

III. Allgemeine Anatomie der Phanerogamen.

§ 1. Die Hauptzellformen und die aus ihnen gebildeten Gewebeformen der Phanerogamen, sowie die wichtigsten Formen der Intercellularräume.

Wir haben in dem Kapitel über „allgemeine Organographie“ die wichtigsten äußeren Organe der Pflanze, Wurzel, Achse, Blatt, Samenknospe und Pollenkorn und die Nebenorgane kennen gelernt. Alle diese Pflanzenteile sind nun aus sehr kleinen Elementarorganen aufgebaut, welche in ihrer Jugend gleichartig, sich zu morphologisch und auch bezüglich ihrer physiologischen Leistung und biologischen Bedeutung verschiedenen Gebilden entwickeln, auf deren Eigenschaften schließlich die Fähigkeiten und Leistungen der aus ihnen aufgebauten äußeren Organe der Pflanze beruhen, aus den sogenannten Zellen. Es soll nun in dem folgenden unsere Aufgabe sein, die Entwicklungsgeschichte, die Morphologie und die biologische und physiologische Bedeutung der am häufigsten vorkommenden Zellformen (Hauptzellformen) und schließlich auch der verschiedenartigen Formen der Intercellularräume der Pflanze kennen zu lernen.

I. Allgemeines über die Entwicklungsgeschichte, Morphologie und Physiologie der wichtigsten Zellformen und Gewebearten.

A. Die Eizelle.

Eine jede der hier in Betracht kommenden Pflanzen ist in einem Stadium ihres Lebens eine einzelne Zelle gewesen. Diese Zelle, die befruchtete Eizelle, findet sich, wie wir in dem Spezialkapitel „über die Samen der Angiospermen“ genauer auseinandersetzen werden, in der Spitze des Embryosackes der Samenknospe; aus ihr geht durch successive Teilung in viele Zellen und Wachstum der Teilprodukte und damit des ganzen Gebildes erst, solange sich der Samen an der Mutterpflanze befindet, der Embryo hervor, welcher dann ferner, getrennt von der Mutterpflanze seine

Zellen durch Teilung weiter vermehrt und so nach und nach wieder zur samen tragenden Pflanze heranwächst.

Betrachten wir eine derartige Eizelle genau, so erkennen wir folgenden

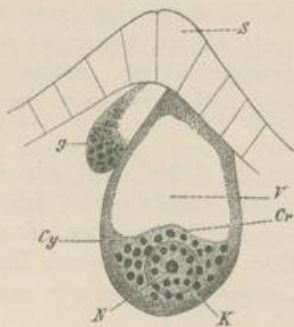


Fig. 21.

Eiapparat von *Hyacinthus non-scriptus*.
S Nucellusscheitel der Samenknope. *G* Gehülfn.
Cy Cytoplasma des Eies. *K* Zellkern mit Nukleolus (*N*). *Cr* Chromatophor.
V Vakuole des Eies.

(Abbildung nach Schimper.)

Bau derselben. Die ganze Zelle (welche vor der Befruchtung membranlos war) ist von einer dünnen, aus Cellulose bestehenden Haut umgeben, welche im allgemeinen die Form eines kleinen Sackes hat. In diesem Sacke liegt der sogenannte Protoplast oder Plasmakörper oder Protoplasmakörper der Zelle. Dieser Protoplast macht im großen und ganzen den Eindruck einer schleimigen, zähflüssigen Masse, welche jedoch nicht homogen ist, sondern verschiedenartige, tröpfchenförmige, mehr oder weniger dichte, mehr oder weniger zähflüssige, teilweise auch starre Partien erkennen läßt. Trotz der Kleinheit der Masse (der Durchmesser eines kugeligen Protoplasten beträgt ungefähr 0,15 mm) ist der Protoplast doch in ganz gesetzmäßiger Weise gegliedert.

Ähnlich wie die ganze Pflanze in bestimmte äußere Organe gegliedert ist, und wie diese wieder in Zellen gegliedert sind, welche als Elementarorgane der höheren, äußeren Glieder aufgefaßt werden können, besteht der Protoplast aus Organen, welche für unsere Beobachtungsmethoden sehr einfach erscheinen, aber dennoch in chemischer und physikalischer Beziehung sehr fein und für die verschiedenen Pflanzenspecies sehr verschiedenartig gebaut sein müssen, wie schon daraus hervorgeht, daß die unter sich so ähnlichen Eizellen der verschiedenen Pflanzen zu so gänzlich verschiedenen Pflanzenformen heranwachsen.

Die wichtigsten Organe des Protoplasten der Eizelle (und wie wir sehen werden, der Zelle im allgemeinen) sind:

1. Das Cytoplasma, 2. der Zellkern, 3. die Chromatophoren, 4. die Zellsaftvakuolen.

Das Cytoplasma (Fig. 21 *Cy*) ist eine farblose, mäfsig zähflüssige, wahrscheinlich durch sehr feine Tröpfchen oder Körnchen verschiedenartiger Natur mehr oder weniger trübe Masse, über deren feineren Bau und Chemismus wir noch nichts Sicheres wissen. Höchst wahrscheinlich besteht es aus sehr zahlreichen chemischen Substanzen. Die äußerste Schicht des Cytoplasma ist körnchenfrei, relativ zähflüssig und wahrscheinlich anders gebaut als der innere, leichtflüssigere, trübere Teil desselben.

Der Zellkern (auch Nukleus genannt) ist seiner gröberen physikalischen Beschaffenheit nach geschildert, wenn man ihn als ein etwa

0,03 mm großes, farbloses Tröpfchen einer sehr zähflüssigen Substanz bezeichnet, welches in dem weniger zähflüssigen Cytoplasma eingebettet liegt. Dieses Tröpfchen (Fig. 21 K) ist jedoch nicht homogen, sondern es lassen sich in ihm einmal das kugelige Kernkörperchen (der Nukleolus), welches ebenfalls zähflüssig und farblos ist und in chemischer Beziehung von der übrigen Kernsubstanz verschieden zu sein scheint, ferner, bei sehr starker Vergrößerung, charakteristische Strukturverhältnisse, welche bei schwächerer Vergrößerung den Kern feinkörnig trübe erscheinen lassen, erkennen.

Die Chromatophoren, welche sich im Ei finden, sind wie der Zellkern im Cytoplasma liegende, aber kleinere, ebenfalls eine feinere Struktur aufweisende Gebilde. Ihre Konsistenz scheint zwischen der des Zellkerns und des Cytoplasmas zu liegen. Über die verschiedenen Richtungen, in welchen sie sich zu entwickeln vermögen, werden wir später Näheres mitteilen.

Die Zellsaftvakuolen. In der Eizelle findet man im Cytoplasma einen oder mehrere mit dünnflüssiger, wässriger Flüssigkeit (Zellsaft) gefüllte Räume oder, was dasselbe sagen will, man findet einen oder mehrere Tröpfchen Zellsaft im Cytoplasma, welche jedoch stets von einer besondere Eigenschaften besitzenden, der äußeren, körnchenfreien Schicht des Cytoplasmas ähnlichen Hautschicht (Tonoplast genannt) umgeben sind. Solche, also wohl stets (mit Ausnahme der trockenen Samen) wenigstens teilweise mit wässriger Flüssigkeit gefüllte, von einem Tonoplast umgebenen Räume nennt man Vakuolen, besser Zellsaftvakuolen, um sie von allen anderen kleineren oder größeren Räumen im Cytoplasma zu unterscheiden, welche durch in demselben enthaltene Einschlüsse, Tröpfchen oder auch feste Körper (z. B. Krystalloiden der Kartoffelknolle, Ölkörper der Moose) gebildet werden.

Die Einschlüsse der Protoplasten. Schon in der Eizelle kommen in den besprochenen Organen des Protoplasten hie und da geformte Einschlüsse, z. B. Stärkekörner in den Chromatophoren, vor; doch können der Eizelle auch solche Einschlüsse ganz fehlen. Fast stets finden wir diesen oder jenen geformten Einschluss dagegen in anderen Zellen des entwickelten Pflanzenkörpers. Solche in ihrem Auftreten in den Zellen so unregelmäßige, geformte Bestandteile der Zelle können wir gegenüber den „normalen Organen“ des Protoplasten (Cytoplasma, Zellkern, Chromatophoren und Zellsaftvakuolen) als anormale Bestandteile des Protoplasten bezeichnen und annehmen, daß sie (vorzüglich die festen Körper) von untergeordneter Bedeutung für das Leben der Protoplasten sind. Am einfachsten drücken wir diese Anschauung aus, wenn wir diese anormalen Formbestandteile (Krystalle, Krystalloide, Öltropfen, Stärkekörner etc.) als „Einschlüsse“ der Organe des Protoplasten bezeichnen. Wir müssen dabei stets festhalten, daß sie niemals ganz ohne physiologische Bedeutung für die Zellen sind, in denen sie vorkommen,

dafs sie sich aber bezüglich dieser Bedeutung etwa so zu den normalen Organen der Protoplasten verhalten wie die Hauptorgane der Pflanze (Blätter, Wurzeln etc.) zu den Nebenorganen (Haare, Zotten etc.).

B. Allgemeines über die Teilung der Eizelle, die Entstehung des Zellgewebes, der Zellformen und Gewebearten.

Die Eizelle wächst, wie gesagt, zu der neuen, schliesslich wieder fruchttragenden Pflanze nicht direkt heran, sondern sie teilt sich, während sie heranwächst, erst in zwei Zellen, die ihrerseits wieder heranwachsen und sich, wenn sie ungefähr die Gröfse der Eizelle erlangt haben, wiederum in zwei Zellen teilen u. s. w., so dafs schliesslich die erwachsene Pflanze aus ungeheuer vielen Zellen besteht.

