Teil des Nucellus entsteht und auch neben dem Endosperm gebildet werden kann. Die Anheftungsstelle des Samens tritt als Nabel oder Hilus hervor, die ursprüngliche Mikropyle bildet den Samenmund. Entwickelt sich der Nabelstrang zu einem Anhängsel des Samens, so wird er Samenschwiele (Karunkel) genannt; bildet sich ein vollständig mantelartiges Gebilde um den Samen, so heißt es Samenmantel (Arillus).

II. Abteilung.

Pflanzenanatomie.

---

1. Kapitel.

Die Zelle.

Wenn wir einen Ast von einem beliebigen Baume mit einem Taschenmesser möglichst gerade abschneiden und die Schnittfläche mit einer starken Lupe betrachten, so erscheint uns die Oberfläche einer Bienenwabe ähnlich, nur sind die Zellen außerordentlich viel kleiner als bei dieser. Zellen nennt man aber auch ebenso wie bei der Bienenwabe die kleinen, durch Wände voneinander getrennten Kammern, welche das Holz des Astes bilden.

Das was wir aber mit der Lupe erkennen können, ist nur der eine, nicht einmal immer vorhandene Bestandteil der Zelle, die Zellmembran oder Zellhaut, welche den wichtigeren, das eigentliche Leben der Pflanze in sich fassenden Teil, den Protoplasten, umschließt. Fehlt, wie dies beispielsweise bei gewissen Fortpflanzungszellen einiger niederer Pflanzen vor-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0050-1 DFG

kommt, die Membran, so stellt der Protoplast eine nackte Zelle dar. Im allgemeinen kommen aber den Zellen Membran und Protoplast zu.

Die Form der Zellen ist eine außerordentlich verschiedene und gleicht durchaus nicht immer derjenigen einer Zelle aus der Bienenwabe. Neben fast kugeligen Zellen kommen ganz

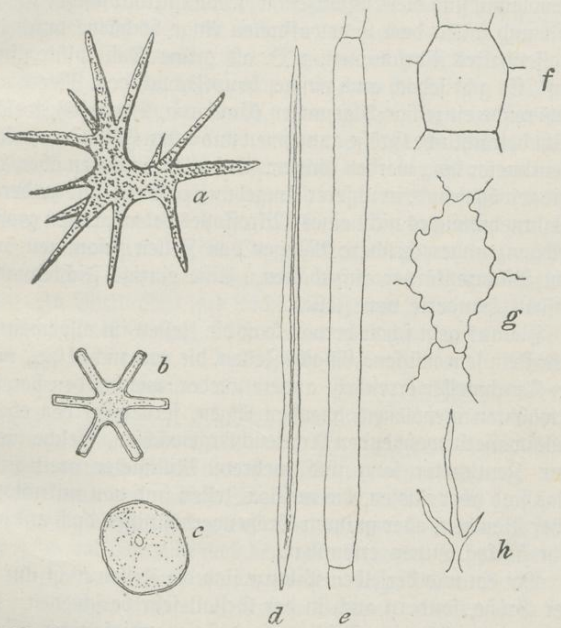


Fig. 13. Verschiedene Zellformen. a Grundgewebshaar (Idioblast) aus dem Blattstiel von Nuphar luteum, b Sternförmige Zelle aus dem Mark von Juncus conglomeratus, c Zelle aus der Frucht von Symphoricarpus, d Bastzelle, e Zelle aus dem Blatt einer Characee, f Parenchymzelle aus der Kartoffelknolle, g Epidermiszelle von Saxifraga sarmentosa, h Haar von Cheiranthus.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0051-6

langgestreckte spindelförmige vor, vieleckige, halbmondförmige, verschiedenartig verzweigte, kurz allerlei Formen, die gar nicht mehr an das erinnern, was man gewöhnlich unter dem Worte Zelle sich vorstellt. Solche verschiedene Zellformen sind in Figur 13 dargestellt worden.

Es gibt Pflanzen, welche aus einer einzigen Zelle bestehen; gewöhnlich sind diese Pflanzen aber von mikroskopischer Kleinheit und fallen dem unbewaffneten Auge höchstens durch ihr massenhaftes Vorkommen, z. B. als grüne Wasserblüte usw., auf. Es gibt jedoch auch einige, hauptsächlich dem Meere angehörende einzellige Algenarten (Caulerpa, Bryopsis), welche recht beträchtliche Größe annehmen und deren Individuen viele Zentimeter lang werden können. Bei allen Pflanzen aber, die wir gewöhnt sind, in unserer Umgebung zu sehen, und zu deren Wahrnehmung es nicht eines Mikroskopes bedarf, treten große, oft ganz unberechenbare Mengen von Zellen zusammen, um den Pflanzenkörper aufzubauen. Eine einzige Fichtennadel enthält Hunderte von Zellen.

Hieraus geht schon hervor, daß die Zellen im allgemeinen sehr klein sein müssen. Es gibt Zellen, die noch nicht $^1/_{1000}$ mm im Durchmesser erreichen, andere wieder, wie bei den bereits erwähnten meeresbewohnenden Algen, ferner bei den ebenfalls wasserbewohnenden Armleuchtergewächsen, welche mehrere Zentimeter lang und mehrere Millimeter breit sind. Das sind aber Riesen, die meisten Zellen sind von mikroskopischer Kleinheit, oder in ihren Größenverhältnissen doch erst mit sehr starken Lupen erkennbar.

Bei ein und derselben Pflanze sind die Zellen nicht nur in der Größe, sondern auch in der Gestalt sehr verschieden. Je höher entwickelt eine Pflanze ist, desto mannigfaltiger pflegt auch die Form ihrer Zellen zu sein. Und dies hängt damit zusammen, daß sich mit der höheren Entwicklung einer Pflanze auch eine größere Arbeitsteilung der einzelnen Teile geltend

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0052-2 DFG

macht. Jede Zelle stellt nun gewissermaßen einen Arbeitsraum für sich dar, jede Zelle hat im Leben der Pflanze eine gewisse Aufgabe zu erfüllen, die oft schon von derjenigen ihrer Nachbarzelle vollständig verschieden ist. Dieser Arbeit, dieser Aufgabe entsprechend sind die Zellen verschieden gestaltet. Wir finden daher oft Zellen, denen die gleiche Aufgabe obliegt, auch gleichartig gestaltet und zu Gruppen vereinigt, die man als Gewebe bezeichnet. Um aber die Aufgabe der Zellen richtig zu würdigen, ist es notwendig, ihren Bau näher zu betrachten.

Im allgemeinen bildet eine Zelle, aus Membran, Zellkern und Protoplasma bestehend, eine Einheit, ein in sich abgeschlossenes Ganzes im Körper der Pflanze, in welchem alle Lebensfunktionen sich abspielen. Daß dabei die Membran nicht durchaus nötig und tatsächlich auch nicht immer vorhanden ist, wurde schon bemerkt. Dagegen tritt uns bei den Pflanzen mit mehrkernigen Zellen eine Organisation entgegen, bei welcher wir mit dem Wort Zelle eigentlich nur noch die Form bezeichnen. In Wirklichkeit sind solche vielkernige Zellen kein in sich abgeschlossenes Ganzes, keine Einheit mehr, sondern eine Vielheit von Elementen, in denen sich die verschiedenen Lebensprozesse nebeneinander abspielen. Jeder Zellkern mit dem dazugehörenden Teil des Protoplasmas stellt dann eine Einheit vor. Eine solche Einheit wird Energide genannt. Vielkernige Zellen bestehen aus einer Vielheit von Energiden. Bezeichnet man den nackten Schwärmer einer Alge als Zelle, so ist er auch gleichzeitig eine Energide, dagegen ist in anderen Fällen Zelle und Energide nach dem eben Gesagten nicht dasselbe.

Nicht alle Zellen, welche zu dem festgefügten Verbande einer Pflanze, etwa eines großen Baumes, gehören, sind belebt; oft sterben sie nach einer verhältnismäßig kurzen Lebensdauer ab und dienen dann nur noch zur Festigung des Pflanzenkörpers oder dem Wassertransport. Lebend sind die Zellen nur, solange sie Protoplasma enthalten. Die Zellen des Holzes,

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0053-8

abgesehen von den jüngsten Schichten, enthalten aber kein Protoplasma mehr, sondern führen nur Wasser oder Luft.

a. Das Protoplasma.

In jungen Zellen ist gewöhnlich der ganze von der Zellwand umschlossene Raum von Zellkern und Zellplasma eingenommen. Das Zellplasma oder Cytoplasma ist ein zähflüssiger, hauptsächlich aus Eiweißstoffen bestehender Körper, in welchem sich, ebenso wie im Zellkern, die hauptsächlichsten Lebensvorgänge abspielen. Es kann unter Umständen frei,

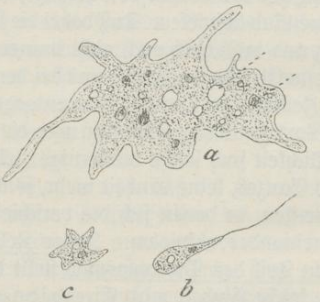


Fig. 14. a kleines Plasmodium eines Myxomyceten, b Schwärmer, c Myxamöbe. Vergrößert.

nackt, d. h. nicht von einer Zellmembran umschlossen sein, wie wir das bei den Plasmodien der Myxomyceten oder Schleimpilze finden. Aus der von einer Membran umgebenen Spore dieser Organismen tritt der Zellinhalt als rundlicher Ballen aus, streckt sich etwas und verlängert sich an dem einen Ende zu einem fadenartigen Fortsatz, der Geißel, welche als Bewegungsorgan dient. Auf diese Weise entstehen Schwärmer (Fig. 14a), welche durch peitschende Bewegungen der Geißel

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0054-4 DFG

im Wasser fortschwimmen, nach einiger Zeit an irgend einem festen Gegenstande anhaften und ihre Geißel einziehen. Dann werden sie zu Myxamöben (Fig. 14b), d. h. zu Amöben ähnlichen Gebilden, welche unregelmäßige Fortsätze bilden, mit deren Hilfe sie an dem Substrat umherkriechen. Bald fließen diese Myxamöben zu einem größeren Schleimklumpen, dem Plasmodium, zusammen. Diese Plasmodien führen eigentümliche kriechende Bewegungen aus, indem sie Plasmafortsätze nach verschiedenen Richtungen aussenden, die oft miteinander verschmelzen und netzartige Bildungen zeigen. In diese Fortsätze strömt dann das übrige Plasma des Plasmodiums nach. Die Bewegung kann man unter dem Mikroskop direkt wahrnehmen. Gegen die Außenwelt ist das Plasmodium ebenso wie die Myxamöben nicht durch eine Zellenmembran abgegrenzt, sondern nur durch eine etwas derbere Schicht des Protoplasmas, die Hautschicht, auf welche eine Schicht vollständig homogenes körnerfreies Plasma (Hyaloplasma) folgt. Die Hauptmasse des Plasmodium wird durch ein mit zahlreichen sehr kleinen Körnchen erfülltes leichtflüssiges Plasma gebildet, das Körnerplasma. An der Bewegung dieser Körnchen kann man nun die Strömung des Plasmas erkennen, wie es den ausgesendeten Fortsätzen folgt und sich zur Aussendung neuer vorbereitet.

Bei diesen Kriechbewegungen werden kleinere Körper, die sich im Wege befinden, umflossen und allseitig eingeschlossen. Sie liegen dann in Vakuolen, nicht direkt im Plasma, dieses grenzt sich vielmehr gegen die Vakuolen ebenso wie gegen außen durch eine Hautschicht ab. Kann der Körper als Nahrung dienen, so wird er verdaut und der unbrauchbare Rest wieder ausgestoßen. Später bei der Bildung der Fruchtkörper werden auch wieder Membranen ausgebildet.

In älteren Zellen ist das Protoplasma oft nur auf einen dünnen Wandbelag reduziert, während der überwiegend große

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0055-9 DFG

Innenraum der Zelle von Zellsaft eingenommen wird und den Zellsaftraum bildet. Oft wird der Zellsaftraum von Fäden und Strängen des Plasmas durchsetzt (Fig. 15), und mitunter existieren in einer Zelle mehrere kleinere, durch Plasma voneinander getrennte Zellsafträume oder Vakuolen. In manchen Pflanzenzellen ist das Plasma in so starker Bewegung, daß man diese unter dem Mikroskop direkt beobachten kann. Be-

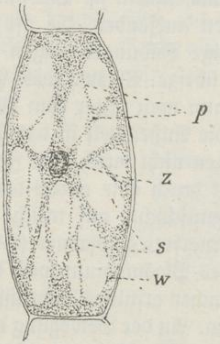


Fig. 15. Zelle aus einem Staubfadenhaar von Tradescantia virginica. Plasmaströmung, p Plasmastränge, w Wandplasma, z Zellkern, s Zellsafträume.

