die entwickelte Lenticelle besteht der Hauptmasse nach aus einem meist lockeren Gewebe (Füllgewebe) rundlicher, dünn- und braunwandiger, abgestorbener, lufthaltiger Zellen (Füllzellen), welche aus einer zu innerst gelegenen und mit dem Phellogen zusammenhängenden meristematischen Schicht (Verjüngungsschicht) hervorgegangen sind. Dieselbe Schicht erzeugt in den meisten Fällen zeitweise während

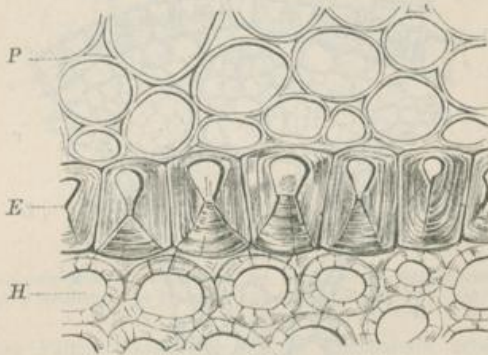


Fig. 208.

Querschnittsparte aus der rothen Jamaica-Sarsaparilla. P Rindenparenchym, E Endodermis, H Aeusserste Schicht des Holzringes. Vergr. 420/1.

der Vegetationsperiode ein dichteres Gewebe in einfachen oder mehrfachen Lagen, dessen Zellen gleich den Füllzellen Korkzellen sind, welche zwar enge an einander schliessen, aber doch kleine Interzellularen zwischen sich lassen (Klebahn 1883), sogenannte Zwischenstreifen (z. B. *Alnus*, *Betula*, *Aesculus* etc.). Durch die im Frühling gebildeten Füllzellen wird der letzte Zwischenstreifen (Verschlusschicht) des Vorjahres emporgewölbt und gesprengt, dann wird ein neuer Zwischenstreifen oder werden im Laufe des Jahres mehrere solche, abwechselnd mit Füllzellenschichten, gebildet; der letzte im Herbste entstandene Zwischenstreifen ist dann die Verschlusschicht dieses Jahres. In selteneren Fällen wird das Füllgewebe der Lenticellen aus enger verbundenen Elementen gebildet; Zwischenstreifen fehlen (z. B. bei *Sambucus*, *Evonymus* u. a.).

II. Das Grundgewebe besteht in der Regel der Hauptmasse nach, je nach dem Pflanzentheile, aus einer oder aus mehreren Formen von Parenchym (Grundparenchym, Füllgewebe Sachs) mit luffterfüllten Interstitien, in welches sehr häufig einzelne zerstreute, zu Nestern, Strängen oder Schichten vereinigte Steinzellen eingetragen sind, sehr oft auch Krystallschläuche, nicht selten Oelzellen, Milchsaftgefäße, Gerbstoffschläuche etc.; zuweilen enthält es secretführende Intercellularräume.

Perifere Schichten des Grundgewebes sind oft als mehr oder weniger mächtiges Collenchym (pag. 597) entwickelt, oft auch, wie in zahlreichen Pericarprien, zu einfachen oder mehrfachen Sklerenchymlagen; zuweilen enthalten sie isolirte oder zu Strängen vereinigte prosenchymatische, bastzellenartige Elemente.

Vielfach werden solche unmittelbar unter der Epidermis liegende, zu ihr in Beziehung stehende Partien des Grundgewebes als Hypoderma bezeichnet, während man an das Stranggewebe unmittelbar grenzende, sehr häufig zu einer ganz eigenthümlichen, die Gefässbündel umgebenden Gewebsschicht sich ausbildende Theile des Grundgewebes als Endodermis (Schutzscheide, Strangscheide) benennt.

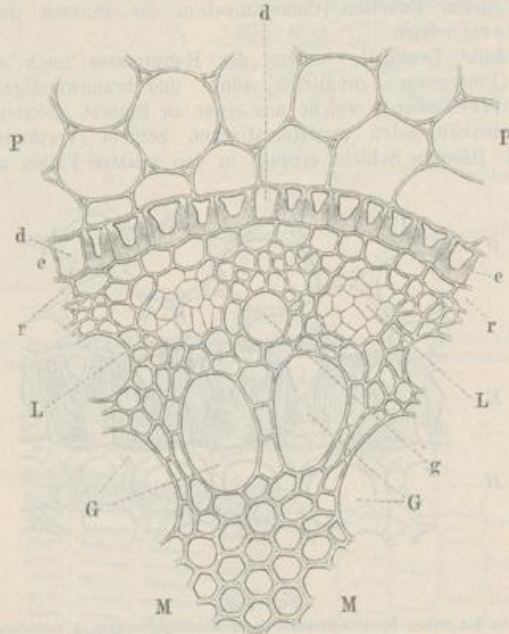


Fig. 209.