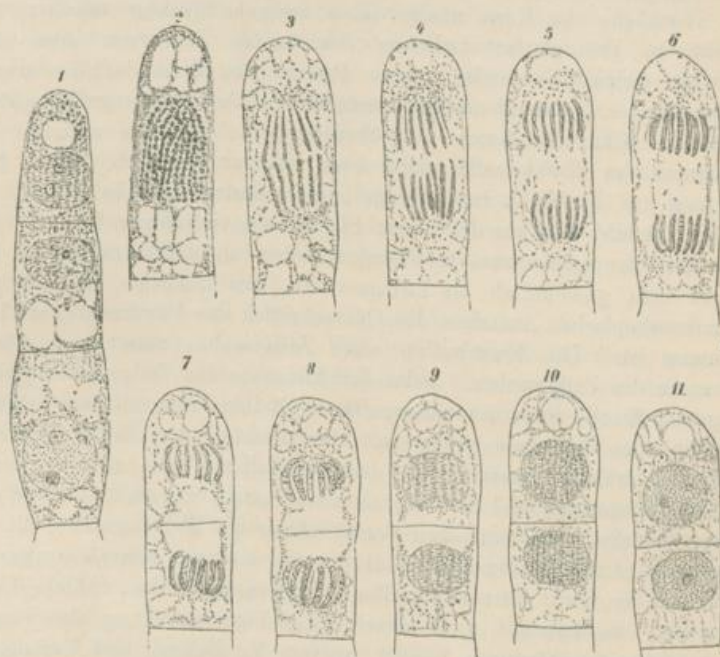


Fig. 22.

Tradescantia virginica.

Teilungsvorgänge in den Zellen der Staubfadenhaare.

Fig. 1 mit einem ruhenden Kern in der unteren Zelle und einer eben getheilten oberen Zelle.

Fig. 2 mit einem die grobkörnig schräge Streifung zeigenden Zellkerne.

Fig. 3-11 aufeinander folgende Teilungsstadien in derselben Zelle verfolgt. 540fach vergr.

(Aus Strasburger, Botanisches Praktikum, Jena 1887.)

Die erste Teilung der Eizelle und im wesentlichen auch alle späteren Zellteilungen gehen dabei so vor sich, dafs der ganze Protoplast in zwei gleichartige Hälften geteilt wird, zwischen welchen sich eine zarte Cellulosewand bildet, die sich an die Seitenwände der Zellwand der Mutterzelle

meist ungefähr rechtwinklig ansetzt. Es erfolgt also im Protoplasten vor der Teilung der Zelle durch die Membran eine die gleichmäßige Teilung ermöglichende Lagerung aller Organe und Organbestandteile derselben. Diese Umlagerung ist vorzüglich für den Zellkern studiert, der während des allgemeinen Umlagerungsprozesses in der Mitte der Zellen liegt und dort in zwei gleiche Teilstücke zerfällt. Bei sehr starker Vergrößerung kann man dabei in seinem Innern die Umwandlung des (bei schwächerer Vergrößerung als Körnelung erscheinenden) Netzwerkes der stärker lichtbrechenden Substanz in Fäden, den Zerfall der Fäden, in mehrere gleichwertige Stücke und die Verteilung der Stücke in die Tochterkerne beobachten, schliesslich nach wesentlich beendeter Teilung des Kernes eine Rückbildung der groben Fäden in das feine Netzwerk des ruhenden Kernes. Fig. 22 giebt eine Darstellung dieser Vorgänge für einen besonderen Fall. Noch ehe der Kern wieder seine normale Struktur erhalten hat, entsteht im Protoplasten zwischen den beiden Zellkernen eine zarte Membran, welche die beiden jungen Protoplasten dann definitiv trennt. In jede dieser so entstandenen Tochterzellen ist dabei eine ungefähr gleiche Anzahl von Chromatophoren mit übergegangen, die sich während des Wachstums der Tochterzelle mehr oder weniger energisch, durch Einschnürung und Zerfall in zwei wieder heranwachsende Stücke teilen.

So entsteht also aus der einen Eizelle ein vielzelliger Körper. Die Gesamtheit der gemeinsam wachsenden Zellen eines Pflanzenkörpers bezeichnet man gewöhnlich als Zellgewebe, ein Ausdruck, welcher von dem mikroskopischen Aussehen des Querschnittes des Pflanzenkörpers hergenommen ist. Die Einzelzellen eines Zellgewebes nennt man häufig Elemente des Zellgewebes. Jedes der Elemente des Zellgewebes gleicht anfangs der Eizelle in seinen näheren Bestandteilen; aber mit dem weiteren Wachstum des Embryos gehen mit den meisten der Zellen Veränderungen vor, welche einestheils die Form der Zellmembran, andernteils den Bau des Protoplasten und das Hinzukommen neuer Einschlüsse des Cytoplasmas betreffen. So entstehen verschiedenartige Zellformen; die am häufigsten wiederkehrenden dieser Zellformen sind mit besonderen Namen belegt worden, wie Parenchymzellen, Sklerenchymzellen, Milchröhren, Gefäße etc. So entsteht z. B. durch ausgiebige Streckung der jungen Zelle zu einem faserförmigen Körper, spätere Verdickung und Verholzung der Zellwand, schwache Entwicklung des Protoplasten die Sklerenchymfaser. Es ist dabei noch besonders hervorzuheben, dass in einzelnen Fällen die entstehenden Zellformen sich auch dadurch von der befruchteten Eizelle unterscheiden, dass der Zellkern der jungen Zellen sich während des Wachstums der Zelle reichlich durch Teilung vermehrt, ohne dass Teilung der Zelle eintritt. Solche Zellen nennt man dann vielkernige Zellen. In manchen Fällen tritt bei gestreckten Zellformen, z. B. Kollenchymzellen, Sklerenchymfasern, Endodermzellen, eine nachträgliche Teilung in mehr oder weniger zahlreiche Zellen, durch relativ dünn bleibende Querwände ein. Um die untergeordnete physiologische Bedeutung dieses

Prozesses und die physiologische und morphologische Selbständigkeit dieser Elemente hervorzuheben, bezeichnet man letztere als gefächerte oder gekammerte Zellen, z. B. als gekammerte Kollenchymzellen oder gekammerte Sklerenchymfasern. Auch der Fall kann bei der Entwicklung gewisser Zellformen eintreten, daß eine Reihe von jungen Zellen, welche schon ihre Zellwand besitzen, durch Lösung bestimmter Zellwände wieder in direkte Verbindung treten und dann ihre Protoplasten vereinigen (so z. B. bei der Bildung der gegliederten Milchröhren). Derartige durch Verschmelzung früher selbständiger Zellen hervorgehende Zellen nennt man Zellfusionen, den Prozeß selbst den Prozeß der Zellverschmelzung oder Zellfusion.

Es ist eine häufige Erscheinung, daß in dem Zellgewebe zahlreiche Elemente desselben, welche nebeneinander liegen, eine gleichartige Ausbildung erhalten, daß also größere Komplexe von jungen Zellen zu derselben Zellform werden. Die verschiedenen Arten der aus besonderen, nach Bau und Funktion gleichartigen Zellen zusammengesetzten Gewebemassen bezeichnet man als Gewebeformen. So z. B. entsteht eine besondere Gewebeart dadurch, daß viele nebeneinander liegende Zellen bei ihrer weiteren Ausbildung zu Parenchymzellen werden; man nennt die so entstehende Gewebeform Parenchymgewebe oder Parenchym. Es giebt auch Zellformen, welche gewöhnlich keine Gewebeform bilden, sondern meist vereinzelt zwischen ungleichartigen Zellformen vorkommen, wie z. B. die ungegliederten Milchröhren.

Eine bemerkenswerte Eigentümlichkeit mancher Gewebearten ist es, Interzellularräume zu bilden. Wie leicht einleuchtet, wenn man sich vergegenwärtigt, wie sich die Eizelle durch Entstehung von sich an die Mutterzellwand ansetzenden, wesentlich geraden Querwänden fächert, und wie so die Entstehung des Gewebes zu stande kommt, müssen alle Zellen anfangs lückenlos aneinandergrenzen. Dieser lückenlose Verband kann auch ferner erhalten bleiben, wie uns z. B. das Korkgewebe lehrt. In vielen Fällen runden sich aber die einzelnen Zellen einer Gewebeart beim Heranwachsen mehr oder weniger ab, während zugleich an den Zellkanten Spaltung der gemeinsamen Zellwand erfolgt, so daß zwischen den Zellen Räume entstehen, welche keine Bestandteile der Protoplasten enthalten, und sich mit Luft, Wasser oder Sekret füllen. Solche Räume werden als Interzellularräume bezeichnet.

C. Die wichtigsten geformten Bestandteile der Zelle, welche bei Charakterisierung der Zellformen in Betracht kommen.

Die verschiedenen Zellformen, welche sich aus den anfangs gleichartigen jungen Zellen entwickeln, unterscheiden sich im fertigen Zustande, wie erwähnt, einmal durch den Bau ihrer Zellmembran, dann durch die Organisation ihres Protoplasten und schließlichs auch durch die Einschlüsse, welche im Cytoplasma sich ausbilden. Es wird nun zweckmäßig sein,

wenn wir im folgenden Kapitel die zur Charakterisierung der verschiedenen Zellformen wichtigen Formbestandteile der Zellen erst etwas eingehender besprechen, ehe wir zur Beschreibung der wichtigsten Zellformen selbst übergehen.

1. Die Zellwand oder Zellmembran.

a) Die Entwicklung und die Struktur der Zellwand.

Um uns über den Bau der Zellwand klar zu werden, ist es am zweckmäßigsten, wenn wir zuerst die Entwicklung derselben kurz betrachten und zwar so, daß wir vorläufig eine in einer jungen Zelle entstehende Teilwand allein in das Auge fassen, ohne auf das Verhalten der alten Zellwände Rücksicht zu nehmen; auf das Flächenwachstum der Membran gehen wir dabei ebenfalls nicht ein, sondern fassen nur das Dickenwachstum derselben hier ins Auge.