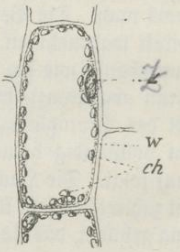


Fig. 16. Zelle aus dem Blatt von Vallisneria spiralis (Rotation des Plasmas), z Zellkern, ch Chlorophyllkörner, w Wandplasma. Vergrößert.

wegt sich das Plasma in einem geschlossenen Ring an den Wänden entlang, so nennt man die Bewegung Rotation; kommt aber außer dieser noch eine Bewegung des Plasmas in durch den Zellsaftraum ausgespannten Strängen vor, so spricht man von Zirkulation. Ein ausgezeichnetes Beispiel für Rotation sind die grünen Zellen der Blätter von Vallisneria spiralis (Fig. 16), in denen die Chlorophyllkörner an der Strömung teilnehmen. Auch in den Charenzellen, in den Wurzelhaaren

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0056-5 DFG

von Hydrocharis morsus ranae kommt Rotation vor. Zirkulation ist gut in den Staubfädenhaaren von Tradescantia virginica zu beobachten.

Nicht immer sind die Bewegungen des Protoplasmas so deutlich wahrzunehmen. So wandern z. B. die Chlorophyllkörner in den Zellen der Mooskörner bei greller Beleuchtung sehr langsam an die Querwände, die von den Sonnenstrahlen weniger getroffen werden, bei geringerer Beleuchtung wandern sie wieder an die Längswände, wo sie dem Licht am meisten ausgesetzt sind. Ähnliche Orientierungsbewegungen des Plasmas kommen auch bei den Chlorophyllkörpern mancher Algen (Mougeotia, Mesocarpus) vor.

Das Plasma der Zellen des ganzen Pflanzenkörpers steht durch außerordentlich feine Kanäle, welche die Zellwand durchbrechen, in Verbindung. Diese Kanäle sind so klein, daß sie sich der Beobachtung meist entziehen und nur bei sehr günstigen Objekten und durch besondere Präparation sichtbar zu machen sind. Ein besonders geeignetes Objekt ist z. B. die Rinde von Rhamnus frangula.

Das lebende Plasma zeigt eigentümliche Eigenschaften; es ist stark osmotisch, es ist gegenüber Reizen sehr empfindlich, und auf diesen Eigenschaften beruhen zumeist die Lebenserscheinungen der Pflanze, wie wir sie in dem Abschnitt über Physiologie kennen lernen werden. Diese Eigenschaften verliert das Plasma beim Absterben; totes Plasma ist nicht osmotisch, ist nicht mehr reizbar, dagegen zeichnet es sich durch sein Vermögen, Farbstoffe begierig aufzunehmen, aus, während das lebende sich nicht färben läßt.

Der Zellkern.

Der Zellkern spielt in der Zelle eine wichtige Rolle und kommt allen Zellen der höheren Pflanzen zu. Nur die am

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0057-1 DFG

tiefsten stehenden Organismen, die Spaltpflanzen, haben keine echten Zellkerne. Gewöhnlich ist er in der Einzahl vorhanden, selten kommen mehrere oder viele Zellkerne in einer Zelle vor, z. B. bei manchen Algen (Vaucheria, Cladophora).

Er ist gewöhnlich ein rundlicher Körper von etwas derberer Beschaffenheit als das Protoplasma, von welchem er stets umgeben ist. In jungen Zellen, die noch gar keine oder erst kleine Zellsafträume enthalten, liegt er annähernd in der Mitte der

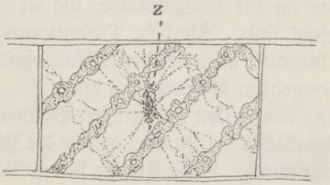


Fig. 17. Zelle einer Spirogyra mit spiralig gewundenen Chlorophyllbändern, z Zellkern. Vergrößert.

Zelle; in älteren, mit großen Vakuolen versehenen ist er meist dicht an eine Zellwand gerückt. Zuweilen ist er aber auch an feinen Fäden in der Mitte der Zelle aufgehängt, wie bei der oben abgebildeten Alge Spirogyra, oder er wechselt seine Lage im strömenden Plasma und liegt bald am Rand, bald in feinen, die Zelle durchsetzenden Plasmasträngen.

Gegen das Plasma wird er durch eine diesem angehörende, sehr feine Hautschicht, die Kernmembran, abgegrenzt; in seinem Innern ist er nicht homogen, sondern besitzt eine, jedoch erst bei entsprechender Färbung deutlich hervortretende, eigentümliche Struktur, ein Gerüst, welches aus zarten, vielfach verschlungenen und miteinander verbundenen Fäden besteht. Die Grundmasse dieser Fäden, das Linin, färbt sich nur schwach, sie ist aber von zahlreichen, sich sehr intensiv färbenden Körnchen, den Chromatinkörnchen, durchsetzt. Zwischen den Fäden

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0058-7 DFG

des Gerüstes befindet sich der Kernsaft. Außer dem Gerüstwerk sind, gewöhnlich schon ohne Färbung deutlich erkennbar, noch ein oder mehrere Kernkörperchen (Nukleolen) im Kern vorhanden.

Die Centrosphären.

Dicht neben dem Zellkern liegen in vielen Zellen der Kryptogamen zwei sehr kleine rundliche Gebilde, die Centrosphären, welche im Innern ein kleines Körnchen, das Centrosom, enthalten. Sie sind sehr schwer sichtbar zu machen und deshalb erst in wenigen Zellen gefunden. Doch scheint es, als ob sie bei der Zellteilung eine wichtige Rolle spielten, und deshalb ist ihr Vorhandensein auch da vielleicht nicht ganz ausgeschlossen, wo man sie bisher nicht beobachten konnte. Bei Phanerogamen sind diese Centrosphären mit Sicherheit noch niemals aufgefunden worden.

Die Chromatophoren.

Die Farbstoffe vieler, namentlich gelber und roter Blüten und Früchte, der grüne Farbstoff der Blätter sind nicht durch die ganze Zelle gleichmäßig verbreitet, sondern an meist rundliche, aus Eiweißstoffen bestehende Körnchen gebunden, die man Chromatophoren nennt. Sie treten ursprünglich in den jungen Zellen als sehr kleine, farblose Körperchen auf. Aus ihnen gehen bei weiterer Entwickelung dann hervor:

1. Die Leukoplasten, flach ellipsoidische oder gestreckte Körper ohne Färbung, welche besonders in den dem Licht unzugänglichen Teilen der Pflanze auftreten. Werden sie vom Licht getroffen, so können sie ergrünen, wie dies beispielsweise bei an der Luft und im Licht liegenden Kartoffelknollen der Fall ist. Oft haben sie den Zweck, im Innern der Organe als Stärkebildner zu fungieren, d. h. die in den Chloroplasten ge-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0059-5 DFG

bildete, wieder aufgelöste und in flüssiger Form fortgeführte Stärke wieder in Form von Stärkekörnern abzuscheiden (Fig. 18).

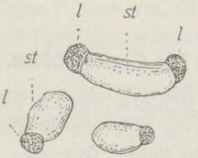


Fig. 18. Stärkekörner st mit Leukoplasten l aus dem Rhizom von Iris. Stark vergr.

2. Die Chloroplasten. Es sind meist rundliche, oft etwas gestreckte oder flach gedrückte grüne Körner (Fig. 19), Chlorophyllkörner, welche meist in größerer Anzahl in dem Wandplasma der Zellen liegen. Bei einigen Algenarten aus der Ordnung der Konjugaten nehmen die Chloroplasten eigentümliche Gestalt an; sie kleiden bei Spirogyra in Form von schraubig gekrümmten Bändern die Zelle aus (Fig. 17), oder bilden stern-

Fig. 19. Chlorophyllkörner aus dem Blatt von Funaria hygrometrica. Stark vergr.

förmige Gebilde (Zygnema) oder axile Platten (Mougeotia). Die Grundmasse der Chloroplasten besteht aus einem schwammartigen oder fein gekammerten Eiweißkörper, dessen Hohlräume von einer ihrer Natur nach unbekannten ölartigen Flüssigkeit erfüllt sind. In dieser Flüssigkeit ist das Chlorophyllgrün, sowie Blattgelb (Xanthophyll) und ein dritter Farbstoff, das Karotin, gelöst.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0060-6 DFG

Das Chlorophyll oder Blattgrün ist in Alkohol, Äther, fetten und ätherischen Ölen usw., aber nicht in Wasser löslich. Eine frisch bereitete alkoholische Lösung erscheint bei durchfallendem Lichte prachtvoll smaragdgrün, bei auffallendem blutrot, zeigt also Fluoreszenzerscheinungen. In spektroskopischer Hinsicht ist es durch sieben Absorptionsstreifen ausgezeichnet, deren dunkelster von B bis über C hinaus reicht. Blau und Violett werden durch drei breite Streifen fast vollständig ausgelöscht.

Durch Schütteln mit Benzin kann man der alkoholischen Lösung Chlorophyll und Karotin entziehen, während Xanthophyll nicht vom Benzin aufgenommen wird. Das Benzin bildet dann eine blaugrüne Schicht über dem gelben Alkohol. Chlorophyll und Karotin werden zu den Fettfarbstoffen oder Lipochromen gerechnet und sind unlöslich in Wasser. Dagegen kommen bei gewissen Klassen der Algen neben dem Chlorophyll noch andere Farbstoffe vor, die in Wasser löslich und keine Lipochrome sind, das rote Phykoerythrin bei den Rotalgen, das braune Phykophäin bei den Braunalgen und das blaugrüne Phykozyan bei den Blaualgen, Farbstoffe, welche das Chlorophyll in den Chloroplasten oft vollständig verdecken.

Die Chlorophyllkörner können sich in den Zellen durch Teilung vermehren, indem sie sich entweder etwas strecken und einschnüren oder indem sich eine farblose Plasmaschicht bildet, welche das Chlorophyllkorn in zwei Hälften scheidet, die dann zu neuen Chlorophyllkörnern heranwachsen.

3. Chromoplasten. Sie sind die Ursache der Färbung vieler Blüten und Früchte, teils rundlich, teils eckig oder nadelförmig, oft kristallähnlich. Als Farbstoffe sind das gelbe gewöhnlich an rundliche Chromatophoren gebundene Xanthophyll und das dunkelorangerote an kristallähnliche, eckige Chromatophoren gebundene Karotin bekannt, das erstere z. B. in den obersten Zellschichten des Blumenblattes von Lupinus

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0061-2 DFG

luteus, das letztere in den Fruchtschalen von Asparagus, in der Wurzel der Möhre usw. Dagegen werden die blauen, violetten und mehr karminroten Färbungen der Blüten nicht durch Chromatophoren, sondern meist durch gefärbten Zellsaft bedingt (Fig. 20).

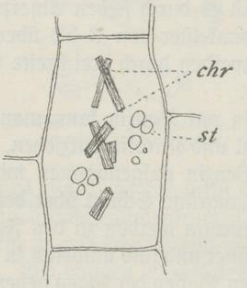


Fig. 20. Zelle aus der Rübe von Daucus. chr Chromoplasten, st Stärkekörner. Vergrößert.

Zu den geformten Bestandteilen des Protoplasmas gehören auch die Elaioplasten oder Ölbildner, welche in jungen Organen von Vanilla planifolia gefunden worden sind. Sie bestehen aus einer schwammigen, eiweißartigen Grundsubstanz, welche mit Öl getränkt ist.

Mikrosomen nennt man jene kleinsten Körnchen, welche im Zellplasma oft in großer Menge vorhanden sind. Ihrer Beschaffenheit nach sind es teils Eiweißkörper, teils kleine Öl- oder Fetttröpfchen, Gerbstoffe usw. Sind es kleine Bläschen mit flüssigem Inhalt, so werden sie auch Physoden genannt.

Einschlüsse des Plasmas.

Im Plasma der Zelle finden sich sehr oft Elemente, welche nicht direkt an den Lebensfunktionen beteiligt sind, sondern als

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0062-8

Reservestoffe dienen oder auch beim Stoffwechsel in der Pflanzenzelle entstehen, ohne später wieder Verwendung zu finden. Zu solchen Einschlüssen gehören:

1. Aleuronkörner. Sie kommen namentlich häufig in den Samen höherer Gewächse vor und bestehen aus Eiweißkörpern, denen oft wieder Kristalloide (Fig. 21 e), Calciumoxalatkristalle oder Globoide (Fig. 21 g) eingelagert sind. Die Kristalloide sind selbst wieder Eiweißkörper, die jedoch Kristallform besitzen. Die Globoide sind rundliche Gebilde, welche aus

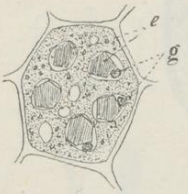


Fig. 21. Zelle aus dem Samen von Ricinus communis.
e Eiweißkristalle. g Globoide.

einer organischen Substanz und einer Doppelverbindung von Phosphorsäure mit Calcium und Magnesium bestehen. Aleuronkörner kommen in sehr verschiedener Größe vor; sie sind meist rundlich oder eiförmig und durch ihre starke Lichtbrechung ausgezeichnet; besonders gut sind sie im Samen von Ricinus communis und Bertholetia excelsa sichtbar zu machen (Fig. 21 a).