Querschnittspartie aus der Nebenwurzel von *Iris Germanica*. P Grundparenchym; ee Endodermis aus einseitig nach innen stark verdickten Elementen, dazwischen eingeschaltet einzelne dünnwandige Zellen (d Durchgangszellen); rr Pericambium; LL Phloemtheile des Gefässbündels; g engeres, älteres Gefäss; GG weiträumige spätere Gefässe; MM Markgewebe. Vergr. 240/1.

Die Endodermis (Fig. 208, 209, 211—213) ist eine einfache Zellschicht, welche entweder die einzelnen Gefässbündel oder ganze Gefässbündelstränge umschliesst und sich von den angrenzenden Gewebsformen, theils des Grundgewebes, theils der Gefässbündel, durch die Form, Grösse, Beschaffenheit der Wandung und des Inhaltes der sie zusammensetzenden Zellen unterscheidet.

Dieselben sind im Sinne der Längsachse des Pflanzentheiles gestreckt (Fig. 62, E) mit zu den Längswänden verticalen oder schräg gestellten Querwänden, am Quer-

schnitte in der Regel vierseitig (quadratisch oder rechteckig). Ihre Membran ist mehr oder weniger verkorkt, bald dünn (bei Farnen, Dicotylen, vielen monocotylen Wurzelstöcken, Fig. 211, 212, 213 *E*) bald mehr oder weniger verdickt, und zwar entweder gleichmäßig oder ungleichmäßig stärker an der inneren Tangentialwand und den radialen Wänden (bei Monocotylen, selten bei Dicotylen. Beispiele: Radix Sarsaparillae Fig. 208, *E*, Radix Iridis Fig. 209, *E*, Radix Graminis, Caricis arenariae etc., vergl. pag. 310 *), welche lückenlos zusammenschliessen. Diese letzteren zeigen bei dünnwandiger Endodermis oft eine feine wellige Querfaltung, welche auf dem Querschnitte durch einen schwarzen Punkt oder Schatten zur Erscheinung kommt (Fig. 211, 212, 213, *e*) und dadurch veranlasst ist, dass an den radialen Wänden nur ein schmaler Längsstreifen verkorkt, die anderen Partien der Zellwand unverkorkt sind.

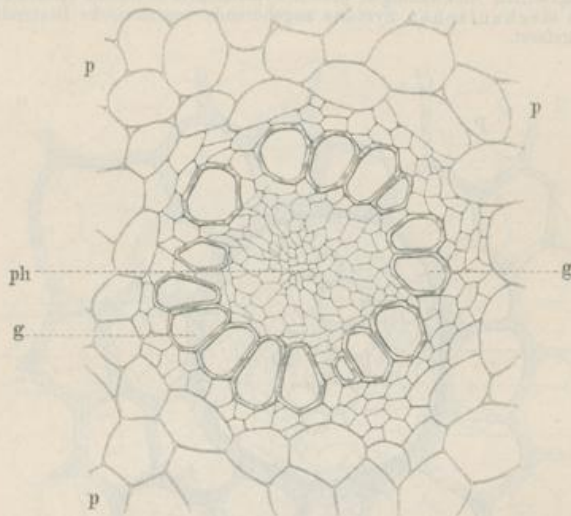


Fig. 210.

Querschnitt durch ein concentrisches Gefässbündel und das umgebende Grundparenchym (*pp*) aus Radix Acori. *g* Gefässheil, *ph* Phloemheil des Gefässbündels. Vergr. 240/1.

In zahlreichen Fällen lassen sich an der Endodermis neben den typischen verkorkten oder stark verdickten vereinzelt oder in Längscomplexen vereinigte, an den Tangentialwänden unverkorkte, respective unverdickte Elemente, sogenannte Durchgangszellen (für die Stoffleitung) nachweisen (Fig. 209, *d*). Auf dem Querschnitte der Wurzel entsprechen sie in ihrer Lage den Gefässplatten (pag. 622), indem sie den äussersten engen Gefässen derselben (den Erstlingen oder primordiale Gefässen) gegenüber liegen. Bei den Laubblättern der Orchideen und Bromeliaceen liegen sie zwischen den Phloem- und Xylemsträngen.

Zuweilen erfährt die Endodermis eine Verstärkung durch Verdickung benachbarter Rindenzellwände, während die Endodermiszellen dünn bleiben (typisch für Farne), durch Verdickungsleisten an den benachbarten Rindenzellen und durch über den Phloemsträngen localisirte Bastbelege (Wurzel von Lauraceen) etc. (vergl. Schwendener Ber. d. d. bot. Ges. I. 48).