Eine solche Teilwand wird immer innerhalb des Cytoplasmas der Mutterzelle angelegt, und zwar tritt zuerst in dem während der Teilung eine eigentümliche Struktur zeigenden Cytoplasma eine homogene Cytoplasmalamelle auf; innerhalb welcher (Berthold, Studien über Protoplasma-mechanik, 1886, S. 208) die junge, beim Erscheinen äußerst zarte, homogene Zellmembran erscheint. Sie wird also gleichsam in einer von beiden Zellen gemeinsam gebildeten, die Lage der Zellmembran vorschreibenden Cytoplasmalamelle von beiden Zellen zugleich ausgeschieden. Die zuerst ausgeschiedene Membranlamelle kann als primäre Membran zweier Zellen bezeichnet werden. Es ist wahrscheinlich, daß dieselbe nicht lange erhalten bleibt, da sie durch Dehnung beim Wachstum der Zelle zerstört werden wird. Was man bei ausgewachsenen Zellen an ihrer Stelle findet, sind wohl die ältesten, ebenfalls durch Dehnung veränderten der von den beiden aneinandergrenzenden Protoplasten ausgeschiedenen Membranlamellen. Diese ältesten Lamellenkomplexe, welche sich überall durch ihre leichte Zerstörbarkeit beim Erwärmen mit Kaliumchlorat und Salpetersäure und dadurch auszuzeichnen scheinen, daß sie isotrop sind, nennt man am besten, in Bezug auf die gemeinsame Zellmembran, Mittel-lamelle.

Auf die primäre Membran lagert nun weiter jede der beiden Protoplasten selbständig Zellwandsubstanz auf die ihr zugekehrte Seite der primären Lamelle ab. Diese Auflagerung von Substanz geht in allen Fällen periodisch vor sich; es wird Schicht um Schicht der Zellwandsubstanz abgeschieden, so daß die beiderseitig aufgetragenen Wandverdickungen am Ende aus lauter feinen Lamellen bestehen, die sich, da die Substanz der verschiedenen Lamellen schon infolge der verschiedenen Umstände, unter welchen sie abgelagert wurde, nicht völlig gleichartig ist, mehr oder weniger deutlich unterscheiden lassen. Oft erkennt man die Lamellen bei Betrachtung der Zellwandquerschnitte mit starken Objektiven ohne weiteres deutlich als konzentrische Schichtung, oft kann man sie

nur nach Behandlung der Querschnitte mit quellenden Reagentien, Kalilauge, Chromsäurelösung etc., oder mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes sichtbar machen.

Wir verstehen also unter Lamelle (Membranlamelle) jede in der fertigen Zellwand durch chemisches oder physikalisches Verhalten von benachbarten Zellwandpartieen unterscheidbare, oft äußerst zarte Schicht von Membransubstanz.

Diese Lamellen können auf der Fläche betrachtet homogen erscheinen oder auch durch äußerst feine, sehr zahlreiche, parallel und in mehr oder weniger steil ansteigenden Spiralen verlaufende, abwechselnd schwächer oder stärker lichtbrechende Streifen gezeichnet sein (Fig. 23) oder eine ähnliche Ringstreifung zeigen. Eine überall bei der Verdickung der Scheidewände zweier Zellen auftretende Erscheinung ist es, daß die successive aufgelagerten Lamellen an bestimmten Stellen der Zellwand sehr dünn bleiben. Dann entstehen vertiefte Stellen in der sich verdickenden Wand jeder Zelle, und es tritt dabei stets die eigentümliche Thatsache zu Tage, daß beide durch die Zellwand getrennte Protoplasten in analoger Weise arbeiten, so daß genau an demselben Orte, an welcher die eine Zelle eine dünne Stelle in der Zellwand läßt, die andere das Gleiche thut. Zum Verständnis dieser Thatsache trägt es vielleicht bei, wenn ich mitteile, daß die Protoplasten durch äußerst feine, nur mit den stärksten Vergrößerungen erkennbare, gerade die dünnen Stellen der Membran durchbrechende Cytoplasmafäden verbunden sind, also dort thatsächlich

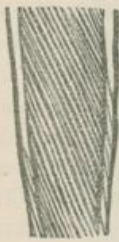


Fig. 23.

Ein Stück der Zellwand einer sklerotischen Faser aus der Rinde von *Asclepias syriaca* mit schräger Streifung der Lamellen.
570fach vergr.

im direkten Zusammenhang stehen. Diese Durchbohrungen kommen übrigens für unsere Zwecke nicht in Betracht, da sie ungeheuer zart und zu diagnostischen Zwecken nicht verwertbar sind. Die in Rede stehenden verdünnten Stellen in einer Membran nennt man Tüpfeln (der Tüpfel). Man bezeichnet übrigens häufig die beiden korrespondierenden Tüpfeln zweier Zellen nebst der dünnen Schiefshaut, also den ganzen der gemeinsamen Wand zweier Nachbarzellen angehörenden Apparat, als einen Tüpfel. Wir wollen im letzteren Falle stets von einem Tüpfelapparate reden. Die Tüpfeln einer Membran können nun eine sehr verschiedene Form haben und einen sehr verschiedenen großen Teil der Wandfläche einnehmen.

Ist der von ihnen eingenommene Teil der Wand relativ klein, so findet man die Tüpfeln als Kanäle der verschiedenartigsten Form ausgebildet. Am häufigsten findet man einfache cylindrische, die Schichten annähernd rechtwinkelig durchziehende Kanäle oder schmale, langgestreckte Spalten, doch auch solche von zwischenliegenden Formen sind nicht selten. Diese Kanäle können sich auch in ihrem Verlaufe verengen oder erweitern und verzweigen; häufig erweitern sie sich nach der Mittellamelle zu und

sie werden dann, wenn die Erweiterung ausgiebig ist, Hoftüpfeln genannt. Ein Hoftüpfelapparat ist in Fig. 24 abgebildet und genauer erklärt. Ist der von den Tüpfeln eingenommene Raum der Zellwand sehr groß, so drückt man sich gewöhnlich so aus, daß man sagt, die Zellwand sei mit Faserverdickungen oder Leisten versehen. Solche Faserverdickungen finden sich in den mannigfaltigsten Formen und werden danach als Netzfaserverdickung (Fig. 25 a), Spiralfaserverdickung (Fig. 25 d), Ringverdickung (Fig. 25 b) etc. anschaulich bezeichnet oder von Fall zu Fall genauer

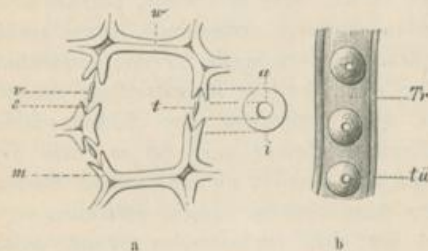


Fig. 24.

Tracheide von *Pinus silvestris*.

a Querschnitt durch eine Tracheide und die angrenzenden Zellwände. *t* der zur Tracheide gehörige Tüpfelkanal, welcher sich nach innen zu erweitert. *a* Ansicht der äußeren Kanalmündung; *i* Ansicht des inneren Kanalumfangs. *s* Schließmembran des Tüpfels mit der verdickten, kreisförmigen Stelle *r*, dem sogenannten Torus. *m* Mittellamelle der gemeinsamen Zellwand. *w* Zellwand ohne Tüpfel.

b Ein Stück der Tracheide auf der Fläche betrachtet. *Tr* Zellwand. *tū* Hoftüpfel.

Schwächer vergrößert als a.

völlig durchbohrt sind. Die feinsten dieser Membranlöcher, welche bisher in den Tüpfelschließmembranen der Tüpfelapparate der Endospermzellen, des Rindenparenchyms und des Markstrahlenparenchyms nachgewiesen worden sind, haben wir schon oben erwähnt. Viel leichter erkennbar, obgleich auch noch sehr zart, sind die vom Cytoplasma durchsetzten Membrandurchbohrungen in den Tüpfeln der Zwischenwände der Siebröhren. Sehr grobe Durchbohrungen finden wir in den Zwischenwänden der Gefäße, überhaupt in allen Fällen, wo sogenannte Zellfusion stattfindet. In vielen derartigen Fällen bleibt von der Zwischenwand zweier verschmelzender Zellen nur ein kleiner seitlicher Rand übrig (so bei den Gefäßen mit völlig durchbrochener Zwischenwand), oder auch dieser fällt noch der Lösung anheim.

Es ist hervorzuheben, daß die benachbarten Protoplasten durchaus nicht immer ihrer Trennungswand gleichartige Lamellen auflagern, dies geschieht nur in annähernd gleicher Weise, wenn die Nachbarzellen zu ein und derselben Zellform gehören. In allen anderen Fällen können der Trennungswand auf der einen Seite mehr und andere Lamellen aufgelagert werden als auf der anderen. So z. B. sieht man in der Fig. 26 bei s

beschrieben. Solche nicht durch ein kurzes Wort zu bezeichnende, sondern eine besondere Beschreibung fordernde leistenartige Verdickungen finden sich z. B. auf der Zellmembran der Samenhaare von *Strychnos*, ferner auf den Wänden der Netzfaserzellen der Antherenwandungen und auf den Wänden der äußersten Zellschichten des Samens von *Trigonella*.

Von den Tüpfeln streng zu unterscheiden sind die Membranperforationen, die Membranlöcher. Es sind dieses Stellen der gemeinsamen Zellmembran zweier benachbarter Protoplasten, welche

auf der einen Seite der Mittellamelle eine dicke Schicht verholzter Lamellen aufgelagert, welche der Sklerenchymzelle *s* angehört, auf der

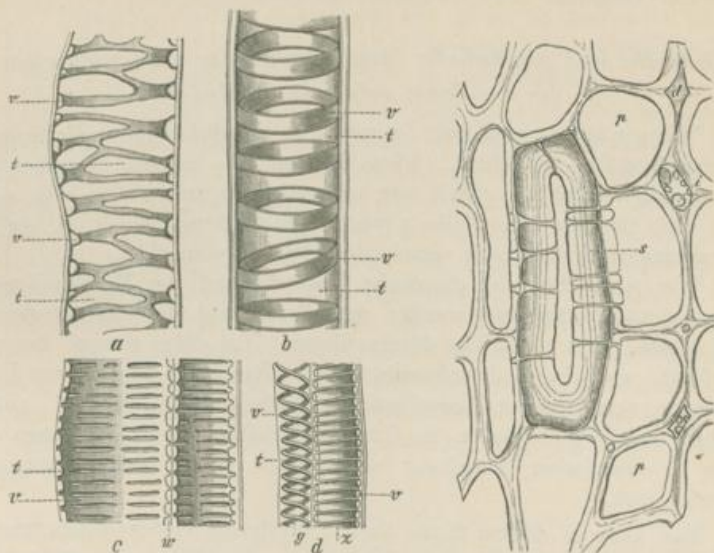


Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 25. Verschiedene Tüpfelformen der Zellwände.

a Netzfaserverdickung. *b* Ringfaserverdickung. *c* mit quergestellten, spaltenförmigen Tüpfeln versehene oder auch leiterförmig verdickte Zellwand. *d* Spiralfaserverdickung. *v* bedeutet überall die verdickten Stellen der Wand, *t* die dünn gebliebenen, also die Tüpfeln. Bei *d* besitzt also der Tüpfel eine spiralförmige Gestalt. Fig. *a*, *c* und *d*, *x* stellen das Zellstück längs durchschnitten, Fig. *b* und *d*, *g* stellen das Zellstück unzerschnitten dar.