2. Stärkekörner. Sie entstehen als kleine Körnchen in den Chlorophyllkörnern während des Tages, werden dann teils in der Zelle selbst verbraucht, teils wieder aufgelöst und fortgeführt, um an einem anderen Ort verbraucht oder als Reservestoff wieder in Form von Stärkekörnern abgeschieden zu werden. Sie finden sich hauptsächlich in den Samen, Knollen, Rhizomen und überhaupt in Organen, welche dazu bestimmt

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0063-4

sind, eine Ruheperiode durchzumachen. Ihrer Form nach sind sie sehr verschieden, aber sehr charakteristisch für einzelne Pflanzen. Bei der Kartoffel (Fig. 22) bilden sie unregelmäßig rundliche, der Kartoffelknolle selbst ähnliche Gebilde mit exzentrisch gelegenem Kern und deutlicher Schichtung; bei manchen Wolfsmilcharten (Euphorbia splendens) sind sie hantelförmig (Fig. 23a); bei Roggen und Weizen in der Größe sehr wechselnde eiförmige Körper; in den Zellen des Welschkornes (Zea

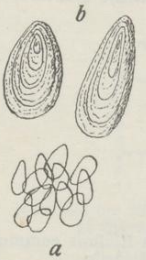


Fig. 22. Kartoffelstärkekörner. a Teil einer Zelle mit Stärkekörnern, schwach vergr., b zwei einzelne Stärkekörner mit deutlich sichtbarer Schichtung, stärker vergr.

Fig. 23. a Stärkekörner aus dem Milchsaft von Euphorbia splendens, b Stärkekörner des Hafers, vergr.

Mays) sind sie polyedrisch und eng aneinander gedrängt (Fig. 23b). Auch zusammengesetzte Stärkekörner kommen vor, Körner, die aus mehreren zusammengesetzt sind (Hafer).

Die Stärke ist in ihrer chemischen Zusammensetzung der Zellulose verwandt; sie ist ein Kohlehydrat von der Formel $C_6 H_{10} O_5$. In kaltem Wasser ist sie unlöslich, in heißem quillt sie auf und wird bei längerem Kochen gelöst. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß sie mit Jod allein prachtvoll blauviolett wird. Die Stärkekörner lassen oft eine deutliche Schichtung erkennen, welche dadurch zustande kommt, daß dichtere mit weniger dichten Schichten wechseln. — In den Florideen kommt ein

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0064-9 DFG

ähnlicher Körper, Florideenstärke, vor, der sich jedoch mit Jod braunrot färbt.

3. Kristalle. Dieselben sind in Pflanzenzellen sehr verbreitet, namentlich Kristalle des oxalsauren Kalkes (Fig. 24), welche bald als Bündel sehr feiner langer Kristallnadeln, Rhaphiden, teils als Kristalldrusen, teils als Einzelkristalle auftreten. Auch Eiweißkristalle kommen im Plasma vor, z. B. in den dicht unter der Schale der Kartoffelknolle liegenden Zellen.

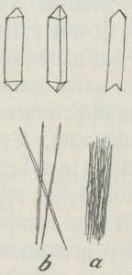


Fig. 24. Kalkoxalatkristalle. a Rhaphidenbündel, b einzelne Kristalle aus dem Bündel, vergrößert.

4. Fette, Öle, Harze kommen sehr häufig im Plasma vor und füllen sogar mitunter die ganze Zelle aus, meist sind sie aber in Form von kleineren oder größeren Tröpfchen im Cytoplasma verteilt, zuweilen, wie in den Blumenblättern der Rose, im Samen der Muskatnuß, bilden sie sogar kristallartige Körper. Auch Kautschuk und Guttapercha kommen bei manchen Pflanzen (z. B. Euphorbiaceen) im Cytoplasma gewisser Zellen vor.

5. Gerbstoffe sind im Zellinhalt weit verbreitet; sie treten in Form von Lösungen auf, welche den Inhalt kleiner Bläschen Vakuolen im Cytoplasma bilden; sie sind durch ihre blaue oder

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0065-5

grüne Färbung, welche sie mit Eisenchlorid annehmen, charakterisiert.

6. Schwefel kommt als Einschluß bei den sogenannten Schwefelbakterien (Beggiatoa, Chromatium) in Form von kleinen Tröpfchen in einer zähflüssigen Modifikation vor.

7. Vakuolen. Im Plasma sehr jugendlicher Zellen kommen Vakuolen nur in sehr beschränktem Maße vor; je älter die Zellen werden, desto größer werden die Vakuolen. Gewöhnlich ist es eine, welche mit der Größenzunahme der Zelle entsprechend heranwächst und als Zellsaftraum bezeichnet wird. Der Zellsaftraum ist mit einer wässerigen Flüssigkeit, dem Zellsaft, erfüllt, welcher meist sauer reagiert und sehr verschiedenartige Substanzen gelöst enthält. Namentlich häufig finden sich im Zellsaft organische Säuren (Apfelsäure, Zitronensäure), Zuckerarten (Rohrzucker, Traubenzucker, Glykosen), Inulin (Kompositen), welches man bei entsprechender Behandlung in Form von Sphärokristallen erhalten kann. Auch Gerbstoffe kommen im Zellsaft vor, ebenso Glykoside und die zum Teil wegen ihrer Giftigkeit bekannten Alkaloide (wie Strychnin, Brucin, Morphin usw.). In dem Zellsaft ist auch der Farbstoff der blauen und roten Blüten enthalten, das Anthocyan, welches in saurem Zellsaft rot, in alkalischem blau erscheint, und je nach der verschiedenen Reaktion des Zellsaftes die verschiedenen blauen und roten Färbungen der Blüten bedingt. Das gleiche ist bei den rot oder blau gefärbten Laubblättern oder Stengelteilen der Fall, z. B. beim Rotkraut. Neben den verschiedenen organischen Stoffen kommen auch die mit dem Wasser aufgenommenen anorganischen Salze, die Nährsalze der Pflanze im Zellsaft, in Lösung vor, besonders schwefelsaure, phosphorsaure und salpetersaure Salze, in manchen Pflanzen auch große Mengen von Kochsalz.

Der Zellsaftraum bildet gewöhnlich eine große zentrale Vakuole, die in ausgewachsenen Zellen den weitaus größten

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0066-1 DFG

Teil des Zellinhaltes einnimmt; zuweilen sind aber mehrere größere, durch Plasmaschichten getrennte Vakuolen vorhanden. Auch im Wandplasma finden sich in der Regel noch mehr oder weniger zahlreich kleine Vakuolen.

Die Zellen der höheren Pflanzen sind gewöhnlich durch eine mehr oder weniger derbe Haut gegen außen abgeschlossen. Diese Haut, Zellwand, Zellmembran, besteht zunächst aus Zellulose, Zellstoff, einem Kohlehydrat von der gleichen chemischen Zusammensetzung wie die Stärke $C_6 H_{10} O_5$; daneben kommen aber stets noch andere Stoffe in wechselnden Mengen vor, namentlich Pektinstoffe, Koniferin und Vanillin, Aschebestandteile usw. Bei niederen Pflanzen ist die Membran nicht immer zellulosehaltig; bei den Pilzen besteht sie vielleicht teilweise aus Chitin, bei manchen Bakterienarten sicher aus Eiweißkörpern.

b. Die Zellmembran.

Die Zellmembran geht aus der äußersten Schicht des Protoplasmas hervor und stellt an jungen Zellen ein äußerst zartes, dünnes Häutchen dar, welches allmählich durch Anlagerung neuer Schichten aus dem Protoplasma verstärkt wird, ein Vorgang, den man Wachstum durch Apposition genannt hat. Im Gegensatz dazu nennt man Wachstum durch Intussusception das Einrücken neuer Wandbestandteile zwischen bereits vorhandene in Lücken, welche dadurch entstehen, daß sich die Zellwand beim Wachstum der Zelle dehnt. Es kommt also auf diese Weise das Flächenwachstum der Membran zustande. Ein stärkeres Dickenwachstum erfolgt jedoch gewöhnlich erst gegen Ende des Flächenwachstums der Zellmembran. Man unterscheidet dann oft deutlich drei in ihrem Lichtbrechungsvermögen verschiedene, der ursprünglichen dünnen Zellmembran angelagerte Schichten, die man primäre, sekundäre und tertiäre Verdickungsschicht nennt. Auf der Fläche gesehen er-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0067-7 DFG

scheint die Zellmembran bei starker Vergrößerung oft gestreift (Fig. 25), oft aber ist die Membranverdickung sehr ungleichmäßig in der Zelle und es entstehen dann die Tüpfel.

Tüpfel sind rundliche oder elliptische Stellen, an denen die ursprüngliche Membran nicht verdickt wird. Sind die Verdickungsschichten sehr stark, so entstehen vollständige Kanäle, welche nur durch das sehr dünne primäre Häutchen verschlossen

Fig. 25. Gestreifte Zellmembran. Teil einer Bastfaser von Vinca.

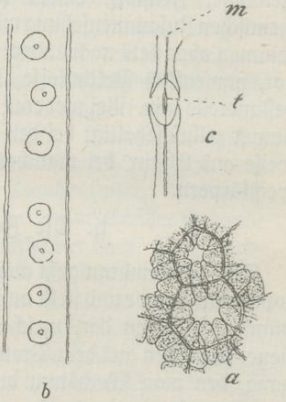


Fig. 26. a Korrespondierende Tüpfelkanäle in den Steinzellen der Birne, b Tracheide mit Hoftüpfeln aus dem Holz von Pinus silvestris, c Tüpfel im Querschnitt, m Mittellamelle, t Torus, vergr.

sind. Eigentümlicherweise korrespondieren die Tüpfel benachbarter Zellen genau miteinander, die Zellinhalte sind also hier nur durch die sehr feine primäre Membran, die Schließhaut, voneinander getrennt (Fig. 26a).

Eine besondere Art der Tüpfel stellen die Hoftüpfel (Fig. 26 b, c) dar, die wir bei den Nadelhölzern ausgebildet finden. Die

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0068-2

Verdickungsschichten weichen hier noch etwas von der primären Zellmembran zurück, so daß ein linsenförmiger Spalt entsteht. Die Schließhaut ist in der Mitte etwas verdickt (Torus). In den Siebröhren kommt es zur Ausbildung sehr großer unverdickter Membranstellen, der Siebplatten, welche durch feine Öffnungen durchlöchert sind.

Mitunter tritt eine Verdickung der Membran nur in den Ecken der Zelle auf, und man nennt solche Zellen, die namentlich im Stengel krautartiger Pflanzen häufig anzutreffen sind, Kollenchymzellen. Oft ist die Verdickung aber nur wie eine innere Aussteifung der Zelle durch einzelne Leisten oder Bänder erreicht, und man kann nach der Form der Verdickungsleisten ringförmige, schraubenförmige, netzförmige Verdickung unterscheiden. In den Wurzelhaaren von Marchantia kommt es zu einer zäpfchenartigen Verdickung.

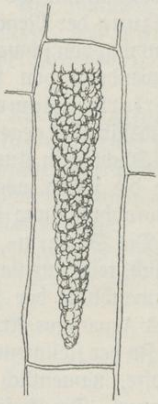


Fig. 27. Zelle aus dem Blattstiel einer Goldfußia mit Cystolith.

Zu den eigentümlichsten Formen der Verdickung gehört die Cystolithenbildung (Fig. 27). Es tritt ähnlich wie bei den Zäpfchen der Marchantiahaare zuerst an einer Stelle der Membran eine Verdickung auf, welche jedoch rasch stielförmig in das Innere der Zelle wächst und dort durch Dickenwachstum und Einlagerung von kohlensaurem Kalk zu einem keulenförmigen, buckeligen und warzigen Körper wird. Sehr langgestreckte schöne Cystolithen findet man im Stengel von Goldfußia-Arten, kürzere dickere in den Blättern des Gummibaumes (Ficus elastica).

Während in jungen Zellen die Membran meist aus reiner Zellulose besteht, ist sie in älteren Zellen sehr verschiedenartig

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0069-1

zusammengesetzt, oft verholzt oder verkorkt oder zu Schleim- oder Gummistoffen wenigstens teilweise umgewandelt. Man erkennt diese Umwandlung aus ihrem Verhalten gegen chemische Reagentien. Zellulose färbt sich mit Jod und Schwefelsäure blau, ebenso mit Chlorzinkjodlösung, sie ist löslich in Kupferoxydammoniak, unlöslich in verdünnten Säuren und Alkalien. Die Pektinstoffe dagegen, welche oft einen sehr wesentlichen Bestandteil der Membranen ausmachen, sind löslich in Alkalien, wenn vorher mit Säuren behandelt, und färben sich mit Jod und Schwefelsäure nicht blau. Eine Verholzung der Membran läßt sich durch Gelbfärbung bei Anwendung von schwefelsaurem Anilin, durch Violettfärbung bei Anwendung von Phloroglucin und Salzsäure nachweisen. Verkorkte Elemente zeichnen sich durch ihre große Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen Agentien, auch durch ihre Unlöslichkeit in Kupferoxydammoniak aus; sie werden ebenso wie die später noch zu besprechende Cuticula durch eine Chlorophyllösung intensiv grün gefärbt.