III. Gefässbündel (Fibrovasalbündel). Wesentlich aus Siebröhren und Tracheen, respective Tracheiden, begleitet von prosenchymatischen und parenchymatischen

*) R u s s o w spricht bei gleichmäßig verdickten Zellen der Schutzscheide von O-Scheiden, bei ungleichmäßig verdickten von C-Scheiden.

Gewebsformen bestehende strangförmige Gewebkörper, welche bei den Gefässkryptogamen und Phanerogamen alle Theile des Pflanzenkörpers als zusammenhängendes System durchziehen.

Tracheen und Tracheiden, begleitet von Parenchym, sehr oft auch von Libriform (pag. 586), bilden den Gefässstheil (Xylem-, Holztheil) des Gefässbündels, Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Parenchym, sehr oft auch mit Bastzellen (pag. 586), den Siebtheil (Phloëm-, Basttheil) des Gefässbündels.

Gefäße und Tracheiden, die wasserleitenden Elemente einerseits, Siebröhren und Cambiform, die der Leitung der Eiweißstoffe dienenden Organe andererseits, sind die wesentlichen Theile des Gefässbündels. Vom physiologischen Standpunkte aus bezeichnet man die Vereinigung der eiweißleitenden Elemente als Leptom, jene der wasserleitenden als Hadrom und Leptom und Hadrom vereinigt als Mestom (Gefässbündel). Die dem Leptom, respective Hadrom oft beigesellten dickwandigen prosenchymatischen Elemente (Bastzellen, Libriform) werden als dem mechanischen Systeme angehörnde accessorische Bestandtheile des Gefässbündels aufgefasst.

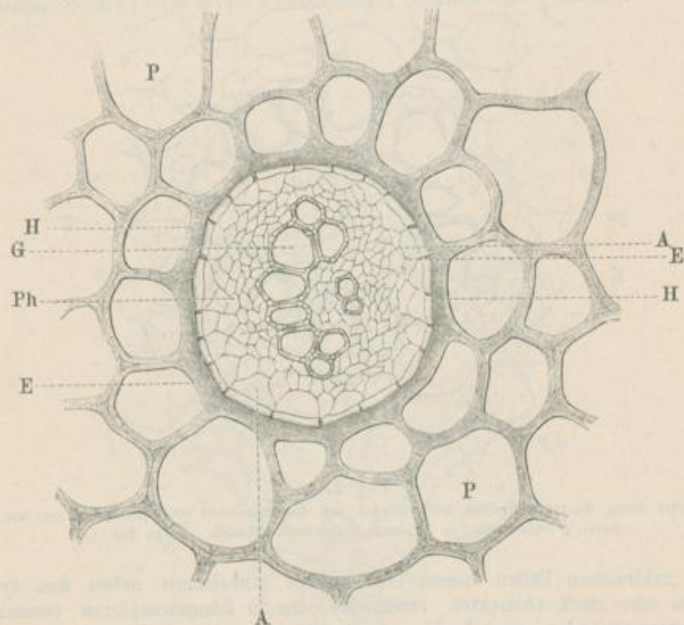


Fig. 211.

Querschnitt durch ein concentrisches Gefässbündel von Radix Polypodii. P Grundgewebe, H Verstärkungsscheide, E Endodermis, A Vorscheide, Ph Phloemtheil, G Xylemtheil des Gefässbündels. Vergr. 230/1.

Die Gefässbündel gehen aus dem Procambium (Cambium) in der pag. 594 angegebenen Weise hervor. Je nachdem das ganze Procambiumbündel sich in Dauergewebe umwandelt oder noch ein Theil desselben im Zustande des Meristems (Cambium) verbleibt, werden die Gefässbündel als cambiumlose (geschlossene) und cambiumführende (offene) unterschieden. In den Letzteren werden durch die Thätigkeit des Cambiumtheiles auch weiterhin noch Dauergewebe producirt, einerseits Xylem, andererseits Phloëm und auf diese Art der betreffende Theil der Pflanze (Stamm, Wurzel) verdickt, während in den geschlossenen Gefässbündeln jede weitere Neubildung erlischt.

Geschlossene Gefässbündel kommen bei Gefässkryptogamen und Monocotylen vor, nur ausnahmsweise bei Dicotylen in Stamm und Wurzel, während die Blatt-

organe geschlossene Gefäßbündel haben oder wohl offene, deren Thätigkeit aber bald erlischt.

Nach der relativen Lage des Sieb- und Gefäßtheiles werden drei Typen oder Formen der Gefäßbündel unterschieden: das concentrische, radiale und collaterale Gefäßbündel.