Fig. 26. Sklerenchymzelle (*s*) und Parenchymzellen (*p*) aus der Wurzel von *Aconitum Napellus*.

anderen Seite eine dünnere Schicht von Celluloselamellen, welche von dem Protoplasten einer der benachbarten Parenchymzellen gebildet worden ist.



Fig. 27.

Querschnitt durch die Oberhaut der oberen Blattseite von *Cycas revoluta* nach 24 stündiger Einwirkung von Chlorzinkjodlösung. *m* Mittellamelle. *c* Cuticula. *c'* und *c''* verkorkte Schichten. *s* Celluloselamellen. *t* Tüpfeln. *i* Interzellularräume.

Werfen wir schliesslich noch einen Blick auf das Verhalten der Gesamtzellwand einer Zelle, so ist zu bemerken, daß der Bau der Zellwand in den verschiedenen Regionen der Zelle verschieden sein kann, sowohl bezüglich der Zahl und Natur der aufgelagerten Lamellen als auch bezüglich der Form der Tüpfeln. In letzterer Hinsicht bieten an Gefäße angrenzende Parenchymzellen lehrreiche Beispiele, da dort die Seite der Zellwand, welche den Gefäßen angrenzt, den Gefäßtüpfeln ähnliche Tüpfeln besitzt, während die anderen Seiten andere, z. B. einfache

rundliche Tüpfeln aufweisen. In Hinsicht auf die verschiedene Struktur der verschiedenen Seiten der Zellwand findet man bei den Epidermiszellen zahlreiche Beispiele. Man vergleiche dazu die Figur 27.

b) Chemische und physikalische Verschiedenheit der Membranlamellen und der aus ihnen aufgebauten Zellwände.

Wie wir sahen, wird jede Zellmembran aus dicht aufeinanderliegenden Membranlamellen aufgebaut. Diese können in ein und derselben Zelle alle annähernd stofflich gleich oder auch stofflich verschieden sein, zeigen aber auch im ersteren Falle physikalische Unterschiede z. B. grössere oder geringere Dichte oder verschiedenartige Streifung.

Was man über die chemische Beschaffenheit der Membranlamellen weiß, ist noch ungeheuer wenig; deshalb ist auch die Charakterisierung der letzteren noch nicht klar durchzuführen. Nur einige wenige, besonders auffallende optische und mikrochemische Eigenschaften sind zur Unterscheidung verschiedener Lamellenarten herbeigezogen worden, mittelst welcher man die Lamellen in Gruppen scheidet, in denen aber sicher in chemischer Beziehung verschiedene Lamellenarten zusammengefallen sind.

Man kann in diesem Sinne als am häufigsten vorkommende und am leichtesten zu charakterisierende Formen von Lamellen unterscheiden:

- I. Aus relativ reinen Kohlehydraten bestehende Lamellen.
 1. Celluloselamellen. 2. Kollenchymatische Lamellen. 3. Schleimlamellen.
- II. Durch molekulare Einlagerung anderer organischer Stoffe in aus Kohlehydraten bestehende Lamellen entstandene Lamellenarten.
 1. Verholzte Lamellen. 2. Verkorkte Lamellen.
- III. Durch molekulare Einlagerung anorganischer Stoffe in aus Kohlehydraten bestehende Lamellen entstandene Lamellenarten.
 1. Verkalkte Lamellen. 2. Verkieselte Lamellen.

Erschöpft sind damit also die Lamellenmodifikationen durchaus noch nicht; einiges über andere Vorkommnisse findet sich am Ende dieses Kapitels mitgeteilt.

Als Celluloselamellen bezeichnet man alle solche Lamellen, welche nur aus Cellulose bestehen. Statt nur sagt man wohl besser „fast nur“, da ja in allen Membranen, schon deshalb, weil fortwährend Protëinstoffe, anorganische und organische Salze, Zucker etc. dieselben durchwandern, auch stets allerhand fremde Stoffe in ihnen gefunden werden müssen, abgesehen davon, daß auch kleine Mengen anorganischer Stoffe vielleicht direkt am Aufbaue der Celluloselamellen beteiligt sein mögen.

Aber auch so ist die Definition noch nicht ganz richtig, da sich einige, bisher als aus Cellulose bestehend betrachtete Zellwände bei

chemischer Untersuchung als chemisch ganz verschieden von Cellulose herausgestellt haben, so z. B. die Membranen der Endospermzellen der Steinnuß. Man versteht vielmehr jetzt noch unter Celluloselamellen alle diejenigen Lamellen, welche sich gegen die gleich zu nennenden mikrochemischen Reagentien so verhalten wie die Lamellen, welche die Zellmembran der Baumwollenfaser wesentlich zusammensetzen.

Was wir also in diesem Sinne als Celluloselamellen bezeichnen, verhält sich nun bei mikrochemischer Untersuchung folgendermaßen. Ihre Substanz quillt in Wasser, in Chloralhydratlösung und in Kaliumhydroxydlösung (1 + 9) nicht wesentlich auf. In frisch bereitetem Kupferoxydammoniak löst sich die Celluloselamelle sofort. Chlorzinkjodlösung färbt die Celluloselamelle, je nach dem Grad der von der Konzentration der Chlorzinkjodlösung abhängenden Quellung, rotviolett bis blauviolett. Eine etwas reiner blaue Färbung erhält man, wenn man mit Jodjodkaliumlösung getränkte, aus Celluloselamellen bestehende Membranen in konzentrierter Schwefelsäure zur Verquellung bringt. Die Celluloselamellen nehmen Farbstoffe aus ihren Lösungen nur in sehr beschränktem Maße auf und halten sie Lösungsmitteln der Farbstoffe gegenüber nur mit sehr geringer Energie fest.

Als kollenchymatische Lamellen bezeichnen wir diejenigen, welche den Celluloselamellen im großen und ganzen ähnlich sind, sich aber schon durch ihr Verhalten zu Wasser, in dem sie etwas stärker quellen, ohne je gallertartig zu werden, und in welchem sie einen, bei durchfallendem Lichte auffallenden Glanz annehmen, unterscheiden. Chlorzinkjod färbt sie stets hellblau und nehmen sie, im Gegensatz zu den Celluloselamellen, nach kurzem Erwärmen mit Kalilauge durch Jodjodkaliumlösung eine intensiv blaue Farbe an. (Siehe de Bary's Anatomie, S. 127). Ob diese Lamellen aus einem chemisch von Cellulose verschiedenen Kohlehydrate bestehen, ist noch zu untersuchen.

Als Schleimlamellen bezeichnen wir alle diejenigen Lamellen, welche in Wasser sehr stark zu einem dünnen Schleime verquellen.

Unter diese Kategorien fallen mit Sicherheit eine Reihe chemisch verschiedenartiger Lamellenarten. Bis jetzt ist man im stande, folgende Arten zu unterscheiden:

1. Lamellen, welche sich nicht blau färben durch Jodjodkalium, nicht blau färben durch Chlorzinkjod, welche sich in Kupferoxydammoniak nicht lösen und bei Behandlung mit Salpetersäure Schleimsäure geben. Hierher gehören die Schleimlamellen der Epidermiszellen des Leinsamens und der Schleimzellen der Altheewurzel, wahrscheinlich auch der Schleim des Endosperms von *Trigonella Faenum graecum*.

2. Lamellen, welche sich gegen Jodjodkalium und Chlorzinkjod wie die vorhergehenden verhalten, aber in Kupferoxydammoniak löslich sind und bei Behandlung mit Salpetersäure keine Schleimsäure liefern. Dazu

gehören z. B. die Schleimlamellen der Epidermiszellen der Samen von *Plantago Psyllium*.

3. Schleimlamellen, welche mit Chlorzinkjod sich bläuen, sich nicht bläuen mit Jodjodkalium, in Kupferoxydammoniak löslich sind, mit Salpetersäure keine Schleimsäure bilden (wahrscheinlich aber bei der Inversion Arabinose liefern: Tollens, Handbuch der Kohlehydrate, Breslau 1888, S. 222). Hierzu gehören die Schleimlamellen der Epidermiszellen von *Cydonia vulgaris*.

Bemerkt mag noch werden, daß die Schleimlamellen in einer Lösung von basischem Bleiacetat (Bleiessig) nicht verquellen, daß sie sich häufig durch Corallin leichter rot färben lassen als andere Lamellen, und daß sich einige Arten derselben blau färben, wenn man sie zuerst einige Zeit in Kupfersulfatlösung und dann einige Zeit in konzentrierte Kalilauge legt.

Verkorkte Lamellen sind solche, die aus mehr oder weniger dichten Celluloselamellen bestehen, welche fettartige Stoffe molekular eingelagert enthalten und die durch diese Verhältnisse bedingten Reaktionen zeigen. Verkorkte Lamellen lösen sich nicht in Schwefelsäure. Erwärmt man sie mit verdünnter Kalilauge, so wird das Fett verseift, und die Seife tritt in Form von Ballen aus, die sich in reinem Wasser lösen. Chromsäurelösung oxydiert und löst die Lamellen äußerst langsam, meist erst innerhalb einiger Tage, also sehr viel langsamer als die Celluloselamellen und die sehr leicht in Chromsäure löslichen verholzten Lamellen. Erwärmt man mit Salpetersäure und Kaliumchlorat vorsichtig, so werden Celluloselamellen und verholzte Lamellen schließlicly gelöst, die verkorkten Lamellen bleiben übrig; bei längerem Erhitzen biegen sich die verkorkten Lamellen zusammen und schmelzen zuletzt zu einer Kugel zusammen, welche aus den Oxydationsprodukten des Fettes besteht und in Alkohol löslich ist.