Die Schleim- und Gummiarten sind teils in Wasser löslich, teils nur stark aufquellend; sie entstehen zumeist durch Umwandlung der Zellmembran. Hierher gehören Tragant (aus Asparagus-Arten), Cerasin oder Kirschgummi usw.

In der Zellmembran sind aber außerdem auch anorganische Stoffe, namentlich kohlensaurer Kalk und Kieselsäure, abgelagert. Die Kieselsäure ist ein fast immer in der Epidermis der Gräser vorkommender Körper; am stärksten ist sie in den Oberhautzellen der Schachtelhalme abgelagert. Dort bildet sie eine zusammenhängende Schicht, welche als Kieselskelett zurückbleibt, wenn man das ganze Gewebe verbrennt. Auch oxalsaurer Kalk kommt zuweilen, und zwar in Kristallform, in der Membran vor, z. B. in den Bastzellen von Taxus und in den eigentümlichen verzweigten Zellen (Spikularzellen), welche das Grundgewebe des Stieles von Nuphar oder Nymphaea

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0070-2 DFG

durchsetzen. Phosphorsaurer Kalk ist ebenfalls als Einlagerung in die Zellmembran nachgewiesen. Die dunkle Färbung, welche die Membran oft zeigt, rührt entweder von gerbstoffartigen Körpern oder wie bei Blauholz, Rotholz usw. von wirklichen, auch technisch wichtigen Farbstoffen her (z. B. Hämatoxylin).

Im Endosperm mancher Palmen (z. B. Phytelephas, Phoenix dactylifera) werden die Membranen der Zellen sehr stark durch eine besondere Form der Zellulose, Reservezellulose, verdickt, welche bei der Keimung der Samen wieder aufgelöst und als Nährstoff benützt wird. Ein ähnlicher, in Kupferoxydammoniak aber unlöslicher Körper, das Paragalaktan, tritt in den Wandverdickungen der Kotyledonzellen von Lupinus luteus auf.

Mit der Zellulose nahe verwandt ist ein Körper, Kallose, welcher die Platten der Siebröhren im Alter vollständig bedeckt, aber, wie es scheint, auch in den Membranen von Pollenkörnern vorkommt. Sie ist unlöslich in Kupferoxydammoniak, aber leicht löslich in kalter 1prozentiger Natronlauge.

Bei der Betrachtung der Zellwände benachbarter Zellen eines Gewebes macht sich gewöhnlich eine mittlere Schicht, die

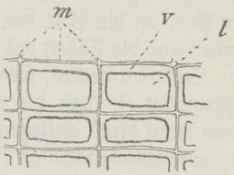


Fig. 28. Zellen aus dem Herbstholz der Tanne. m Mittellamelle, v Verdickungsschicht, l Zellumen, stark vergrößert.

Mittellamelle, bemerkbar (Fig. 28); sie geht aus der gemeinschaftlichen primären Scheidewand zweier Zellen hervor und wird gewöhnlich am meisten chemisch verändert. Sie ist am leichtesten zerstörbar, oft schon, wie bei der Kartoffelknolle,

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0071-8 DFG

durch Kochen. Man benützt die leichte Zerstörbarkeit der Mittellamelle dazu, die einzelnen Elemente eines Gewebes zu isolieren; es ist möglich, durch Mazeration, wie man den Prozeß nennt, ein Gewebe vollständig in die einzelnen Zellen aufzulösen, ohne daß die letzteren selbst beschädigt werden. Zur Mazeration verwendet man gewöhnlich das sogen. Schultzesche Mazerationsgemisch, chlorsaures Kali mit Salpetersäure, in welches die zu mazerierenden Gewebe gebracht werden.

c. Zell- und Kernteilung.

Die Zellkerne vermehren sich ausschließlich durch Teilung, welche direkt oder indirekt sein kann. Die direkte oder amitotische Kernteilung besteht in einer einfachen Einschnürung des Zellkernes, welche allmählich bis zur vollständigen Trennung der beiden Hälften führt; sie kommt namentlich in älteren, mehrkernigen Zellen vor, z. B. in den langgestreckten Internodialzellen von Tradescantia oder bei Characeen (Fig. 29).

Die indirekte oder mitotische Kernteilung, auch Karyokinese genannt, ist ein sehr viel komplizierterer Vorgang. Beim Beginn der Kernteilung rücken die beiden Centrosomen, wo solche vorhanden sind, an die Pole des Kernes, die Kernkörperchen verschwinden und die Fäden des Zellgerüstes treten deutlich in Form von Schleifen hervor, welche sich teilen. Die Kernmembran verschwindet, so daß die etwa vorhandenen Centrosomen jetzt dem Kern direkt anliegen; von ihnen gehen feine Plasmafäden, eine spindelförmige Figur, Kernspindel, bildend, nach der Mitte des Zellkerns, sich dort mit den von dem anderen Pol eintreffenden berührend. An diesen Berührungspunkten der beiden von den Polen ausgehenden Fäden sammeln sich Segmente des Kerngerüstes und bilden hier die sogenannte Kernplatte. Von dieser Kernplatte aus rücken die Segmente wieder nach den Polen zu, wo sich inzwischen

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0072-3 DFG

auch die Centrosomen geteilt haben. Von jedem ursprünglich aus einer Schleife hervorgegangenen Segmentpaar rückt das eine nach diesem, das andere nach jenem Pol des Zellkernes, so daß eine an einen Doppelstern erinnernde Zellfigur (Amphi-

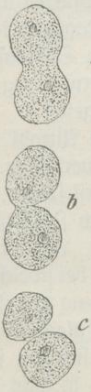


Fig. 29. Direkte Kernteilung in Internodialzellen von Tradescantia virginica. a—c der Reihe nach verschiedene Teilungszustände. Stark vergr.

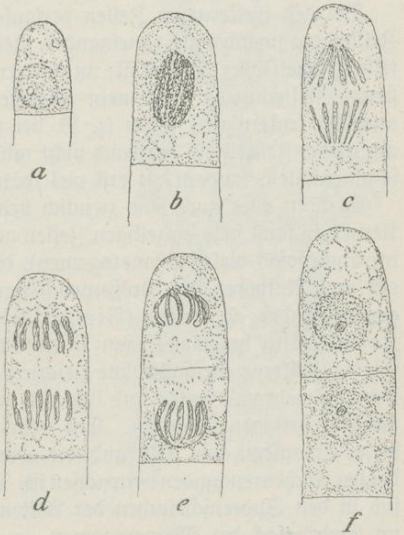


Fig. 30. Staubfadenhaar von Tradescantia virginica. a—f verschiedene Stadien der Kernteilung (Mitose). Stark vergrößert.

aster) entsteht. Dann entsteht, während die feinen, zwischen den beiden Polen ausgespannten Plasmafäden verschwinden, um jeden Pol eine neue Kernmembran, die Gerüstfäden bilden wieder einen dichten Knäuel und auch die Kernkörperchen treten in jedem der beiden jungen Zellkerne auf.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0073-9 DFG

Die Zellteilung findet in diesem Falle meist nahezu gleichzeitig mit der Kernteilung in der Weise statt, daß sich zwischen den in Teilung begriffenen Kernen eine Scheidewand bildet, welche überall bis an die Membran der Mutterzelle reicht und diese in zwei Tochterzellen wieder mit je einem Zellkern teilt.

Bei den vielkernigen Zellen verlaufen jedoch Kern- und Zellteilung unabhängig voneinander, gleichgültig ob die Kernteilung direkt oder indirekt ist; im ersteren Falle pflegen überhaupt Zellteilungen nicht mehr einzutreten. Dagegen kann auch bei einkernigen Zellen (z. B. bei manchen Süßwasseralgen) die Zellteilung durchaus nicht mit der Kernteilung zusammenfallen, sondern oft erst viel später erfolgen.

Es kann aber auch eine ziemlich bedeutende Anzahl von Kernen in sonst stets einzelligen Zellen gebildet werden (z. B. im Embryosack vieler Phanerogamen), die sich erst später, oft erst nach Aufhören des Größenwachstums, durch Zellwände gegeneinander abgrenzen (Vielzellbildung). Als freie Zellbildung bezeichnet man einen Vorgang, bei welchem sich die Zellkerne ebenfalls ohne gleichzeitige Bildung von Zellwänden mehrmals teilen und sich mit ungefähr gleichgroßen Plasmaportionen umgeben. Erst später bildet sich um jede dieser Energiden eine Zellwand, die aber frei, d. h. nicht mit der der Nachbarenergiden verwachsen ist. Dieser Vorgang findet sich in den Sporenschläuchen der Askomyceten, ähnlich auch im Embryosack der Phanerogamen.

Im Gegensatz zu der Zellteilung steht die Zellverschmelzung. Dieselbe kommt einmal ganz allgemein als Ausdruck der geschlechtlichen Fortpflanzung der Pflanzen bei der Befruchtung vor. Bei manchen niederen Kryptogamen sind beide miteinander verschmelzende Zellen einander gleich, bei den höheren Kryptogamen und den Phanerogamen läßt sich aber ein Unterschied zwischen der stets unbeweglichen weiblichen Zelle, der Eizelle, und der männlichen erkennen, die bei den höheren Kryptoga-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0074-5 DFG

men ein bewegliches Spermatozoid, bei den Phanerogamen der durch Wachstum an die Eizelle gelangende Pollenschlauch ist.

In einigen anderen, nicht der Fortpflanzung dienenden Zellen kommen ebenfalls Verschmelzungen vor, die man mit

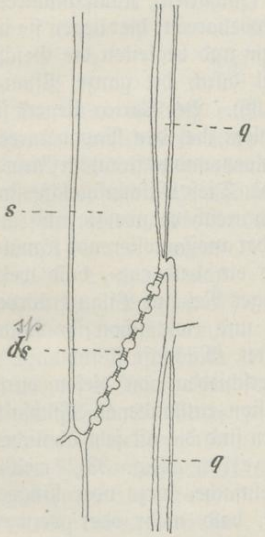


Fig. 31. Siebröhren von Vitis vinifera. s Siebröhre, sp Siebplatte, b Begleiter. Vergrößert.

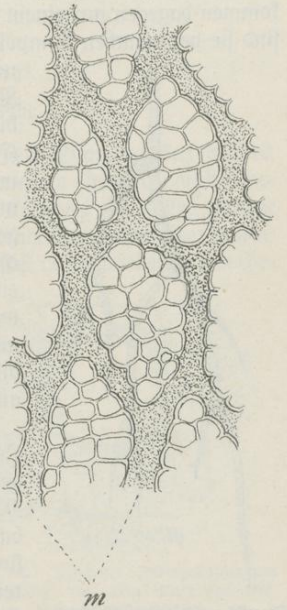


Fig. 32. Milchsaftgefäß aus der Rinde von Scorzonera Hispanica (m).

dem Namen Zellfusionen belegt hat. Solche Zellfusionen sind die Holzgefäße, die Siebröhren und die Milchsaftgefäße. Die Siebröhren bilden ursprünglich lange, schlauchförmige Zellen mit schief liegenden Querwänden, welche später siebartig durchbrochen werden (Fig. 31). Bei den Holzgefäßen

#gegliederte Milchsaftröhren.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0075-1 DFG

kommt es dagegen zu einer viel vollständigeren Resorption der Scheidewand; oft bleibt nur ein kleiner, ringförmiger Wulst als Rest zurück. Siebröhren und Holzgefäße sind allgemeine Bestandteile des Körpers der Gefäßpflanzen, Milchsaftgefäße kommen dagegen nur einem Teile zu. Besonders ausgebildet sind sie bei manchen Kompositen (Zichorien), Kampanulaceen und Lobeliaceen; hier liegen sie im Phloem und begleiten die Gefäßbündel durch die ganze Pflanze (Fig. 32). Bei Carica liegen sie im Xylem, bei den Papaveraceen im Phloem und zerstreut im Grundgewebe. Diese Milchsaftgefäße sind oft sehr reich verzweigte und mit einander anostomosierende Kanäle, welche ein bald eng-, bald weitmaschiges Netz im Pflanzenkörper bilden und, wie schon ihr Name andeutet, Milchsaft führen.

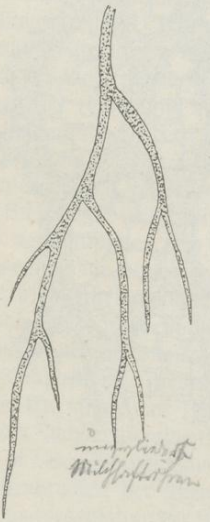


Fig. 33. Teil einer Milchzelle von einer Euphorbia.

Verschieden von diesen durch Zellfusion entstandenen Milchsaftgefäßen sind die oft sehr ähnlichen Milchzellen (Fig. 33), welche bald einfache, kurze oder langgestreckte, bald mehr oder weniger reich verzweigte, aber nicht durch Zellverschmelzung entstandene Zellen sind. Besonders reich verzweigt sind sie bei manchen Euphorbiaceen (z. B. bei Euphorbia splendens); auch bei den Apocynaceen und Asklepiadeen kommen sie vor. Manchmal, z. B. bei Hoja carnosa, erreichen die Milchzellen eine ganz außergewöhnliche Länge.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0076-7 DFG

Zellfusionen werden auch oft durch Verschmelzung von eng zusammenliegenden, nicht in die Länge gestreckten Zellen gebildet; dieselben werden als Drüsen bezeichnet und kommen nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern der Organe (innere Drüsen) vor.