Dabei ist zu bemerken, dass vielfache Uebergänge der einen in die andere Form vorkommen, ja selbst ein und dasselbe Gefäßbündel an verschiedenen Punkten seines Verlaufes, sowohl in Bezug auf relative Lage, wie auf Zusammensetzung der beiden Abschnitte Abweichungen bieten kann, abgesehen davon, dass selbstverständlich die Stärke dieser beiden Abschnitte, die Zahl der sie zusammensetzenden Formelemente, deren specielle Entwicklung etc. verschieden ist in den Hauptsträngen, in ihren Aesten und Endigungen. Letztere schrumpfen z. B. in den Blättern bis auf einzelne Tracheiden oder zarte Stränge von Siebröhren und Cambiformzellen zusammen (vergl. pag. 626).

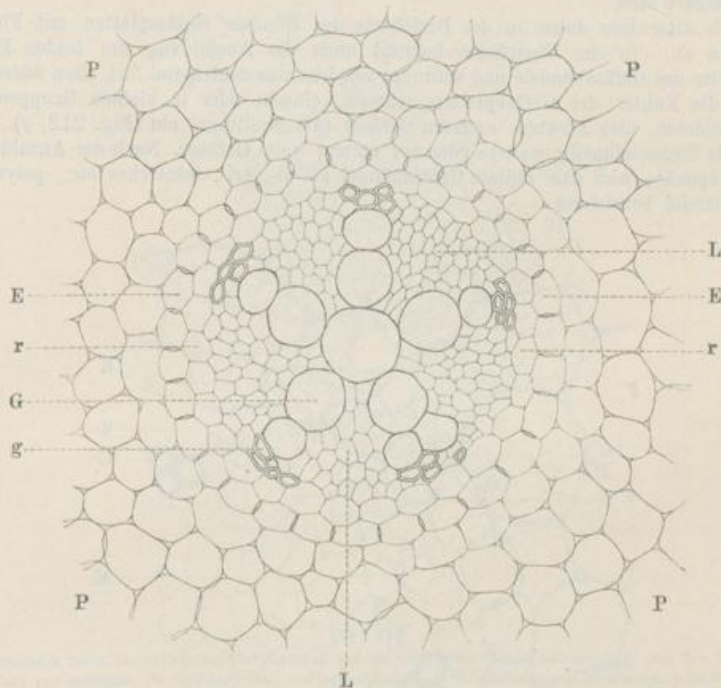


Fig. 212.

Querschnittspartie aus der Wurzel von *Allium Ceps*, P Grundparenchym, E Endodermis, g Erstlingsgefäße, G weiträumige Gefäße, r Pericambium, L Siebröhrentheile des radialen Gefäßbündels. Vergr. 110/1.

Vom anatomisch-physiologischen Gesichtspunkte aus werden solche nur aus wasserleitenden oder nur aus eiweißleitenden Formelementen bestehende Stränge als einfache Leitbündel von den zusammengesetzten Leitbündeln (Mestom, s. oben) unterschieden. Nur aus Cambiform und Siebröhren bestehende zarte Stränge (einfache Leptomstränge) finden sich, isolirt verlaufend, neben gewöhnlichen Gefäßbündeln in Blüthenschäften, in den äusseren Partien des Stengelmarkes von Solanaceen, Campanulaceen, Cichoriaceen, im Parenchym der Rinde bei Cucurbitaceen etc. (vergl. Haberlandt, pag. 229).

1. Concentrisches Gefäßbündel. Dieser primärste Gefäßbündeltypus, von dem die beiden anderen abzuleiten sind (Fig. 211), zeigt in den meisten Fällen den Gefäßtheil ringsum eingeschlossen vom Siebtheil, so bei Farnen und einigen

Dicotylen, seltener (Fig. 210), wie im Wurzelstocke von *Iris*, *Acorus*, *Carex arenaria* und anderer Monocotylen, den Siebtheil umgeben vom Gefäßtheil.

Der Querschnitt concentrischer Gefäßbündel ist gewöhnlich elliptisch, kreisrund oder eirund, nicht selten, wie bei Farnen, sehr mannigfach gestaltet: gerundet oder ausgeschweif-kantig, gebuchtet, nierenförmig, U-förmig etc. Der Siebtheil ist hier aussen von einer meist einfachen, Stärkemehl führenden Parenchymschicht (Vorscheide, Phloëmscheide, Fig. 211, A) und diese von der dünnwandigen, oft zusammengedrückten Endodermis (E) umgeben, an welche nach aussen die häufig mit stärker verdickter, an die Endodermis anstossender Wand versehene Verstärkungsscheide H (vergl. auch pag. 307) des Grundgewebes folgt.