Verholzte Lamellen nennt man solche, welche von Anilinhydrochlorat in salzsaurer Lösung gelb gefärbt werden, welche in Kupferoxydammoniak unlöslich sind, mit Chlorzinkjod sich bräunlich färben und in konzentrierter Schwefelsäure sich schwer oder gar nicht lösen. Über die chemischen Verhältnisse der verholzten Lamellen sind wir noch für keinen Fall völlig aufgeklärt. Sicher ist nur, daß sie Cellulose enthalten und ihnen organische Stoffe molekular eingelagert sind, von denen wir bis jetzt nur Vanillin und Koniferin kennen, durch deren Vorhandensein auch die Anilinreaktion und ähnliche Farbenreaktionen veranlaßt werden. Von letzteren wollen wir noch zwei erwähnen. Phloroglucin, in konzentrierter Salzsäure gelöst, färbt die verholzten Lamellen rot. Werden die Lamellen mit Thymol- und Kaliumchloratlösung befeuchtet, und wird ihnen dann konzentrierte Salzsäure zugefügt, so färben sie sich blaugrün.

Von organischen Substanzen, welche in der Zellmembran vorkommen können, müssen noch die Farbstoffe (das heißt intensiv gefärbte Stoffe von sehr verschiedenem chemischen Werte), welche oft schon in lebenden

Zellen die Zellwände braun, rot, blau etc. färben, erwähnt werden. Sehr häufig sind übrigens die Zellmembranen der Drogen anders gefärbt als die der lebenden Pflanzenteile, da beim Absterben der Zellen die Zellmembran sehr häufig die verschiedensten färbenden Substanzen aufnimmt, welche ursprünglich im Zellsafte vorhanden waren.

Verkieselte und verkalkte Lamellen. In sehr auffallender Weise findet man Celluloselamellen oft dadurch verändert, daß ihnen Kieselsäure oder Calciumcarbonat molekular eingelagert worden ist. Verkieselte Lamellen sind dadurch zu erkennen, daß sie, nach dem Befeuchten mit einem Tropfen konzentrierter Schwefelsäure, auf einem Glimmerblättchen oder auf dem auf Platinblech liegenden Deckglase schwach erhitzt und dann geglüht, ein Skelett von Kieselsäure zurücklassen. Verkalkte Lamellen erkennt man daran, daß sich um dieselben herum ein Niederschlag von Calciumoxalat bildet, während sich zugleich Blasen von CO_2 entwickeln, wenn man mit Essigsäure angesäuerte Ammoniumoxalatlösung in kleiner Menge zu den die Lamellen enthaltenden Schnitten setzt.

Außer diesen anorganischen Stoffen findet man auch Calciumoxalat in den Membranlamellen, oft aber auch in kleinen Kryställchen zwischen den Lamellen, in der Zellwand ausgeschieden. Hierher sind übrigens auch die von einer Lamellenhülle umschlossenen großen Oxalatkristalle zu rechnen, wie wir sie z. B. in dem Wurzelholze von *Ononis* finden, selbst wenn die Entwicklung ihrer Hülle stets so vor sich geht, wie Pfitzer angegeben hat, nämlich so, daß diese Krystalle zuerst rings von einem Lamellensack umgeben werden, welcher erst nachträglich mit der übrigen Zellwand verschmilzt; denn diese Krystalle liegen doch schließlichs ebenfalls in der Zellwand.

Zuletzt muß noch erwähnt werden, daß eine und dieselbe Lamelle die Bestandteile mehrerer Lamellenarten enthalten kann, so daß hie und da z. B. verkorkte Lamellen vorkommen, welche zugleich verkieselt sind etc.

c) Aufbau der Zellwände aus den verschiedenen Lamellenarten.

Aus den beschriebenen Lamellenarten, in der verschiedenartigsten Zusammenstellung, findet man nun die Zellwände aufgebaut. Eine ganze Zellwand kann dabei aus einer Art von Lamellen gebildet werden, wie z. B. die der meisten Parenchymzellen aus lauter Celluloselamellen und die vieler verholzter Zellformen nur aus verholzten Lamellen, oder es können sich auch verschiedene Lamellenarten an dem Aufbau einer einzelnen Zellwand beteiligen. In letzterem Falle kann Zahl und Folge der Lamellenarten sehr verschiedenartig sein. Die äußerste Zellwandschicht vieler sklerotischer Fasern besteht z. B. aus Celluloselamellen, die innere aus verholzten, oder es folgen auch verholzte Lamellen und Celluloselamellen in steter Abwechslung. So verhält es sich z. B. bei den sklerotischen Fasern der Kaskarillrinde (siehe Fig. 28, *F* und die Erklärung

derselben). Die Zellwand mancher Sekretbehälter besteht, aufer der Mittellamelle, aus einer äußeren Celluloselamelle (*C*, Fig. 28, *S*), einer mittleren, sehr dünnen verholzten Lamelle (*H*) und einer inneren verkorkten Lamelle (*K*). Die Zellwand der meisten Korkzellen besteht aus einer äußeren (Mittellamelle) verholzten, einer darauf folgenden verkorkten und einer inneren Celluloselamelle.

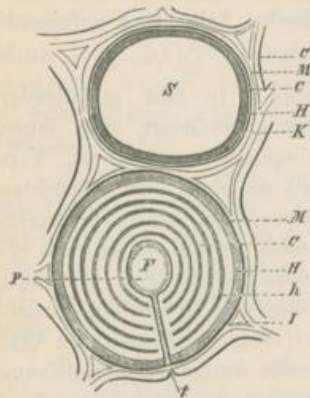


Fig. 28.

Querschnitt einer sklerotischen Faser (*F*) und eines Sekretdschlauches (*S*) aus der sekundären Rinde von *Croton Eluteria* Bennett.

M Mittellamelle. *H* und *h* verholzte Lamellen. *C* Celluloselamellen. *K* verkorkte Lamelle. *I* Intercellularraum. *P* Protoplasma. *t* Tüpfelkanal.

loselamellen aufgebaute Zellwand, als verholzte Zellwand jede, in der sich verholzte Lamellen allein oder neben Celluloselamellen finden, als verkorkte Zellwand jede, welche verkorkte Lamellen allein oder neben irgend welchen anderen Lamellen führt.

2. Der Protoplast oder der Protoplastmakörper.

Der Protoplast, obgleich er in physiologischer Beziehung der wichtigste Bestandteil der Zelle ist, hat für unseren Hauptzweck, die wissenschaftliche Diagnose der Drogen, relativ geringe Bedeutung, da der Protoplast in den Zellen der Drogen meist völlig oder doch so weit zerstört ist, daß wenig Charakteristisches an ihm zu erkennen ist. Nur die festen und flüssigen Einschlüsse des Protoplasten, vorzüglich die Oxalatkristalle und die Stärkekörner haben hier eine größere Bedeutung. Für das wissenschaftliche Verständnis der Drogen ist es jedoch äußerst wichtig, daß wir uns über den morphologischen Bau des Protoplasten, vorzüglich über die Chromatophoren, Vakuolen und die Einschlüsse des Protoplasten noch etwas näher unterrichten, wobei das oben bei der Eizelle über die Protoplasten Gesagte vorausgesetzt und zu vergleichen ist. In trocknen Samen ist übrigens auch der Plasmakörper völlig erhalten, und für diese ist auch das in der Einleitung für die Samen und das bei den einzelnen Samen über die Protoplasten derselben Gesagte zu berücksichtigen.

a) Die Chromatophoren.

Die Chromatophoren, die uns schon bei der Besprechung der Eizelle bekannt wurden, in welcher sie stets vorkommen, können sich zu drei auffällig durch ihre Färbung und Funktion voneinander unterschiedenen Arten von Gebilden entwickeln, zwischen denen allerdings Übergangsglieder vorkommen, ähnlich wie sich die Anlage eines Blattes zu einem Laubblatte, einem Schuppenblatte, einem Blütenblatte etc. zu entwickeln vermag.

Erstens können die Chromatophoren farblos und dabei nicht selten relativ klein bleiben; dann nennt man sie Leukoplasten. Zweitens können sie einen grünen Farbstoff, das Chlorophyll, in sich ausbilden, wobei sie gewöhnlich relativ groß und durch ihre Färbung leicht erkenntlich werden; dann nennt man sie Chloroplasten oder Chlorophyllkörner. Drittens können sie hauptsächlich rote oder gelbe Farbstoffe in sich erzeugen, und man nennt sie dann Chromoplasten oder Farbkörper.

Alle Chromatophoren bestehen im lebenden Zustande aus einer zähflüssigen proteinstoffhaltigen Masse, welche entweder die Form von Kugeln oder kreisförmigen oder ovalen Scheiben annehmen und häufig durch Einschlüsse, wie Stärkekörner, Krystalloide oder Krystalle in ihrer Form verändert werden. Liegen die Chromatophoren dicht gedrängt, wie es bei den Chloroplasten der Laubblätter nicht selten vorkommt, so werden sie durch gegenseitigen Druck vieleckig. Die Chromatophoren werden bei Verletzung und Absterben der Zellen sehr leicht, noch leichter als der Zellkern zerstört, finden sich deshalb in den Drogen niemals im unverletzten Zustande und zerfallen meist so vollständig, daß sie nur noch als unregelmäßige Klumpen kenntlich sind, die gefärbt erscheinen, wenn sie durch das Zusammenfließen von Chloro- oder Chromoplasten entstanden waren. Für die Erkennung der Drogen haben sie also nur insoweit Bedeutung, als sie sich an der Erzeugung der Färbung der Drogen beteiligen.

Zu Leukoplasten findet man die Chromatophoren in den Zellen fast aller vom Lichte abgeschlossenen Pflanzenteile und in vielen Epidermiszellen und weißen Blumenblättern ausgebildet. Sie führen wie alle Chromatophoren häufig Stärkeeinschlüsse. In Fig. 29 ist eine Parenchymzelle aus dem Rhizome von *Yucca filamentosa* abgebildet, deren Leukoplasten (*L*) Stärkeeinschlüsse jederzeit fehlen; in Fig. 30 sind der Zellkern und die Leukoplasten, umhüllt von Cytoplasma, aus einer Zelle einer alten, lebenden Orchisknolle dargestellt, deren Stärke-

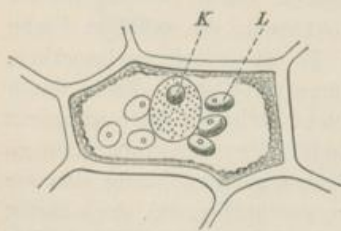


Fig. 29.