2. Kapitel.

Die Gewebe.

Die durch Teilung entstandenen Pflanzenzellen bleiben außer bei den niederen Kryptogamen zu einem Gewebe verbunden. Als ein Gewebe kann ein Komplex von Zellen gleicher Gestalt, welche in engem Zusammenhange miteinander stehen, betrachtet werden. Die Gewebe selbst treten wieder zu den Gewebesystemen zusammen, die durchaus nicht gleichartige Zellen zu enthalten brauchen, aber mit Rücksicht auf ihre Aufgabe im Leben der Pflanze zusammengehörende Gruppen von Geweben umfassen. Man unterscheidet Hautgewebesystem, Grundgewebesystem und (Gefäßbündel-) system.

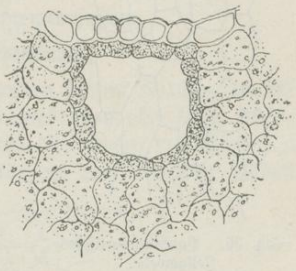


Fig. 34. Lysigener Interzellularraum (Ölbehälter) aus dem Blatt von Dictamnus. Vergrößert.

Diejenigen Teile einer Pflanze, in denen sich eine Differenzierung der Gewebe noch nicht vollzogen hat und die Zellen noch in rascher Teilung begriffen sind, bezeichnet man als Meristeme oder Teilungsgewebe, während man im Gegensatz hierzu alle anderen Teile Dauergewebe nennt. Ein Meristem selbst kann wieder ein Urmeristem oder ein Folge-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0077-2

meristem sein. Urmeristem nennt man dasjenige Teilungsgewebe, welches bereits im Embryo der Pflanze vorhanden ist und bei der weiteren Entwicklung der letzteren sich an ihren Vegetationspunkten befindet. Alle von diesem Urmeristem sich abzweigende Meristime, welche sich durchaus nicht immer an den Vegetationspunkten befinden, sondern sogar sehr oft zwischen Dauergewebe liegen, werden primär genannt. Ein

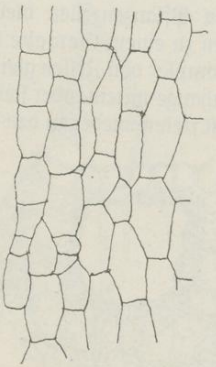


Fig. 35. Parenchymatisches Zellgewebe.

Fig. 36. Prosenchymatisches Zellgewebe.

Folgemeristem oder sekundäres Meristem entsteht, wenn aus einem bereits ausgebildeten Dauergewebe durch plötzliche Wiederaufnahme der Zellteilungen ein Teilungsgewebe hervorgeht.

Die Zellen eines Meristems schließen meist eng und lückenlos aneinander; bei dem Übergang in Dauergewebe bleibt dieser lückenlose Zusammenhang zwar oft bestehen, meist aber bilden sich kleinere oder größere Lücken, Interzellular-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0078-8

räume oder Zwischenräume, zwischen den Zellen. Dieselben verdanken ihren Ursprung meist einem einfachen Auseinanderweichen der Zellen und werden dann schizogen genannt; lysigen nennt man Interzellularräume, welche aus Zellen selbst, durch Auflösung oder Zerreißung derselben, hervorgehen (Fig. 34).

So verschieden die Zellen der Gewebe auch gestaltet sein mögen, es lassen sich doch nach der Form der Zellen zwei Grundtypen der Gewebe erkennen: Parenchym (Fig. 35) und Prosenchym (Fig. 36). Die Zellen des Parenchyms sind meist nicht viel länger als breit, dünnwandig, gewöhnlich reich an Protoplasma, diejenigen des Prosenchyms dagegen vielmals länger als breit, dickwandig, an den Enden zugespitzt, inhaltsarm. Zwischen beiden Gewebeformen kommen natürlich verschiedene Übergänge vor.

a. Das Hautgewebesystem.

1. Die Epidermis.

Bei den niederen Kryptogamen kommt es nicht zur Bildung eines besonderen Hautgewebes; wohl aber kann, wie bei manchen hoch entwickelten Algen (Florideen) und Pilzen, an der Oberfläche des Pflanzenkörpers eine derartige Ausbil-

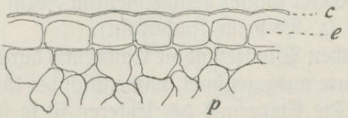


Fig. 37. Querschnitt durch die Epidermis eines Laubblattes. c Cuticula, e Epidermis, p Blattparenchym.

dung des Grundgewebes auftreten, daß die bei höheren Pflanzen durchweg vorhandene Hautschicht ersetzt wird. Bei den farnartigen Pflanzen und bei den Phanerogamen ist dagegen eine besonders ausgebildete Hautschicht, die Oberhaut, Epidermis, vorhanden (Fig. 37). Dieselbe besteht aus meist nur

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0079-6

einer Lage lückenlos aneinanderschließender Zellen, welche oft sehr eigenartige Formen zeigen. Über die Epidermis verläuft ein dünnes, zusammenhängendes Häutchen, die Cuticula, welches trotz seiner Zartheit außerordentlich fest und widerstandsfähig ist und namentlich der Wasserverdunstung einen großen Widerstand entgegensetzt. Die Cuticula entsteht aus den äußersten Zellwandschichten der Epidermiszellen und ist wie die Außenwände dieser Zellen überhaupt stark kutinisiert, d. h. durch Einlagerung von Kutin, einem dem Kork ähnlichen, aber von ihm verschiedenen Stoff besonders widerstandsfähig gemacht. Noch einen anderen Schutz zeigt die Epidermis sehr häufig, der die Wasserverdunstung herabsetzt, nämlich eine Durchtränkung der Außenwände mit Wachs. Zuweilen ist die Cuticula auch noch mit einem Wachsüberzug versehen, der in Form von Körnchen, dicht aneinander gedrängten Stäbchen oder zu Krusten vereinigten Schüppchen einen Reif auf den betreffenden Pflanzenorganen bildet. Bei der peruanischen Wachspalme (Ceroxylon andicola) bildet sich auf den Blättern eine 2—5 mm dicke Wachsschicht (Pflanzenwachs). Auch der eigenartige Reif auf unseren Pflaumen besteht aus Wachs. Ebenso wird auf den Stengeln und namentlich auf den Knoten vieler Gräser Wachs meist in Form von Stäbchen abgeschieden (z. B. beim Zuckerrohr).

Bei manchen Pflanzen ist die Epidermis durch Einlagerung von Kieselsäure ausgezeichnet, namentlich bei Gramineen und Equiseten. Die Epidermis der letzteren ist so stark verkieselt, daß man durch Glühen ihre Form nicht zerstören kann, sondern ein Kieselskelett von ihr erhält. Der Inhalt ist meist arm an Protoplasma, gewöhnlich farblos, Chlorophyllkörner fehlen meist und sind nur bei Farnen und einigen wenigen Phanerogamen gefunden worden.

Der Gasaustausch, der bei den Pflanzen eine sehr große Rolle spielt, würde durch die Epidermis mit ihrer Cuticula

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0080-8 DFG

fast vollständig unterdrückt werden, wenn nicht durch die Spaltöffnungen (Fig. 38 I sp) in hinreichender Weise dafür gesorgt wäre. Diese Spaltöffnungen bestehen aus je einem

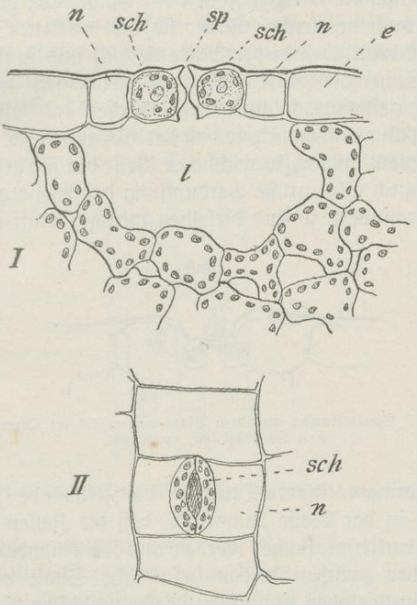


Fig. 38. I Spaltöffnung im Querschnitt (Tradescantia virginica). sch Schließzellen, sp Spalt, l Lufthöhle, n Nebenzellen, e Epidermiszellen. II Spaltöffnung von oben. sch Schließzelle, n Nebenzelle.

Paar kleiner ellipsoidischer, oft etwas wurstförmig gestalteter, stets chlorophyllführender Zellen, den Schließzellen, welche schon sehr frühzeitig durch Teilung aus einer Epidermiszelle hervorgehen und im Gegensatz zu den übrigen, eng

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0081-3 DFG

miteinander verbundenen Zellen der Oberhaut zwischen sich eine Öffnung lassen, die je nach dem Bedürfnis des Gasaustausches erweitert oder verengert wird. Die Zellen selbst liegen teils tiefer als die übrigen Zellen der Epidermis, teils höher, zuweilen auch in gleicher Linie; sie sind an der Ober- und Unterseite, nicht aber in der Mitte verdickt und funktionieren wie ein Sicherheitsventil. Sind die Zellen sehr wasserreich und straff gespannt, so sind sie rundlicher und lassen einen weiten Spalt zwischen sich, so daß der Gasaustausch, also auch die Wasserverdunstung, in reichlicher Weise vor sich gehen kann. Ist aber durch allzu große Verdunstung der Wassergehalt der Zellen vermindert, so sind dieselben weniger straff gespannt,

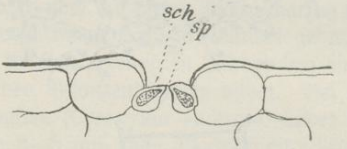


Fig. 39. Spaltöffnung aus dem Blatt einer Iris im Querschnitt. sch Schließzellen, sp Spalt.

und der geringere innere Druck auf die Zellwände (Turgor) macht sich in der Weise bemerklich, daß die Zellen an ihrer Rundung verlieren, flacher werden und sich einander nähern, wodurch der zwischen beiden befindliche Spalt verkleinert wird. Denn die oben und unten stärker verdickten Wände der Schließzellen bringen naturgemäß bei verringertem Inhalt eine Streckung nach der Richtung der unverdickten Stellen der Membran mit sich. Auf diese Weise wird dann der Gasaustausch und die Verdunstung herabgesetzt und dem jeweiligen Bedürfnis der Pflanze angepaßt.

Spaltöffnungen finden sich schon in sehr einfacher Form in der oberen Zellschicht der Kapseln einiger Moose; bei einem

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0082-9 DFG

Lebermoos, Marchantia polymorpha, kommt es wenigstens zur Ausbildung einer Atemöffnung, die allerdings von dem Bau anderer Spaltöffnungen sehr verschieden ist. Auch bei den Farnkräutern sind die Spaltöffnungen recht verschieden gestaltet, so bei Aneimia fraxinifolia, wo die beiden Schließzellen von einer einzigen Epidermiszelle umschlossen sind. Diese eigentümliche Lagerung kommt dadurch zustande, daß die Mutterzelle der Schließzellen aus der Epidermiszelle in der Weise herausgeschnitten wird, wie man etwa mit dem Korkbohrer aus einem Kork ein Stück herausschneidet. Bei anderen

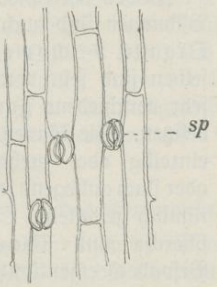


*Fig. 40. Epidermis mit Spaltöffnungen (sp) von Leucojum vernum.

Farnen und namentlich bei vielen Monokotyledonen werden auch die den Schließzellen benachbarten Zellen mit bei der Bildung der Spaltöffnungen beteiligt; sie weichen dann in der Form von den Epidermiszellen etwas ab und werden Nebenzellen genannt.

Die Spaltöffnungen liegen stets über größeren Interzellularräumen, Luftkammern oder Atemhöhlen, durch welche der weitere Gasaustausch mit den benachbarten Zellen vermittelt wird. Mehr oder weniger kommen allen der Luft ausgesetzten Pflanzenteilen Spaltöffnungen zu; namentlich

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0083-5

reichlich vorhanden sind sie auf der Unterseite der Laubblätter, während sie der Oberseite zuweilen ganz fehlen können. Den Wurzeln fehlen die Spaltöffnungen vollkommen; auch untergetauchten Organen gehen sie oft ab.

Manche Pflanzen (z. B. Tropaeolum majus) besitzen an den Nervenendigungen der Blätter ähnlich gebaute Organe, die aber nicht dem Gasaustausch dienen, sondern der Abscheidung von flüssigem Wasser, und daher Wasserspalten genannt werden.

Fig. 41. Brennhaar von Urtica dioica.