2. Radiales Gefäßbündel. Diese Form zeigt am Querschnitte, der meist kreisrund ist (Fig. 212), den Gefäßtheil gewöhnlich in mehrere radiale Streifen, sogenannte Gefäßplatten (G), aufgelöst, zwischen welchen ebensoviele Siebtheile (L) gelagert sind.

Es alterniren daher in der Peripherie des Bündels Gefäßplatten mit Phloëmsträngen ab. In der Peripherie beginnt auch die Ausbildung der beiden Hauptabschnitte des Gefäßbündels und schreitet von hier aus centripetal fort. Den äussersten Theil (die Kante) der Gefäßplatten nehmen, einzeln oder in kleinen Gruppen, die erstgebildeten, also ältesten, engsten Gefässe (die Erstlinge) ein (Fig. 212, g). Nach einwärts folgen allmählig weitere oder auf einmal weite Gefässe. Nach der Anzahl jener Anfangspunkte wird das radiale Gefäßbündel als di-, tri-, tetrarches etc., polyarches Gefäßbündel bezeichnet.

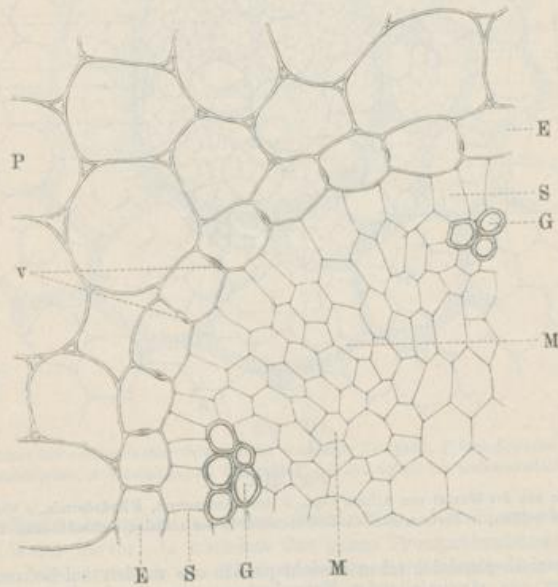


Fig. 213.

Querschnittepartie aus einem Knöllchen von *Ranunculus Ficaria*. P Grundparenchym, E Endodermis, mit den dunklen Stellen (v) an den radialen Zellwänden, S Pericambium, G Gefäßgruppen, M Phloemgewebe. Vergr. 420/1.

Radiale Gefäßbündel finden sich mit wenigen Ausnahmen in allen dünnen Wurzeln. Bei fast allen Dicotylen ist das ursprüngliche Gefäßbündel oligarch, meist zwei-, drei-, vier-, seltener sechs- bis achtstrahlig, bei Monocotylen meist vielstrahlig (bis fünfzigstrahlig und selbst darüber).

Die Gefässplatten vereinigen sich entweder im Centrum der Wurzel, welches, wie z. B. bei *Allium* (Fig. 212), von einem besonders weiten Gefässe eingenommen wird, oder das Centrum enthält ein parenchymatisches Gewebe (Mark). Zwischen den Gefässplatten und den Siebtheilen ist eine gewöhnlich zwei Zellreihen betragende Schicht dünnwandiger Elemente eingeschoben (pag. 625), welche sich eventuell auch einwärts zwischen die Gefässplatten fortsetzt, das sogenannte Verbindungsgewebe (*tissu conjonctiv*, Van Tieghem). Zuweilen füllt dickwandiges Prosenchym den Raum zwischen den Strahlen, seltener kommen nach aussen gewölbt vorspringende, am Querschnitte halbmond- oder sichelförmige Gruppen solcher Gewebeelemente an der Aussenseite der Phloëmbündel vor (*Papilionaceen*, z. B. *Phaseolus*).

In der Peripherie des radialen Gefässbündels, dasselbe umschliessend, findet sich eine ununterbrochene oder aber durch die bis zur Endodermis vorgeschobenen

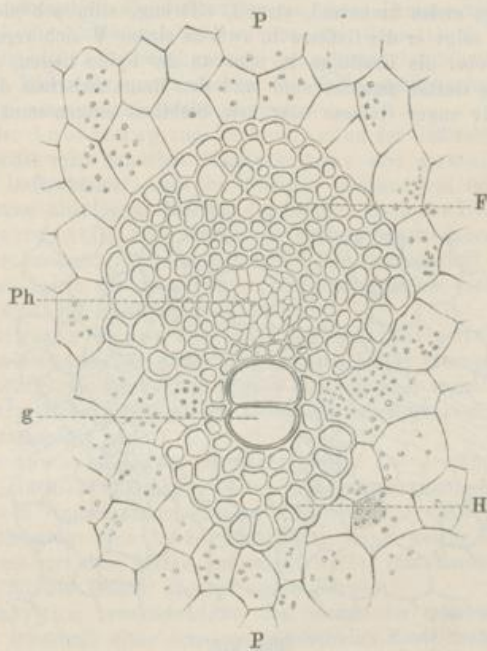


Fig. 214.