Unverletzte Parenchymzelle aus dem Rhizome von *Yucca filamentosa*.
K Zellkern. L Leukoplasten.
1000fach vergr.

körner schon gelöst waren, deren Leukoplasten deshalb hier ebenfalls stärkefrei erscheinen, während sie in jüngeren Knollen große Stärkekörner einschließen. Die Leukoplasten werden am besten in ganz unverletzten, lebenden Zellen beobachtet, die in relativ dicken Schnitten enthalten sind, welche im Wasser oder 4prozentiger Rohrzuckerlösung liegen.

Die Chloroplasten (Chlorophyllkörner) sind durch den grünen, in Alkohol löslichen, durch ein charakteristisches Absorptionsspektrum ausgezeichneten Chlorophyllfarbstoff gefärbte Chromatophoren, welche die

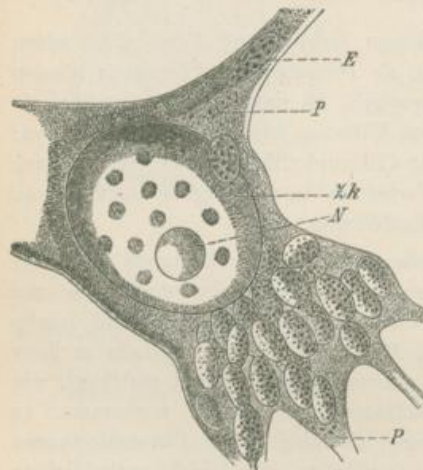


Fig. 30.

Zellkern und Leukoplasten, im Cytoplasma liegend, einer Zelle der Knolle von *Orchis fusca*.
 Zk Zellkern. N Nukleolus. P Cytoplasma.
 L Leukoplast.
 1000fach vergr.

Funktion der Kohlenstoffassimilation besitzen. Sie sind leicht in nicht durch Druck geschädigten Querschnitten aller grünen Pflanzenteile, noch besser in dünnen Blättern von Wasserpflanzen, z. B. Elodea oder auch von Moosen zu beobachten, von denen man Stückchen direkt in Wasser auf den Objektträger bringt und mit einem Deckglase bedeckt. Beim Trocknen nehmen grüne Pflanzenteile häufig eine braungrüne Farbe an, was meist daher rührt, daß aus dem Chlorophyllfarbstoffe, durch Einwirkung des sauren Zellsaftes, das braungrüne Chlorophyllan entsteht.

Die Chromoplasten sind durch einen gelben oder roten oder durch ein Gemisch beider

Farbstoffe gefärbte Chromatophoren. Diese Farbstoffe sind in Alkohol löslich, in Wasser unlöslich. Man findet die Chromoplasten hauptsächlich in gelben oder roten Blütenteilen und Perikarpn, so z. B. im Perikarp von *Capsicum*, der Citrusfrüchte, in den gelben Teilen der Arnikablüte und der Kamillenblüte. Ihre Funktion besteht darin, die auffällige Farbe der betreffenden Organe bilden zu helfen. Es ist jedoch zu bemerken, daß es manche gelben und orangegelben Blüten giebt, deren Farbe durch wasserlösliche, in den Zellsaftvakuolen enthaltene Farbstoffe hervorgebracht wird. Die Gestalt der Chromoplasten ist nicht selten eine kompliziertere als die der anderen Chromatophoren der Phanerogamen; häufig sind die Chromoplasten spindelförmig, stäbchenförmig, zackig (Fig. 31), doch häufig allerdings auch rundlich. Man untersuche die Chromoplasten in gleicher Weise wie die anderen Chromatophoren, in lebenden Zellen. Gute Objekte sind die Zellen der Hypanthien der Rose (Hagebutte) oder der roten Spargelbeeren.

Einschlüsse der Chromatophoren. In der zähflüssigen Grundsubstanz der Chromatophoren können verschiedenartige feste Einschlüsse vorkommen; von diesen interessiert uns hier nur eine Art, die Stärkekörner, da dieselben für die Diagnose der Drogen von großer Wichtigkeit und sehr häufig in den Chromatophoren anzutreffen sind.



Fig. 31.

Untere Wandung einer Epidermiszelle, mit den ihr anliegenden Chromoplasten und dem Zellkerne, von der Oberseite des Kelches von *Tropaeolum majus*.

540fach vergr.

(Aus Strasburger, Botanisches Praktikum, Jena 1887.)

Die Stärkekörner wachsen stets in oder an den Chromatophoren, nie im Zellsaft oder frei im Cytoplasma, und zwar können sie sowohl in oder an Chloro-, Leuko- und Chromoplasten wachsen.

Die Stärkekörner können eine sehr verschiedenartige Gestalt besitzen. Meist sind nur die kleinsten Stärkekörner genau kugelförmig; häufig sind abgerundet kegelförmige, keulenförmige (Fig. 32) und keilförmige Stärkekörner, seltener linsenförmige oder kegelförmige und zugleich seitlich zusammengedrückte (Fig. 33). Die Größe der Stärkekörner variiert zwischen 0,0002 und 0,2 mm.

Alle Stärkekörner zeigen eine mehr oder weniger deutliche Schichtung. Die Schichtung wird gebildet durch abwechselnde Lamellen von stärkerer und schwächerer Lichtbrechung. Sehr deutlich erkennt man die Schichtung an den in Fig. 36 abgebildeten Stärkekörnern der Kartoffelfrucht. Wie die Schichtung in den Stärkekörnern des Irisrhizomes gestaltet ist, ist in Fig. 34 dargestellt.

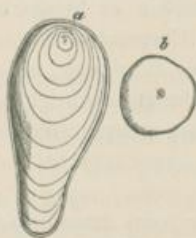


Fig. 32.

Fig. 32. Stärkekorn aus dem Rhizome von *Alpinia officinarum* Hance. *a* von der Seite, *b* von oben gesehen.



Fig. 33.

Fig. 33. Skizze eines Stärkekorns aus dem Rhizome von *Careuma longa*. *a* von der flachen Seite, *b* von der Kante gesehen.



Fig. 34.

Fig. 34. Stärkekorn aus dem Rhizom von *Iris germanica*. *c* Kern, also ältester Teil des Kornes. 1, 2, 3 relativ starke Schichten, welche zugleich die Form des Stärkekornes in verschiedenen Wachstumsperioden desselben wiedergeben. *s* *t* Basis des Stärkekornes, mit welchem es dem Leukoplast aufsaß.

Die Schichtung und Form der Stärkekörner steht im engsten Zusammenhange mit dem Wachstum der Körner in oder an den Chroma-

tophoren. Die letzteren nämlich liefern dem wachsenden Korne die Stärkesubstanz, aus welcher das Korn aufgebaut ist. Liegt deshalb ein Korn im Centrum eines Chromatophors, so wächst es allseitig gleichförmig, indem die Lamellen gleichartig auf allen Seiten angelagert werden; es entsteht also dann ein rundes, centrisch geschichtetes Korn (Fig. 36, 1 u. 2);

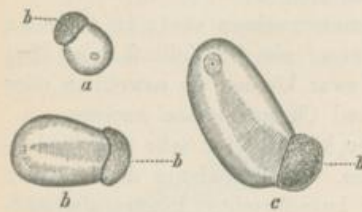


Fig. 35.

Leukoplasten (*b*) aus dem Rhizome von *Iris germanica* mit daran wachsenden Stärkekörnern *a*, *m* und *d*.

bildet es sich dagegen seitlich an einem Chromatophoren, wie die in Fig. 35 dargestellten Körner, so wächst es, weil ihm das Chromatophor dort mehr Stärkesubstanz zuführt, an der dem Chromatophor anliegenden Seite stärker, und es entsteht ein excentrisch geschichtetes, gestrecktes Korn (Fig. 35 und 36, 5).

Wachsen mehrere Körner in einem Chromatophoren, so kommt es vor, daß sie alle annähernd gleich stark wachsen und, sich einander bis zur Berührung nähernd, durch gegenseitige Wachstumshemmung abplatteln. Dann entstehen Körner, wie Fig. 36⁹ und ⁸, die aus nur lose aneinander haftenden, völlig selbständigen Einzelkörnern (oft Teilkörner genannt) bestehen. Die Gesamtheit solcher Körner nennt man dann ein zusammengesetztes Korn. Nicht selten macht die Masse des Chromatophoren selbst einen nicht unbedeutenden Teil solcher sogenannten zusammengesetzten Körner aus, wie bei den zusammengesetzten Stärkekörnern des Endosperms vieler Caryophyllen z. B. der Kornrade, der Melandriumarten, bei welchen die Einzelkörner äußerst klein sind. Es ist ein solches zusammengesetztes Stärkekorn dann besser als ein mit Stärkekörnern dicht erfüllter Chromatophor zu bezeichnen.

Wachsen mehrere Körner in oder an einem Chromatophor, so kann ferner der Fall eintreten, daß zwei oder mehrere zu einem „zusammengesetzten“ Korne gewordene, also bis zur Berührung herangewachsene Einzelkörner weiter von Stärkelamellen gemeinsam umschlossen werden. So entstehen dann sogenannte halb zusammengesetzte Stärkekörner (Fig. 36, ⁶ und ⁷).

Den ältesten Teil jedes einfachen Kornes oder jedes ursprünglich einzelnen Kornes der halb zusammengesetzten Körner, welcher also stets den organischen Mittelpunkt des Kornes bildet, nennt man gewöhnlich den Kernpunkt, Kern, oder den Nabel des Kornes. Beim Trocknen oder bei geringer Quellung des Kornes tritt im Kernpunkt oft Zerreißen der Stärkesubstanz ein, so daß dann dort eine Höhle entsteht, welche, wenn sie Luft enthält, unter dem Mikroskope schwarz erscheint.