Zu den der Epidermis angehörenden Bildungen sind auch die haarartigen Organe, Trichome, zu rechnen. Dieselben sind sehr verbreitet und können sehr verschiedene Form und Ausbildung besitzen. Sie können einfach, verzweigt, einzellig oder mehrzellig, aufgerichtet oder flach anliegend sein. Auch die eigentümlich gestalteten Schuppen von Shepherdia und Elaeagnus sind Haare. Besonders eigentümlich gebaut sind die Drüsenhaare vieler Pflanzen, bei denen sich zwischen den Zellen des Haares und der abgehobenen Cuticula (z. B. Juglans regia) ein Sekret anhäuft. Die Brennhaare der Brennessel (Urtica) bestehen aus einer einzigen langgezogenen spitzen, unten bauchig erweiterten Zelle, welche mit dem bauchig angeschwollenen Teil in einen Träger des darunterliegenden Gewebes eingesenkt ist. An dem Aufbau dieses Trägers beteiligt sich auch das unter der Epidermis liegende Gewebe. Das Haar endigt oben in ein stark verkieseltes Köpfchen, welches bei Berührung in die Haut eindringt und abbricht, so daß sich der starkes

Brennen verursachende Inhalt der Zelle in die kleine Wunde ergießen kann. Der das Brennen verursachende Stoff ist noch unbekannt.

Bei manchen haarartigen Gebilden beteiligt sich aber außer der Epidermis auch noch das darunter liegende Gewebe am Aufbau, man nennt sie dann Emergenzen. Solche Emergenzen sind beispielsweise die Drüsenhaare von Drosera, welche an ihrer Oberfläche eine schleimige klebrige Substanz absondern, an der kleine Insekten hängen bleiben und verdaut werden. Bei anderen haarartigen Gebilden werden schleimige oder harzige Substanzen zwischen Oberhautzellen und Cuticula abgesondert (Drüsenzotten an jungen Knospen), oder der Schleim bildet sich durch Quellung der äußeren Membranschichten unter der Cuticula (Leimzotten oder Kolleteren). Zu den haarartigen Gebilden gehören auch die Stacheln, z. B. bei den Rosen, die hier fälschlich Dornen genannt werden.

2. Das Korkgewebe.

Manchen, namentlich einjährigen Pflanzen kommt als Hautgewebesystem ausschließlich die Oberhaut zu. Bei mehrjährigen Pflanzen wird dagegen die Epidermis durch ein darunter liegendes Gewebe, Korkgewebe oder Periderm, in ihren Funktionen unterstützt. Dasselbe besteht aus eng aneinanderliegenden, meist sehr regelmäßigen, tafelförmigen Zellen und nimmt bald einen sehr geringen, bald einen ziemlich mächtigen Raum ein. Besonders stark entwickelt ist es bei der Korkeiche. Bei unseren einheimischen Pflanzen erreicht er bei der Rüster (Ulmus campestris) und dem Feldahorn (Acer campestre) die größte Ausdehnung.

Das Korkgewebe geht aus einer unter der Epidermis oder etwas tiefer in der Rinde gelegenen Schicht, dem Korkkambium oder Phellogen, hervor, welches nach außen zu Korkzellen

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0085-6 DFG

(Periderm), oft nach innen zu ein als Phelloderm bezeichnetes Gewebe abscheidet. In der Korkschicht finden sich Öffnungen, die als Rindenporen oder Lenticellen bezeichnet werden. Sie werden dadurch gebildet, daß zwischen den Korkzellen Gruppen nicht verkorkter und nicht lückenlos aneinander schließender Zellen, die auch länger als die Korkzellen Plasma führen, entstehen, welche die Epidermis sprengen und so einen Gasaustausch nach dem Innern durch die Korkschicht gestatten. Die Epidermis stirbt über dem Periderm nach und nach ab und wird oft mit dem ältesten Teil des Periderms abgestoßen. Ent-

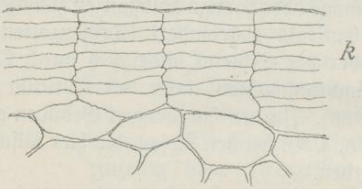


Fig. 42. Korkgewebe aus der Schale der Kartoffel. Vergrößert.

steht das Korkgewebe in der Rinde, so sterben auch die äußeren Teile der Rinde mit ab, und es entsteht aus den abgestorbenen Rinden- und Peridermschichten die Borke, welche ebenfalls bei weiterer Entwicklung abgestoßen wird, da in jedem Jahr eine neue Schicht Rinde und Periderm hinzukommt. — Das Korkgewebe ist sehr verbreitet, es findet sich nicht nur an Stamm und Zweigen der Holzgewächse, sondern auch z. B. in der Schale der Kartoffelknolle. Verkorkte Zellwände kommen außerdem noch häufig den Harze und Öle führenden Zellen zu.

b. Das Grundgewebesystem.

Das Grundgewebe besteht vorzugsweise aus parenchymatischen Zellen, mitunter neben solchen auch Kollenchym oder

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0086-2 DFG

Sklerenchym enthaltend. Bei den Monokotyledonen füllt das Grundgewebe den ganzen Stamm zwischen den Gefäßbündeln aus, bei den Dikotyledonen und Gymnospermen bildet es das Mark, den zentralen Teil des Stammes, die von diesem ausgehenden und radial zwischen den Gefäßbündeln verlaufenden Markstrahlen und einen sehr verschieden großen, zwischen dem Hautgewebe und den Gefäßbündeln liegenden Teil, welcher als Grundgewebe der Rinde bezeichnet wird. Bei den Gymnospermen und Dikotylen tritt das Grundgewebe oft sehr gegen das Gefäßbündelsystem an Masse zurück. Reichlich entwickelt ist das Grundgewebe in allen Blättern, wo es hauptsächlich die Aufgabe hat, der Assimilation zu dienen. Sehr reichlich ist es auch in vielen Früchten entwickelt, z. B. im Apfel, wo es fast die ganze Masse zwischen der Schale und dem Kerngehäuse ausmacht, ferner in der Schneebeere (Symphoricarpus ramosus), wo die einzelnen Zellen des Grundgewebes sich bei der Reife voneinander lösen, so daß man sie mit einer Nadel im Wassertropfen zerteilen kann. Ebenso ist es in den Knollen und Zwiebeln, oft auch in den Rhizomen und zu Reservestoffbehältern irgendwelcher Art umgewandelten Organen vertreten. Bei den niederen Pflanzen, z. B. bei den höher entwickelten Algen und vielen Moosen, kann man eigentlich überhaupt nur von Grundgewebe reden, soweit es sich bei diesen Pflanzen um echte Gewebe handelt und die gewebeartigen Bildungen nicht durch nachträgliche Verwachsung der Zellen zustande kommen (Pseudoparenchym), also gar keine echten Gewebe sind.

Dem Grundgewebe fällt hauptsächlich die Aufgabe zu, die Nährstoffe zu verarbeiten und Reservestoffe zu speichern; demgemäß ist der Innenraum der Zelle, also der Arbeitsraum, in der Regel verhältnismäßig groß, die Zellwände dünn, der Gehalt an Protoplasma bedeutend gegenüber den Zellen des Hautgewebesystems und denen des Gefäßbündelsystems. Auch

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0087-8 DFG

ist das Gewebe meist reich mit Interzellularräumen, die ein vollständiges Durchlüftungssystem bilden, durchsetzt, die bei manchen Arten, namentlich Wasserpflanzen, verhältnismäßig riesige Dimensionen annehmen können. Eigentümliche Bildungen sind die bei manchen Pflanzen, z. B. bei den Aroideen, bei Nymphäaceen und beim Teestrauch, auftretenden Grundgewebshaare (Idioblasten), welche oft die wunderbarsten

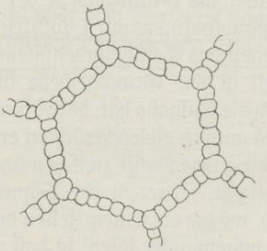


Fig. 43. Große Interzellularräume im Stengel von Nuphar.

verzweigten Gestalten annehmen. Bei Nuphar sind in die Membran derselben kleine zahlreiche Kristalle von oxalsaurem Kalk eingelagert.

Wo das Grundgewebe außer den angegebenen Aufgaben auch noch zur Festigung der Pflanze dienen soll, wird es entweder durch Sklerenchymfasern oder durch Kollenchym verstärkt. Erstere treten in Form von langen dünnen, nadelförmigen, zugespitzten Zellen mit stark verdickten Zellwänden auf, letzteres bildet, namentlich in jungen, noch wachsenden Stengelteilen, Gewebe, die aus unverholzten, aber in den Ecken oft sehr stark verdickten Zellen bestehen.

c. Das Gefäßbündelsystem.

Schon bei den Moosen treten in den Blattrippen, teilweise auch im Stengel, Bündel langgestreckter Zellen auf, welche in

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0088-4

einfachster Form der Leitung dienen und deshalb Leitbündel genannt werden; echte Gefäße oder Siebröhren kommen in ihnen nicht vor, sondern treten erst bei den Farnen und Phanerogamen auf. Hier treten Gefäßteil (Vasalteil, Xylem, Hadrom) und Siebteil (Cribralteil, Phloem, Leptom) zu dem oft aus sehr verschiedenartigen Zellelementen zusammengesetzten Gefäßbündel zusammen.

Die Gefäßbündel liegen bei den Monokotyledonen zerstreut im Grundgewebe des Stammes, nach der Peripherie zu dichter, aber meist auch kleiner werdend. Bei den Gymnospermen und Dikotyledonen bilden die Gefäßbündel dagegen die Hauptmasse des Stammes, das Grundgewebe tritt mehr zurück und ist oft nur auf Mark, Markstrahlen und Rindenparenchym beschränkt. Die Gefäßbündel laufen meist in die Blätter aus und werden dann Blattspurstränge genannt; bei den Monokotyledonen kommen jedoch auch Gefäßbündel vor, welche nur dem Stamme angehören und daher „stammeigene Gefäßbündel" heißen.

Die Gefäßbündel können sehr verschieden gebildet sein; man kann dabei hauptsächlich drei verschiedene Formen unterscheiden. Das konzentrische Gefäßbündel (Gefäßkryptogamen) besitzt einen zentralen Gefäßteil, der von einem Phloemteil rings umgeben ist. Seltener kommt es vor, daß das Phloem zentral und das Xylem um dasselbe herum gelegen ist (Rhizom von Acorus calamus). 1)

Bei dem kollateralen (Fig. 46) Gefäßbündel liegen Xylem und Phloem hintereinander, das erstere nach der Mitte des Stammes zu, im Blatt nach der Oberseite, das letztere nach der Rinde, im Blatt nach der Unterseite zu. Nur bei wenigen Pflanzen (z. B. Centaureen) ist die Reihenfolge in einzelnen Fällen umgekehrt. Zuweilen liegt auch noch ein zweiter Phloemteil auf der Innenseite des Xylems und dann entsteht das bikollaterale Gefäßbündel (Cucurbitaceen). 2) 3)

Solanaceae

Bei dem radialen Gefäßbündel endlich liegen Phloem und Xylem nebeneinander in radialer Richtung angeordnet (Wurzeln mancher Monokotyledonen).

Zwischen den einzelnen Formen der Gefäßbündel existieren Übergänge. Bei den Pteridophyten kommen verschiedenartige Verschmelzungen von Gefäßbündeln vor, die sehr eigentüm-

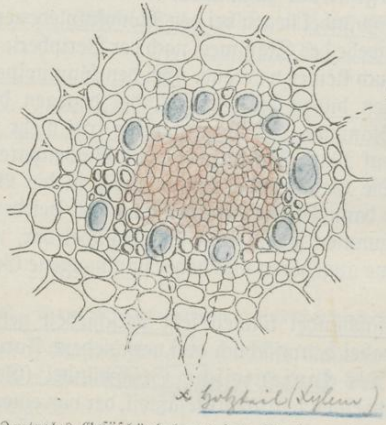


Fig. 44. Zentrales Gefäßbündel aus dem Mark von Statice caspica. p Phloem, x Xylem.

liche Formen annehmen können, z. B. in den Wedelstielen des Adlerfarns.

Die Elemente, aus denen Xylem und Phloem bestehen, sind nicht bei allen Pflanzen die gleichen. Im Xylem treten in der Regel Tracheen, Tracheiden und Holzparenchym auf. Die Tracheen oder Gefäße sind längere Röhren mit eigentümlicher leiter- oder treppenförmiger, netzförmiger oder schraubenförmiger Verdickung oder mit Hoftüpfeln; sie werden nicht von vornherein als einzelne Zellen angelegt, sondern entstehen

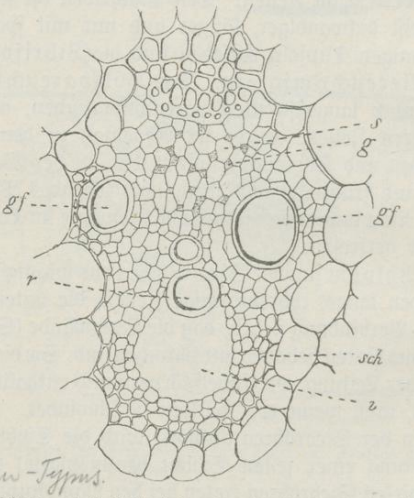
aus Zellreihen, indem die Querwände zwischen mehreren aufeinander folgenden Zellen nachträglich wieder aufgelöst werden. Die Tracheiden hingegen sind zwar den Tracheen oft sehr ähnlich, auch hinsichtlich der Verdickung, aber meist englumiger und nicht durch Verschmelzung mehrerer Zellen hervorgegangen, sondern selbst Zellen. Den Tracheiden oft sehr ähnlich, aber meist dickwandiger, länger und nur mit spalten- oder schlitzförmigen Tüpfeln versehen sind die Libriformfasern oder Sklerenchymfasern. Das Holzparenchym besteht aus ziemlich langgestreckten parenchymatischen, meist dünnwandigeren Zellen, welche im Gegensatz zu den Tracheen, Tracheiden und Sklerenchymfasern, die nur der Wasserleitung dienen und frühzeitig absterben, noch lebendes Plasma enthalten. Nicht immer sind jedoch alle Elemente im Xylem nebeneinander vertreten.