Querschnitt durch ein collaterales Gefässbündel und das umgebende Grundparenchym (F) aus dem Blattstiele von *Strelitzia*. Ph Siebröhrentheil des Gefässbündels, P Phloëmfasern, H Holzfasern, g Gefässe. Vergr. 240/1.

Kanten der Gefässplatten unterbrochene, meist einfache Schicht dünnwandiger Parenchymzellen, das sogenannte Pericambium (Fig. 212, *r*), aus welchem bei Phanerogamen die Seitenwurzeln entspringen (daher auch rhizogene Schicht, Van Tieghem). Auf der Aussenseite ist das Pericambium von der bald dünnwandigen, bald dickwandigen Endodermis (Fig. 212, 213, *E*) umgeben.

3. Das hauptsächlich für den Stamm und Stengel und für das Laub der Phanerogamen charakteristische collaterale Gefässbündel (Fig. 214) hat die beiden Hauptabschnitte so gelagert, dass der Gefässstheil dem Centrum, der Siebtheil der Peripherie zugekehrt ist.

In Folge dieser Orientierung liegen an den am Querschnitte zu einem Ringe vereinigten Gefässbündeln der normal gebauten Dicotylen und Gymnospermen alle

Gefäßtheile in einer zunächst das Mark umgebenden Kreis- oder Ringzone, Holzring (Holzkörper), alle Siebtheile in einer zu dieser concentrischen, aussen angrenzenden Ringzone, Bastring (Bast, Innenrinde, vergl. pag. 215). Die gleiche Orientirung findet sich auch in der Regel im Stamme der Monocotylen und in Blattorganen mit um eine bündelfreie Mitte gestellten Gefäßbündeln; wo dies nicht der Fall ist, ist der Siebtheil der morphologisch unteren, der Gefäßtheil der oberen Blattfläche zugekehrt.

In manchen Fällen (Cucurbitaceen, Solanaceen, Apocynaceen) findet sich ein zweiter Siebtheil auf der axilen Seite des Gefäßtheiles, so dass also dieser in radialer Richtung zwischen zwei Siebtheilen liegt. Diese Unterform des collateralen Gefäßbündels bezeichnet man als bicollaterales.

Der Bau des collateralen Gefäßbündels zeigt eine grosse Mannigfaltigkeit. Sein Querschnitt ist meist kreisrund, eirund, eiförmig, elliptisch oder keilförmig. Bei vielen Monocotylen zeigt er die Gefässe in zwei zu einem V sich vereinigenden Hauptreihen geordnet, wobei die Erstlinge in oder an der Spitze liegen, die Schenkeln durch je ein weites Gefäß markirt sind und der Raum zwischen den Schenkeln von einer Gruppe relativ enger Gefässe oder vom Siebtheil eingenommen wird.

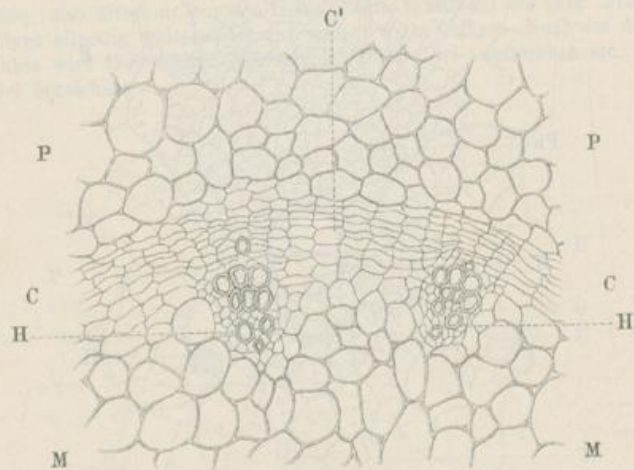


Fig. 215.

Querschnittsparte aus Radix Asari. PP Parenchym der Rinde, CC Cambiumring, C' interfasciculares Cambium, HH Xylemtheil der Gefäßbündel, MM Markparenchym. Vergr. 400/1.