Die Stärkekörner haben die Eigenschaft, sich mit verdünnter Jodkaliumlösung blau oder violett (selten rot) zu färben. In verschiedenen Reagentien, z. B. heißem Wasser, kalter Kalilauge oder Chloralhydratlösung von genügender Stärke quellen sie auf; konzentrierte Salzsäure löst

die Stärke beim Kochen, unter Zuckerbildung. Zum Nachweis kleiner Stärkemengen in den Zellen legt man die Schnitte am besten in mit Jod gesättigte Choralhydratlösung (Choralhydratlösung wird auf fein zerriebenem Jod stehen gelassen und ein Tropfen der Jodsplitter enthaltenden Lösung auf das Präparat gebracht), durch welche die Stärkekörner zugleich verquollen und gefärbt werden.

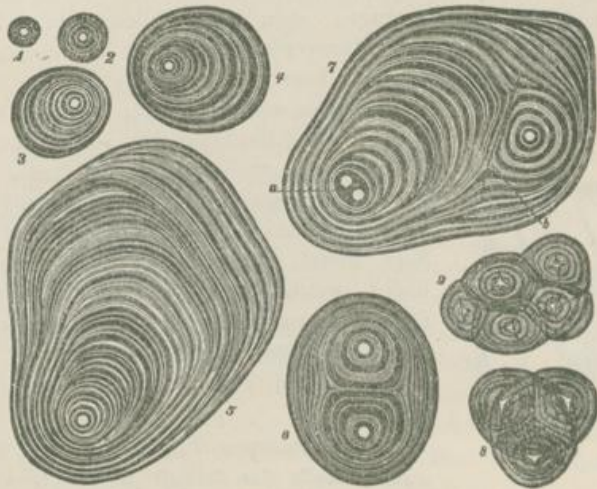


Fig. 36.

Stärkekörner.

1, 2, 3, 4, 5 einfache Körner, verschiedener Größe, von welchen 1, 2, 3, 4 ungefähr jüngeren Entwicklungsstadien des Kornes 5 gleichen; 6, 7 halb zusammengesetztes Stärkekorn; alle aus der Kartoffelknolle. 8 zusammengesetztes Stärkekorn aus der Wurzel von Smilax. 9 zusammengesetztes Stärkekorn aus der Knolle von *Arum maculatum*.

(Nach Kny.)

Es mag noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß man sich über die Gestalt aus der Zelle herausgenommener Stärkekörner, wie sie z. B. in den Stärkesorten und Mehlsorten vorliegen, am besten klar werden kann, wenn man zu dem im Wasser unter dem Deckglase liegenden Präparate etwas absoluten Alkohol zufügt. Es treten dann Strömungen auf, und die Körner rollen, so daß man sie von allen Seiten betrachten kann. Bei der Untersuchung von Stärkesorten des Handels hat man Form, Größe und Schichtung der Körner zu berücksichtigen, vorzüglich auch zu untersuchen, ob alle Körner wesentlich gleichartig gestaltet sind, oder ob verschiedene Formen, kleine und große, centrisch und excentrisch geschichtete gemischt sind, und nach welchem Verhältnisse sie die Stärkeart zusammensetzen. In manchen Drogen, z. B. dem Curcumarhizome, den meisten Jalapenknollen, den Salepknollen, ist die Stärke durch Erhitzen der Pflanzenteile verquollen.

b) Die Zellsaftvakuolen und deren Inhalt.

Wir wissen, daß schon im Cytoplasma der Eizelle mit wässrigem Zellsafte gefüllte, von einer besonderen Hautschicht umhüllte Vakuolen eingebettet liegen. Ebenso findet man sie, allerdings als bezüglich ihrer Größe gegenüber den übrigen Bestandteilen der Protoplasten stark zurücktretende Gebilde, in allen jungen, eben durch Teilung älterer Zellen entstandenen Zellen. Mit dem Älterwerden der Zellen wachsen gewöhnlich einige der Zellsaftvakuolen stark heran, während die übrigen Organe des

Protoplasten weniger kräftig wachsen. Schließlich können die Zellsaftvakuolen so zusammenfließen, daß nur eine große centrale Vakuole vorhanden ist, während das ganze Cytoplasma mit dem Zellkerne und den Chromatophoren einen einfachen Sack bildet oder so, daß eine große Vakuole bleibt, welche von einem Netze von Cytoplasmafäden durchzogen wird, in denen dann gewöhnlich, mehr die Mitte der Zelle einnehmend, der Zellkern liegt und die Chromatophoren sich bewegen (Fig. 37).

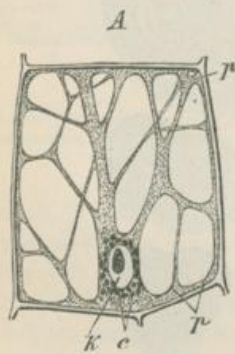


Fig. 37.

Lebende Zelle aus einem Haare des jungen Blattstieles von *Ecbalium agreste*.

k Zellkern. c Chromatophoren. p Cytoplasma.

190fach vergr.

(Nach Zimmermann.)

Von Interesse für uns ist es, zu wissen, welche Stoffe der Zellsaft in der lebenden Zelle enthält. Ohne weiteres anzunehmen, daß alle in Wasser leicht löslichen, im Protoplasten enthaltenen Stoffe auch im Zellsaft vorkommen müßten, ist nicht zulässig, da, wie wir wissen, die Vakuole von einer dünnen Hautschicht umgeben ist, die den Ein- und Austritt der Stoffe zu bestimmen scheint. Was man durch mehr oder weniger beweisende Schlüsse und Versuche festgestellt hat, ist das folgende. Mit Sicherheit läßt sich sagen, daß Farbstoffe und Gerbstoffe in dem Zellsafte vorkommen, (Cytoplasma und Zellkern sind stets ungefärbt); ebenso ist es sicher, daß in Wasser lösliche Kohlehydrate, z. B. Inulin, Rohrzucker, Schleime sich dort finden (Schleim z. B. in den Schleimzellen der Orchisknolle, des Irisrhizoms etc.); ferner ist nachgewiesen, daß anorganische Salze, z. B. Nitrate, Phosphate etc. der Alkalien des Kalkes etc. oft in größerer Menge darin vorkommen; auch organische Säuren und deren Salze, wie Apfelsäure, Oxalate, Tartrate, ferner Asparagin sind in dem Zellsafte der Vakuolen anzunehmen. Von seltener vorkommenden Stoffen sind höchst wahrscheinlich die Alkaloide und Glykoside (z. B. Hesperidin im Zellsafte der Citrusarten) stets in den Zellsaftvakuolen enthalten.

Außer den im Zellsafte gelösten Stoffen kommen in den Zellsaftvakuolen auch feste Körper vor. Wenn wir die, einem speziellen Zwecke

angepaßten Vakuolen der sehr wasserarmen trockenen Samen, die bei den Samen besprochenen Aleuronkörner, hier nicht weiter berücksichtigen, so finden sich in den Zellsaftvakuolen, dieselben mehr oder weniger ausfüllend, sowohl Krystalloide als Krystalle. Letztere sind, wo sie untersucht sind, stets als Krystalle von Calciumoxalat erkannt worden. Diese ungemein verbreiteten Einschlüsse der Pflanzenzelle, speziell der Zellsaftvakuolen sind für uns von größerem Interesse, da sie zur Diagnose der Drogen Verwendung finden können, und sollen etwas eingehender betrachtet werden.

Die Calciumoxalatkrystalle.

Die Calciumoxalatkrystalle (kurz Oxalatkrystalle) kommen in selteneren Fällen innerhalb der Membran, in häufigeren, in ihrer Bedeutung noch nicht genau aufgeklärten Fällen durch besondere, mit der Zellwand zusammenhängende Cellulosehüllen vom Protoplasten getrennt, in sehr häufigen Fällen in den Zellsaftvakuolen vor, weshalb sie auch hier besprochen werden. In Zellsaftvakuolen liegende, dieselben oft dicht ausfüllende Oxalatkrystalle kommen fast in jeder Pflanze vor und können sich dort in allen Zellformen, mit Ausnahme der Siebröhren und Gefäße finden. Oft erfüllen sie Zellen, die häufig auch absterben, ehe das übrige Gewebe stirbt, fast völlig und die letzteren werden dann als Oxalatschläuche oder Oxalatzellen bezeichnet und zu den Sekretbehältern gestellt. Die Oxalatkrystalle kommen in sehr verschiedener Form und Größe vor. Sie sind hier und da so klein, daß man ihre Form kaum mehr feststellen kann, oft nur 0,0005 mm lang, können aber bis 0,5 mm lang werden. Sie finden sich einzeln, zu wenigen oder in sehr großer Anzahl in einer Zelle.

Die in den Zellen vorkommenden Oxalatkrystalle gehören zu zwei Krystallsystemen, entweder zu dem tetragonalen, dann haben sie die Zusammensetzung $C^2 O^4 Ca + 3H^2 O$, oder zu dem monosymmetrischen; dann besitzen sie die Zusammensetzung $C^2 O^4 Ca + H^2 O$. Sie zeigen dabei sehr verschiedenartige Formen. Einige häufiger vorkommende sind in den Figuren 38, 39 und 40 abgebildet. Es ist dabei noch zu bemerken, daß Drusen aus Krystallen beider Systeme am häufigsten vorkommen, daß ferner lang nadelförmig ausgebildete, zu dem monosymmetrischen Systeme gehörende Krystalle, die meist in Bündeln zusammenliegen und dann gewöhnlich „Raphiden“ genannt werden, eine häufige Erscheinung sind. Erfüllen sehr zahlreiche, sehr kleine Krystalle eine Zelle, so nennt man wohl die Krystallmasse „Krystallsand“. Sphärokrystalle von Oxalat sind selten.

Ob ein Krystall aus Calciumoxalat besteht, läßt sich mikrochemisch leicht entscheiden. Man setzt zu dem Zwecke zuerst etwas Essigsäure zu dem den Krystall enthaltenden Schnitte, welche Oxalatkrystalle nicht löst, sodann nach dem Auswaschen der Essigsäure etwas verdünnte Kalilauge, welche ebenfalls ohne Wirkung auf das Oxalat ist, schließlic wäscht

man wieder mit Wasser aus und setzt Salzsäure zu dem Präparate, welche den Krystall lösen muß, wenn er aus Oxalat besteht. Bringt man ein Oxalat enthaltendes Präparat in wenig konzentrierte Schwefelsäure, so bilden sich aus jedem Oxalatkrystalle zahlreiche, meist nadelförmige Gipskrystalle.