Im Phloem sind die Siebröhren das wichtigste Element. Sie bilden lange, röhrenförmige Zellen, die miteinander dadurch in Verbindung stehen, daß die Querwände (Siebplatten) durch feine Poren siebartig durchbrochen sind. Sie dienen hauptsächlich der Leitung von Eiweißkörpern und enthalten lebendes Plasma, auch wenn der Zellkern verschwindet. Sobald die Funktion der Siebröhren aufhört, wird die Siebplatte durch Auflagerung einer festen Schicht (Callusplatte) verschlossen. Neben diesen Siebröhren treten bei den Monokotylen und Ranunculaceen noch englumige, langgestreckte Geleitzellen auf, welche durch Längsteilung frühzeitig von den Siebzellen abgeschieden werden und sich von diesen durch reicheren Gehalt an Plasma, Vorhandensein eines Zellkernes und viel geringeren Durchmesser unterscheiden. Statt der Geleitzellen findet sich bei den Pteridophyten und Gymnospermen ein langgestrecktes Phloemparenchym; bei den Dikotyledonen kommen Geleitzellen und Phloemparenchym vor. Diese Elemente des Siebteiles zeigen niemals Verholzung, dagegen kommen als

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0091-2 DFG

Bastfasern bezeichnete, stark verdickte und meist auch verholzte langgestreckte Zellen vor, die sich von den Libriformfasern oft nur durch ihre Lage im Siebteil unterscheiden. Sklerenchymfasern

Bei den meisten Pteridophyten und bei den Monokotyledonen bleibt bei der Bildung des Gefäßbündels kein meriste-



Monarchylem-Typus.

Fig. 45. Geschlossenes Gefäßbündel. Querschnitt durch ein Gefäßbündel von Zea Mays. s Siebröhren, g Geleitzellen, gf Gefäße, sch Scheide, i Interzellularraum, r Ringgefäß. Vergrößert.

matisches Gewebe übrig, alle Zellen gehen in Dauergewebe über. Man nennt solche Gefäßbündel geschlossene (Fig. 45). Offene Gefäßbündel (Fig. 46) haben dagegen die Gymnospermen und Dikotyledonen, weil bei ihnen zwischen Phloem und Xylem ein Teil des Meristems als Kambium erhalten bleibt.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0092-8 DFG

Der Verlauf der Gefäßbündel im Stamme ist nicht überall der gleiche; gewöhnlich bilden die Gefäßbündel durch wiederholte, meist ziemlich regelmäßige Verzweigung und Wiedervereinigung ein Maschengeflecht, von welchem aus einzelne Zweige, die Blattspurstränge, in die Blätter abbiegen. Dieses Maschengeflecht von Gefäßbündeln ist kreisförmig um

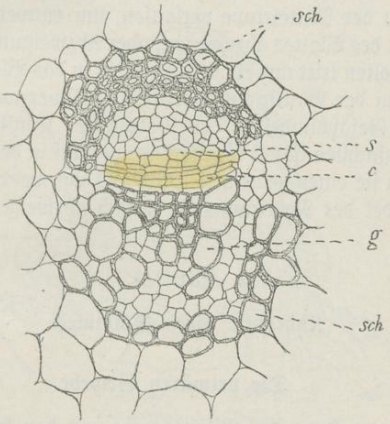


Fig. 46. Offenes kollaterales Gefäßbündel (Dikotyledonentypus, Ranunculus repens). sch Gefäßbündelscheide, s Siebröhren, c Kambium, g Gefäße. Vergrößert.

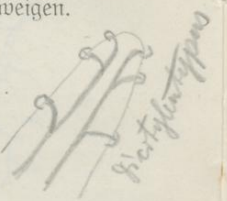
den zentralen Teil des Stammes angeordnet. Bei den meisten Monokotyledonen erscheinen die Gefäßbündelstränge jedoch nicht kreisförmig auf dem Querschnitt angeordnet, sondern unregelmäßig durch den ganzen Stamm zerstreut. Das liegt daran, daß die Stränge nicht parallel der Oberfläche des Stammes verlaufen, sondern schräg nach der Mitte zu aufsteigen, um sich dann in einer scharfen Biegung nach außen zu wenden

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0093-4 DFG

und in das Blatt einzutreten. Da sich hier die Gefäßbündel sehr frühzeitig teilen und dann lange Strecken verlaufen, ohne sich wieder zu teilen oder zu vereinigen, so erscheint das Maschenwerk viel lockerer als bei den Dikotyledonen. Bei den Monokotyledonen mit stengelumfassenden Blättern treten die Gefäßbündel im ganzen Umkreis des Stammes in die Blätter.

In die Blätter treten meist mehrere Gefäßbündel, die zusammen in der Mittelrippe verlaufen, um entweder selbst in die Nerven des Blattes abzubiegen, oder Abzweigungen zu entsenden. Selten tritt nur ein Gefäßbündel in das Blatt, welches sich dann in der Blattspreite verzweigt. Unverzweigt bleiben z. B. die Gefäßbündel in den Nadeln der Koniferen.

Am einfachsten ist der Gefäßbündelverlauf in den Wurzeln; hier bilden sie einen zentralen Zylinder, von welchem aus die Gefäßbündel der Nebenwurzeln einfach abzweigen.



3. Kapitel.

Anatomie des Stammes.

a. Die primären Gewebe.

Die Entwicklung der Pflanze geht von den Vegetationspunkten aus, wo hauptsächlich eine rasche Zellteilung und die Anlage der Organe erfolgt. Bei den Phanerogamen wird die Spitze des Vegetationskegels durch eine Gruppe von Zellen eingenommen, Scheitelzellgruppe, bei den meisten Pteridophyten durch eine einzige Zelle, die Scheitelzelle. Die von diesen Zellen durch Teilung abgeschnittenen Tochterzellen teilen sich gewöhnlich noch mehrfach und bilden, solange sich noch keine Differenzierungen zwischen ihnen bemerkbar machen, ein sehr kleinzelliges, plasmareiches Gewebe, das Meristem. Dabei verlaufen die Zellwände deutlich in zwei aufeinander senk-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0094-0 DFG

rechten Richtungen, einmal parallel mit der Peripherie des Organes, periklin, und dann senkrecht zur Oberfläche, antiklin. Bald aber macht sich in den verschiedenen Schichten eine verschiedene Entwicklung der Zellen bemerkbar; aus der äußersten Zellschicht, dem Dermatogen, entsteht die Epidermis; die darauf folgenden Zellschichten, vier oder mehr an der Zahl, bilden das Periblem, aus welchem sich die Rinde entwickelt;

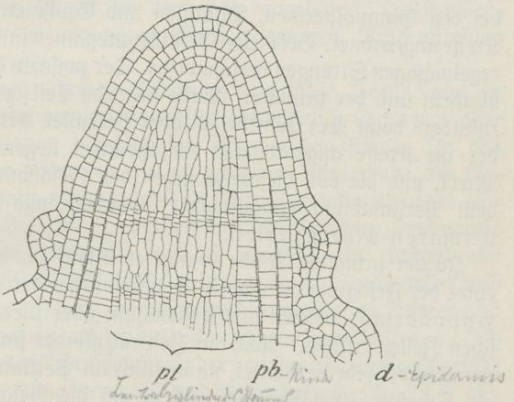


Fig. 47. Vegetationskegel des Stammes von Hippuris vulgaris. d Dermatogen, pl Plerom, pb Periblem.

der innerste Teil, oft nur von einer unter dem Scheitel liegenden Zelle ausgehend, bildet das Plerom, den späteren Zentralzylinder des Stammes. Oft sind diese drei Schichten deutlich voneinander abgegrenzt, manchmal aber gehen sie so ineinander über, daß man zwischen Dermatogen und Periblem oder zwischen diesem und dem Plerom keine Grenze ziehen kann.

Die unter der Epidermis liegenden Zellschichten enthalten häufig Chlorophyll; sie werden dann als primäre Rinde

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0095-6

bezeichnet. Gegen das darunter liegende Gewebe des Zentralzylinders grenzt sich die primäre Rinde zuweilen durch eine besonders ausgebildete Zellschicht ab, welche, wenn ihre Querwände teilweise verkorkt sind und an diesen Stellen dunkel erscheinen, als Endodermis, wenn ihre Zellen mit Stärke reich angefüllt sind, als Stärkescheide bezeichnet wird. In dem Zentralzylinder liegen die Gefäßbündel bei den Monokotyledonen ohne besondere Anordnung zerstreut im Grundgewebe, bei den Gymnospermen, Dikotylen und Equiseten in einem Kreise angeordnet. Bei vielen Gefäßkryptogamen sind sie zu unregelmäßigen Strängen verschmolzen. Der zwischen den Gefäßbündeln und der primären Rinde liegende Teil des Zentralzylinders heißt Perikambium oder Perizykel, der innerhalb der im Kreise angeordneten Gefäßbündel liegende ist das Mark, und die von diesem zwischen den Gefäßbündeln nach dem Perikambium verlaufenden Gewebsstränge bilden die primären Markstrahlen.

In der primären Rinde kommt es öfters zur Ausbildung eines der Festigung dienenden Gewebes unter der Epidermis, Hypoderma, welches aus Kollenchym oder sklerenchymatischen Zellen besteht. Auch im Zentralzylinder sind Sklerenchymbündel sehr verbreitet, namentlich im Perikambium und als Scheiden (Gefäßbündelscheiden) um die Gefäßbündel.

b. Nachträgliches Dickenwachstum. (secundäres).

Bei den Gymnospermen und den Dikotyledonen kommt es dadurch zu einem nachträglichen Dickenwachstum des Stammes, daß das Kambium der Gefäßbündel erneut in Tätigkeit tritt und auch zwischen den einzelnen Gefäßbündeln ein sekundäres oder Folgemeristem, das Interfascikularkambium, entsteht. Das Kambium der Gefäßbündel bildet schließlich mit dem Interfascikularkambium ein geschlossenes Gewebe, aus

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0096-2 DFG

welchem nach innen zu fortgesetzt Gefäße, nach außen Siebzellen abgeschieden werden. Auf diese Weise entsteht das sekundäre Xylem und das sekundäre Phloem (sekundäre Rinde). Die Zellen des sekundären Xylems und Phloems sind denen in den primären Gefäßbündeln gleich und wie diese langgestreckt. Dazwischen kommen parenchymatische Zellen in radial verlaufenden Zügen zur Entwicklung, welche den Markstrahlen ähneln und, soweit sie dem Holz angehören, Holzstrahlen, soweit sie der sekundären Rinde angehören, Rindenstrahlen genannt werden.

Bei mehrjährigen Pflanzen geht diese Entwicklung in jeder Vegetationsperiode weiter; gewöhnlich überwiegt aber die Holzbildung erheblich die Bildung der Rinde. In den gemäßigten Klimaten, wo es zu einer Winterruhe der Gewächse kommt, lassen sich die in jeder Vegetationsperiode entstandenen Holzschichten als konzentrische Schichten, sogenannte Jahresringe, erkennen, weil die im Frühjahr entstandenen Holzelemente (Frühjahrsholz) viel größeren Durchmesser und viel dünnere Zellwände haben und infolgedessen lockerer und heller erscheinen, als die des dickwandigen Herbstholzes, die sich scharf gegen das Frühjahrsholz der nächsten Vegetationsperiode abgrenzen. Dagegen geht das Frühjahrsholz allmählich und ohne scharfe Grenze in das Herbstholz derselben Vegetationsperiode über. In den Tropen, in denen das Wachstum oft annähernd gleichmäßig das ganze Jahr über andauert, sind auch oft keine Jahresringe zu erkennen. Das ältere, dunkler gefärbte, dichtere und härtere innere Holz wird als Kernholz von dem Splint, dem helleren, weicheren äußeren Holze unterschieden. Manche Bäume, z. B. Linde, Tanne, lassen einen Unterschied zwischen Kernholz und Splint nicht erkennen.