In den collateralen Gefäßbündeln des Stammes der Dicotylen und Gymnospermen entwickelt sich frühzeitig Reihencambium (pag. 595), weshalb die aus demselben hervorgegangenen Gewebelemente des Xylems und auch des Phloëms, hier wenigstens die inneren, eine radiale Anordnung zeigen. Vom Reihencambium kommt es in den zwischen den Bündeln liegenden Parenchymstreifen (primäre Markstrahlen oder Markverbindungen) zur Bildung eines Folgermeristem (pag. 595). Durch Vermittlung desselben werden die Cambiumpartien der im Kreise angeordneten Gefäßbündel zu einer ununterbrochenen meristematischen Gewebsschicht, zum Cambiumring (Cambium, Verdickungsring) vereinigt, welcher demnach aus aufeinanderfolgenden Bündel- und Markstrahl-Abschnitten (Fascicular- und Interfascicular-Streifen) besteht (Fig. 315).

Vom Cambiumringe aus werden auch horizontal-gestreckte radiale Zellschichten meist parenchymatischer Natur (Markstrahlen) einerseits für den Siebtheil, andererseits für den

Gefäßtheil gebildet, wodurch beide Theile von diesen die Rinde und das Holz durchsetzenden Parenchymschichten am Querschnitte strahlig gestreift erscheinen.

In den Wurzeln der Dicotylen und Gymnospermen erfolgt die Bildung des Cambiumringes in dem axilen Gefäßbündelstrange selbst, indem zunächst in der Mitte des der Innenseite jedes Siebtheils angrenzenden Gewebes tangentiale Theilungen auftreten, welche von hier aus an den Seiten der Siebtheile, durch das Verbindungsgewebe (pag. 623), gegen die Aussenkante der Gefäßplatten fortschreiten und schliesslich die über diesen gelegenen Pericambiumelemente erreichen. Auf diese Weise werden die ursprünglich getrennten Meristepartien zu einer ununterbrochenen Meristem- oder Cambiumschicht vereinigt, welche anfangs, der Configuration des radialen Gefäßbündels entsprechend, am Querschnitte im Umriss buchtig ist; später aber werden, indem die Thätigkeit dieses Theilungsgewebes an seinen Ursprungsstätten am lebhaftesten ist, die Ausbuchtungen unter Hinausschiebung der Siebtheile ausgeglichen und die Cambiumschicht nimmt am Querschnitte die Gestalt eines Kreises, Cambiumring (Verdickungsring) an; seltener (bei schwachem Dickenwachthum) bleiben die Einbuchtungen zwischen den Gefäßplatten erhalten und kommt es nicht zur Bildung eines geschlossenen Ringes.

Bezüglich der Anordnung und des Verlaufes der Gefäßbündel in beblätterten Achsen unterscheidet man zunächst stammeigene und gemeinsame Stränge, je nachdem die Gefäßbündel stets im Stamme bleiben und mit ihm fortwachsen, oder aber in Blätter ausbiegen. Bleiben die Stränge nach abwärts im Stamme isolirt, so heissen sie getrenntläufige, wenn sie sich an einen anderen Strang anlegen und mit ihm verschmelzen, vereintläufige. Die Gesamtheit der zu einem Blatt gehörenden Bündel heisst die Blattspur; ihre im Stamme verlaufenden Schenkel- oder Fussstücke sind die Blattspurstränge.

Die wichtigsten Typen des Gefäßbündelverlaufes sind folgende:

1. Das Bündelsystem der Achse ist zu einem axilen Strange vereinigt, welcher in den Knoten Bündel an die Blätter abgibt und von einer verhältnissmässig starken Rinde umgeben ist, z. B. bei verschiedenen phanerogamen Wasser- und Sumpfgewächsen, wie Hippuris, Potamogeton etc.

2. Typus des einfachen Bündelrohrs. Der ursprünglich axile Strang erweitert sich zu einem Bündelrohr, welches ein parenchymatisches Gewebe (Mark) einschliesst und von einem solchen (Rinde) umgeben wird. An jeder Blattinsertion findet sich im Bündelrohr eine Lücke (Blattlücke), durch welche eine Verbindung des Blattstielparenchyms mit dem Marke hergestellt wird; vom Rande der Lücken gehen die Gefäßbündel für die Blätter ab (bei vielen Farnen).

3. Palmentypus, bezeichnend für den Stamm der meisten Monocotylen. Der Querschnitt zeigt innerhalb einer äusseren bündelfreien Rinde mehrere concentrische, unregelmässige und ineinander greifende Gefäßbündelreihen, welche ein bündelfreies mittleres Gewebe (Mark) umgeben, oder es sind die Gefäßbündel über die ganze Querschnittsfläche regellos zerstreut, je weiter nach aussen, desto dichter. Diese Anordnung kommt zu Stande, indem die Gefäßbündel, welche sämmtlich mehr-, gewöhnlich vielfache Blattspurstränge darstellen, aus den stengelumfassenden Blattbasen bogenförmig in den Stamm eintreten, und hier ungleich tief gegen die Längsachse vordringen, der Medianstrang durchschnittlich am tiefsten, die seitlichen um so weniger tief, je entfernter sie dem Mediannerven liegen. Nur die letzteren verlaufen annähernd vertical, die weiter ins Innere der Achse gelangten nehmen einen nach unten und aussen bogenförmigen, dann radial schiefen Verlauf, wodurch sie sich der Stammpерiphery nähern. Alle Bündel laufen durch viele Internodien nach abwärts und verbinden sich schliesslich in der Stammpерiphery theils in tangentialer, theils in radialer oder in schiefer Richtung mit tiefer unten austretenden Blattspuren.

4. Dicotylentypus. Er findet sich ganz allgemein bei der Mehrzahl der Dicotylen, vielen Gymnospermen, einzelnen Monocotylen und Gefässkryptogamen. Sämmtliche primäre Bündel sind gemeinsame (Blattspur-) Stränge, welche in den

Knoten bogenförmig in die Achse eintreten und annähernd gleich entfernt von der Stammoberfläche radial-senkrecht durch ein Internodium oder durch mehrere Internodien nach unten verlaufen. Die Blattspuren legen sich in der Regel in den Knoten oder in deren nächster Nähe entweder ungetheilt, einseitig-sympodial oder gespalten beiderseits an die tiefer unten austretenden Stränge, wodurch eine netzförmige Verbindung zu Stande kommt, an. Dieser Bündelverlauf bedingt die Anordnung der Gefässbündel auf dem Querschnitte zu einem in das Grundgewebe eingetragenen geschlossenen Kreise (Gefässbündelring). Der von ihm eingeschlossene Theil des Grundgewebes ist das Mark (medulla), der ihn aussen umgebende die Rinde. Die von der Letzteren zum Marke radial verlaufenden, den Gefässbündelring durchsetzenden Parenchymstreifen sind die Markverbindungen oder primären Markstrahlen.

Dieser regelmässige Dicotyltypus zeigt verschiedene Abweichungen. Sehr häufig kommen z. B. markständige, seltener rindenständige Gefässbündel vor. Erstere sind entweder sämtlich Blattspurstränge (Cucurbitaceen, Piperaceen, manche Ranunculaceen etc.) oder Spurstränge und stammeigene Stränge (Begonien, Orobanchen, Melastomeen, manche Umbelliferen etc.), letztere ausserhalb des typischen Bündelringes in der Mittelrinde der Internodien verlaufende selbständige Blattspurstränge oder blosser Auszweigungen von Blattspuren. Bezüglich des Verhaltens der Gefässbündel in den echten Wurzeln ist bereits pag. 625 das Nöthige hervorgehoben worden.

In den Blättern entsprechen gewöhnlich die Gefässbündel den als Vorsprünge oder Furchen an der Oberfläche in die Erscheinung tretenden Nerven (Rippen, Adern. Siehe pag. 57). Es sind bezüglich des Gefässbündelverlaufs im Allgemeinen zwei Haupttypen zu unterscheiden, und zwar *a*) nur getrenntläufige, frei endende Bündel, ohne jede Anastomosenbildung (Laubblätter der Gymnospermen); *b*) Gefässbündel mit zahlreichen Anastomosen.

Die letzten Endigungen (in den Blättern) zeigen meist nur wenige Reihen oder selbst nur eine Reihe von kurzen, oft gekrümmten und an den Enden aufgetriebenen spiral- oder netzförmigen Tracheiden, begleitet von zarten Parenchymscheiden. Selten ragen die End-Tracheiden frei in den Intercellularraum hinein. An den Blattspitzen, Blatträndern und Blattzähnen treten sie mit einem besonders entwickelten Parenchymgewebe häufig zu einem wasserabsondernden Apparat zusammen. Die Tracheiden enden hier, pinselförmig auseinander strebend, gegen eine Gruppe kleiner dünnwandiger, von der Oberhaut unmittelbar bedeckten Zellen, welche sich von dem benachbarten Chlorophyllgewebe, abgesehen durch ihre geringere Grösse, durch Mangel oder geringeren Gehalt an Blattgrün, unterscheiden. De Bary hat dieses Gewebe, welches, in Umfang und Form (oval, länglich, scheibenförmig etc.), je nach Grösse und Gestalt der Bündelenden, der Blattzähne etc. mancherlei Abweichungen bietet, Epithem des Bündelendes genannt. Seine luftgefüllten Intercellularen stehen in Communication mit dem Hohlraum unter der Oberhaut, welche hier gewöhnlich die sogenannten Wasserspalten (einzeln oder in Gruppen) trägt, Gebilde, die den gewöhnlichen Spaltöffnungen (Luftspalten) gleichen, sich aber von ihnen durch bedeutendere Grösse und Unbeweglichkeit der Schliesszellen unterscheiden.