Bei den Monokotyledonen und Gefäßkryptogamen findet ein nachträgliches Dickenwachstum des Stammes durch Neu-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0097-8 DFG

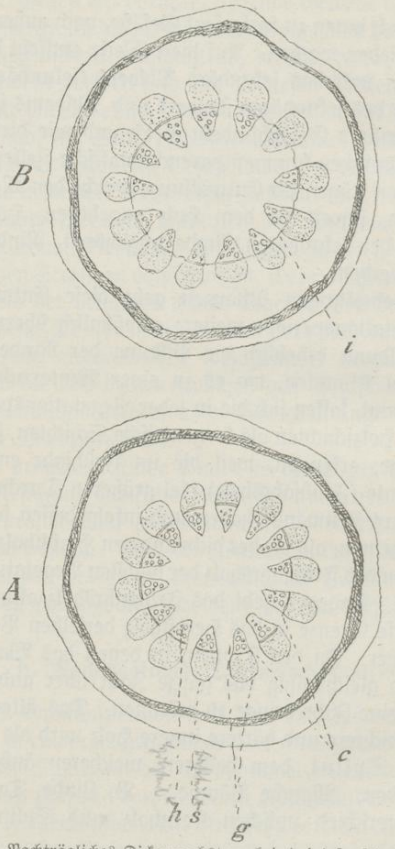


Fig. 48. Nachträgliches Dickenwachstum bei Aristolochia Sipho. A Interfascikularkambium noch nicht ausgebildet. B Interfascikularkambium ausgebildet. g Gefäßbündel, h Gefäßteil, s Siebteil, c Fascikularkambium, i Interfascikularkambium. Schwach vergrößert.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0098-4 DFG

bildung von Zellen (Xylem und Phloemteilen) nicht statt, sondern ein Dickenwachstum ist nur insoweit möglich, als sich die Zellen selbst vergrößern; es kommt also hier überhaupt nicht zur Ausbildung sekundärer Gewebe.

Eine Ausnahme hiervon machen die baumartigen Liliaceen (Dracäna, Cordilyne, Yucca). Hier entsteht in einer um die äußersten Gefäßbündel liegenden Schicht des Grundgewebes, dem Perikambium, ein Folgemeristem, in welchem sich fortlaufend neue geschlossene Gefäßbündel bilden, während das dazwischen liegende Gewebe zu sekundärem Grundgewebe wird.

Abweichend von dem Typus bei Dikotyledonen und Gymnospermen erfolgt das Dickenwachstum bei Gnetum, Cykadeen, Chenopodiaceen, Amarantaceen, Nyktagineen usw., bei denen der zuerst normal entstandene Kambiumring nur eine begrenzte Tätigkeit entfaltet und dann durch einen neuen, im Perikambium entstandenen ersetzt wird, der nach einiger Zeit durch einen dritten ersetzt wird u. s. f. Bei den Piperaceen entstehen auch stammeigene Gefäßbündel, die z. B. bei Peperomia nicht miteinander durch einen Kambiumring verbunden werden. Bei manchen Sapindaceen (Serjana) bilden sich im Stamme mehrere getrennte, durch dünne sekundäre Rinde vereinigte Holzkörper aus, deren jeder einzelne ganz wie ein normaler Stamm gebaut ist. Die Zahl solcher „Stämme im Stamm" kann 3—5 betragen. Eine derartige Entwicklung findet sich nicht selten bei den tropischen Lianen.

Bei Tecoma radicans bildet sich ein Gefäßbündel im Mark, getrennt von den übrigen Gefäßbündeln; auf der Außenseite liegt das Xylem, auf der Innenseite das Phloem; eine Cambialzone sorgt für die weitere Entwicklung. Bei den anderen Bignoniaceen und den Malpighiaceen wird der Holzkörper durch parenchymatische Gewebsschichten in verschiedene isolierte Schichten getrennt. Dieses parenchymatische Gewebe verdankt seinen Ursprung einer lebhaften nachträglichen Zellvermehrung

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0099-1 DFG

in den Markstrahlen und den die Gefäßbündel transversal durchziehenden Holzparenchymschichten.

In einzelnen Fällen (Wurzeln von Polygala Senega) erfolgt das Dickenwachstum nicht ringsum, sondern nur einseitig, während es auf der anderen Seite ganz fehlt.

4. Kapitel.

Anatomie der Wurzel.

Ähnlich wie beim Stamm nimmt auch die Entwicklung der Wurzel ihren Ursprung in einem Vegetationspunkt, an dessen Spitze bei den Phanerogamen eine Scheitelzellgruppe, bei den Gefäßkryptogamen eine dreiseitige pyramidale Scheitelzelle liegt. Diese Zellen scheiden aber nicht nur wie beim Stamm nach innen, sondern auch nach außen Zellen ab. Aus den ersteren entwickelt sich ähnlich wie beim Stamm Dermatogen, Periblem und Plerom, aus den letzteren aber entsteht eine den Vegetationspunkt umgebende und schützende Wurzelhaube (Fig. 49). Die Wurzelhaube ist überhaupt das Merkmal, welches jeder Wurzel gegenüber dem Stamm zukommt. Bei vielen Wurzeln entsteht die Wurzelhaube aus einer besonderen, vom Vegetationspunkt nach außen abgeschiedenen Zellschicht, dem Kalyptrogen. In anderen Fällen gehen Dermatogen und Wurzelhaube aus einer gemeinsamen Zellschicht am Vegetationspunkt hervor. Bei den Gymnospermen ist eine Gliederung am Scheitel nur insofern bemerkbar, als sich das Plerom deutlich von dem übrigen Gewebe abhebt, eine Unterscheidung von Kalyptrogen, Dermatogen und Periblem aber nicht möglich ist.

Die primären Gewebe der Wurzel sind zum Teil nicht unwesentlich anders geordnet als die des Stammes. Die Epidermis besitzt keine Spaltöffnungen, dagegen sind ihre Zellen

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0100-8 DFG

teilweise zu langen Haaren (Wurzelhaaren) ausgewachsen. Darunter liegt die oft ziemlich stark entwickelte, farblose, parenchymatische, primäre Rinde, welche fast stets gegen den Zentralzylinder der Wurzel durch eine Endodermis abgegrenzt ist. Die äußerste Schicht des Zentralzylinders wird durch ein nur selten fehlendes Perikambium eingenommen. Darauf

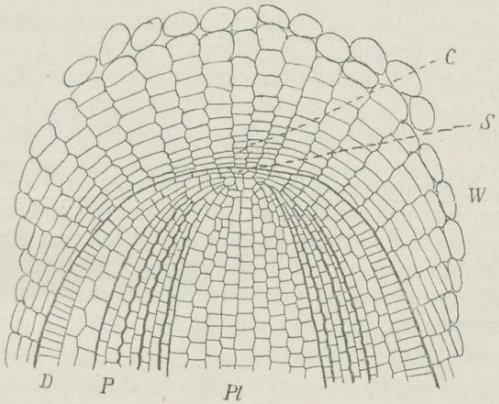


Fig. 49. Längsschnitt durch die Wurzelspitze einer Graminee. Pl Plerom, P Periblem, D Dermatogen, S Scheitelpunkt der Wurzel, C Kalyptrogen, W Wurzelhaube. Schwach vergrößert.

folgt der axile Bündelstrang, welcher als eine Verschmelzung mehrerer bis vieler Gefäßbündel anzusehen ist. Es liegen nämlich Xylem und Phloem nicht hintereinander, sondern radial angeordnet nebeneinander, so daß zwischen je zwei Xylemgruppen eine Phloemgruppe liegt. Solcher Xylemgruppen können bei den Dikotylen 2—4, bei den Monokotylen bis 50 und mehr zu dem axilen Strang vereinigt sein. Nach der Zahl der Xylemgruppen nennt man die Stränge diarch,

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0101-4 DFG

triarch, tetrarch usw. Zuweilen, aber nicht immer, ist innerhalb der Stränge des axilen Gefäßzylinders noch ein primäres Mark vorhanden. Zwischen Xylem- und Phloemteilen ist eine Schicht parenchymatischen Gewebes vorhanden, welches Verbindungsgewebe genannt wird.

Die Epidermis der Wurzeln stirbt in der Regel bald ab, und dafür übernimmt die äußerste Schicht der Rinde ihre Funktion, ihre Zellwände werden kutinisiert und sie wird dann Exodermis genannt. Die Zellen der Endodermis werden meist stark verdickt, doch bleiben gewöhnlich einige, die Durchlaßzellen, welche den Stoffaustausch zwischen Gefäßbündel und Rinde vermitteln und meist vor den Gefäßen liegen, unverdickt.

Die Seitenwurzeln nehmen ihren Ursprung meist aus dem Perikambium und durchbrechen also bei ihrer Entwicklung das Rindengewebe, sie werden im Gegensatz zu den vom Stengel ausgehenden exogenen Bildungen endogen angelegt. Echte Wurzeln treten zuerst bei den Gefäßkryptogamen auf, während den niederen Kryptogamen und Moosen höchstens Wurzelhaare (Rhizoiden) zukommen.

Nachträgliches Dickenwachstum der Wurzel.

Bei den Wurzeln der Gymnospermen und Dikotyledonen kommt das Dickenwachstum ebenfalls durch die Tätigkeit eines Kambiumringes zustande und verläuft dann ganz in derselben Weise wie im Stamme. Nur die Entstehung des Kambiumringes ist eine abweichende, da ja die primären Phloem- und Xylemteile anders angeordnet sind als im Stamm. Es entwickelt sich nämlich auf der Innenseite eines jeden Phloemstranges eine Kambialzone, welche nach der Mitte zu sekundäre Xylemelemente, nach der Peripherie zu sekundäre Phloemelemente abscheidet. Durch diese Tätigkeit wird die Kambial-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0102-9 DFG

zone selbst allmählich nach außen zu gedrängt und dringt über die primären Gefäßteile, die bisher ein Zusammenschließen der getrennten Kambialschichten hinderte, hinaus; die Kambialschichten der einzelnen Phloemteile vereinigen sich und der so entstandene Kambiumring funktioniert ganz so wie der des Stammes.

Bei Monokotyledonen und Gefäßkryptogamen findet ein Dickenwachstum nur insoweit statt, als sich die Zellen selbst vergrößern und dadurch der Umfang der Wurzel größer wird, dagegen tritt ebensowenig wie im Stamme die Bildung sekundärer Gewebe ein. Nur einige Dracaena-Arten machen hiervon eine Ausnahme; ihre Wurzeln wachsen in derselben Weise wie die Stämme der baumartigen Liliaceen.

5. Kapitel.

Bau der Blätter.

Ebenso wie bei Stamm und Wurzel kommt es auch in den Blättern zur Differenzierung von Hautgewebe, Grundgewebe und Gefäßbündelsystem. Die in die Blätter eintretenden Gefäßbündel verlaufen zunächst im Zentralzylinder des Stammes; sie verzweigen sich im Grundgewebe des Blattes, bleiben aber von diesem immer getrennt durch Scheiden, welche zunächst von dem Grundgewebe des Zentralzylinders abstammen, später aber aus lückenlos um das Gefäßbündel schließenden Zellen des Mesophylls gebildet werden. Das Grundgewebe des Blattes, Mesophyll genannt, entspricht der primären Rinde des Stammes und geht in diese über. Bei den Laubblättern ist es häufig auf der Oberseite anders ausgebildet als auf der Unterseite, nämlich als Palisadenparenchym. Die Zellen bilden dann eine oder zwei, höchstens drei eng gedrängte Schichten unter der Epidermis, sind palisadenartig

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0103-5 DFG

senkrecht zur Oberfläche des Blattes gestreckt und chlorophyllreich. Die Unterseite des Blattes wird dann von Schwammparenchym eingenommen, dessen chlorophyllärmere Zellen nur an den Enden zusammenstoßen, unregelmäßig rundlich sind und große Interzellularen zwischen sich lassen, welche ein zusammenhängendes System von Luftkanälen bilden. Von dem Schwammparenchym stoßen einzelne oben trichterförmig er-

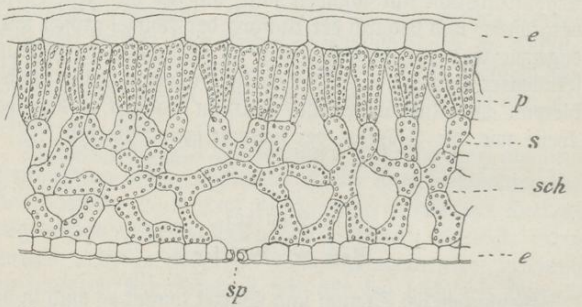


Fig. 50. Querschnitt durch einen kleinen Teil eines Laubblattes von Fagus silvatica. e obere und untere Epidermis, sp Spaltöffnung, p Palisadenparenchym, s Sammelzellen, sch Schwammparenchym. Vergrößert.

weiterte Zellen, die Sammelzellen, immer an mehrere an der Basis eng aneinandergeschlossene Zellen des Palisadenparenchyms, um die in diesen gebildeten Stoffe aufzunehmen und weiterzuleiten.

Das Hautgewebe der Blätter besteht fast stets nur aus der Epidermis, welche wieder meist nur auf der Unterseite Spaltöffnungen trägt.

Bei den Blumenblättern tritt ein solcher Unterschied zwischen Ober- und Unterseite in der Regel nicht hervor; das Mesophyll ist meist locker gebaut, reich mit Interzellularen durchsetzt. Dagegen ist die Epidermis von Ober- und Unterseite zu-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0104-1 DFG