Geformte Gebilde, welche sich beim Trocknen der Pflanzenzellen aus dem Zellsafte abscheiden.

Trocknet man Pflanzenteile sorgfältig, so scheiden sich nicht selten manche, vorher im Zellsafte gelöste Stoffe in fester Form aus. So findet man häufig in den Zellen der Kompositen (*Radix Taraxaci*, *Rhizoma*

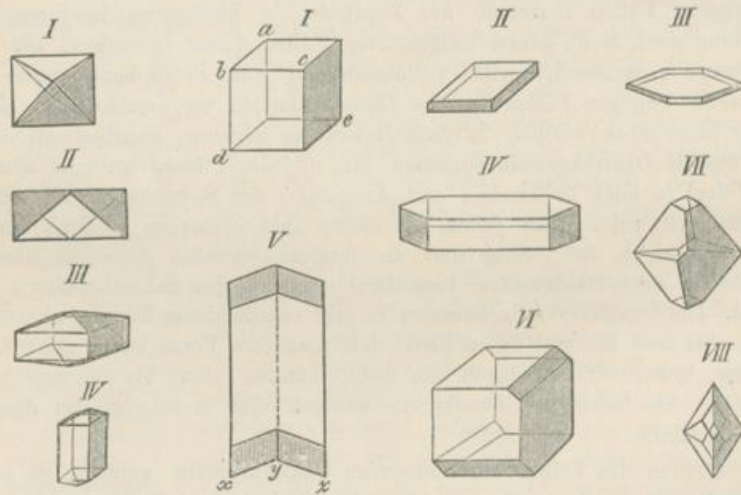


Fig. 38.

Fig. 39.

Fig. 38. Tetragonale Krystalle von Calciumoxalat aus dem Schwammparenchym von *Tradescantia discolor*.

500fach vergr.

und II flache Pyramide in 2 verschiedenen Ansichten, III und IV tetragonale Krystalle mit ausgebildeten Pyramiden- und Prismenflächen.

(Nach Zimmermann).

Fig. 39. Monosymmetrische Krystalle von Calciumoxalat.

I rhomboederähnlicher Krystall, Kombination von Prisma und basischem Pinakoid. II rhombische Tafel, aus Fig. I durch Verkürzung der Prismenfläche abzuleiten. III und IV aus II durch Hinzutreten des Klinopinakoids entstanden. V aus IV entstandener Zwilling mit der Basis als Zwillingsebene. VI aus Fig. I durch Kombination mit einer Hemipyramide abzuleiten. VII und VIII Kombination der positiven und negativen Hemipyramide mit der Basis.

Enulae) das Inulin in Klumpen, hie und da auch in Sphärokrystallen (kugelförmigen Krystallaggregaten) ausgeschieden. In den Zellen trockner Citrusfrüchte findet man das Hesperidin oft in ähnlicher Form vor. Auch Zuckerkrystalle findet man hie und da in den Drogen. Viel häufiger treten ursprünglich im Zellsafte gelöste, organische oder anorganische

Stoffe in Form von Sphärokrystallen oder gut ausgebildeten Krystallen in den Zellen auf, wenn man die frischen Pflanzenteile vor der mikroskopischen Untersuchung längere Zeit in Alkohol oder Glycerin einlegt.

c) Flüssige und feste Einschlüsse des Cytoplasma.

Von festen Körpern, welche als Einschlüsse des Cytoplasma vorkommen, sind nur die Krystalloide bekannt, dagegen scheinen gröfsere Tropfen von in Wasser unlöslichen Flüssigkeiten nicht selten im Cytoplasma zu liegen. Ausser den Zellsaftvakuolen finden sich also mit andern

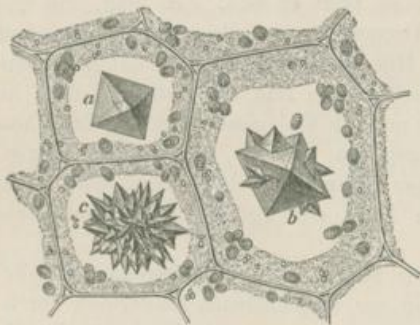


Fig. 40.

Zellen aus dem Blattstiele von *Begonia manicata* mit tetragonalen Oxalatkrystallen. *a* flache Pyramide, *b* ein gleicher Krystall mit aufgewachsenen kleinen Krystallen, den Übergang zu der Drüse *c* bildend.

(Nach Kny.)

Worten noch andere Vakuolen, deren Bau übrigens noch nicht genauer untersucht ist, im Protoplasten. Solche mit im Wasser unlöslichen Flüssigkeiten gefüllte Höhlungen des Cytoplasmas nennt man gewöhnlich Öltropfen. Wahrscheinlich bestehen diese Öltropfen in keinem Falle aus fettem Öle, dagegen können sie in manchen Fällen ätherische Öle genannt werden, sind also stark riechende Gemische von Kohlenwasserstoffen, Phenolen, Estern etc., doch kommen auch ähnliche nicht riechende Stoffe vor. Übrigens sind die Tropfen des ätherischen Öles manchmal von Membranlamellen

ein- und so vom Cytoplasma ausgeschlossen, wie z. B. die Öltropfen in den Drusenzellen von *Asarum europaeum* (Berthold, Protoplasma-mechanik, Leipzig 1866, S. 26 und Fig. 2, Pf. I). Die Fette scheinen stets in sehr kleinen Tröpfchen im Cytoplasma gleichmässig verteilt zu sein, doch sind über diese Frage noch keine durchgreifenden Untersuchungen gemacht. Im trocken, lebenden Samen durchtränkt das feste Öl das Cytoplasma gleichmässig.

II. Beschreibung der wichtigsten Zellformen und Gewebeformen der Phanerogamen.

Wie wir schon früher erwähnten, gehen die Meristemzellen der Phanerogamen, also die jungen, noch wesentlich gleichartigen Zellchen der Pflanzen durch verschiedenartige Ausbildung von Zellwand und Protoplast, während des weiteren Lebensganges bis zur Beendigung ihres Wachstums in verschiedenartig gestaltete und funktionierende Zellen über.

Betrachten wir die ungeheuer zahlreichen ausgewachsenen Zellen, welche den Körper einer bestimmten erwachsenen Pflanze zusammensetzen, so finden wir, daß viele Zellen derselben einander sehr ähnlich gebaut sind, soweit wir es entscheiden können, auch ähnlich funktionieren und sich von allen übrigen Zellen wesentlich unterscheiden. Jede Gesamtheit einander sehr ähnlicher Zellen bezeichnet man zweckmäßig als eine Zellform und belegt diese Zellformen mit besonderem Namen, z. B. Parenchymzellen, Tracheen. Versucht man die den Individuen, welche wir zu einer Zellform zusammenstellen, gemeinsamen und sie von anderen Zellformen unterscheidenden Eigenschaften in Worten auszudrücken, versucht man den Begriff einer Zellform festzustellen, so zeigt es sich, daß man, um eine allgemeine botanisch brauchbare Abgrenzung des Begriffes zu erreichen, alle Eigenschaften der auf dem Höhepunkte ihrer Entwicklung stehenden Zellen, also sowohl den morphologischen Bau der fertigen Zellen, als auch die physiologischen Leistungen und die biologische Leistung derselben, soweit sie aus physiologischen Versuchen bekannt oder durch vergleichende morphologische Betrachtungen wahrscheinlich gemacht sind, ja in manchen Fällen sogar die relative Lage der Zellen im Pflanzenkörper herbeiziehen muß.

Nach diesem Prinzip haben wir nun auch in dem folgenden Kapitel die Charakterisierung und Scheidung der verschiedenen Zellformen durchgeführt. Die topographische Entwicklungsgeschichte der Zellen ist für die Unterscheidung der Zellformen von geringer Bedeutung, da es sich gezeigt hat, daß prinzipiell jede Zellform an jedem Orte der Urmeristeme entstehen kann (siehe hierzu de Barys Anatomie S. 9). Dagegen ist die Ausbildungsgeschichte der einzelnen Zellformen, die Art und Weise der Entstehung derselben aus den Meristemzellen, meist bei der Beschreibung der Zellformen kurz angegeben, da sich an der Hand der Ausbildungsgeschichte manche Eigentümlichkeit der fertigen Zellformen besser verstehen läßt. Der definierenden Begrenzung der Zellformen stellt sich dabei eine in der Natur der Sache liegende Schwierigkeit entgegen, die besonders hervorgehoben werden muß. Es findet sich nämlich in jeder Pflanze neben der ungeheuren Zahl von Zellen, welche ohne Anstand zu einer oder der anderen Zellform gestellt werden können, auch eine geringe Anzahl von Zellen, welche Eigenschaften besitzen, die zu den Charakteren zweier oder mehrerer Zellformen gehören. Solche Zellen sind als Übergangsformen zwischen zwei oder mehreren Zellformen zu bezeichnen, und ist ihr Vorkommen leicht zu verstehen, wenn man ins Auge faßt, daß alle Zellen aus ursprünglich gleichen Anfängen hervorgingen. Im wesentlichen bleiben sich die Verhältnisse auch gleich, wenn man alle Zellen einer großen Anzahl von Pflanzenspecies in vergleichende Betrachtung zieht. Es lassen sich dann fast alle Zellen zu folgenden Zellformen stellen: 1. Parenchymzellen, 2. Sklerenchymzellen, 3. Sekretzellen, 4. Symplastische Sekretbehälter, 5. Milchröhren, 6. Siebröhren, 7. Tracheen. Eine kleine Reihe von Zellen lassen sich jedoch ohne Zwang zu keiner der genannten

Zellformen rechnen, so z. B. die Schließzellen der Spaltöffnungen. Solche seltener und in geringerer Anzahl vorkommende, bestimmten Zwecken dienende Zellen sind den oben genannten Hauptzellformen als Nebenzellformen gegenüberzustellen, bedürfen einer besonderen Beschreibung und werden in diesem Kapitel nicht berücksichtigt.

Zuletzt ist noch zu erwähnen, daß manche Zellen während ihres Lebens einen wechselnden Bau und deshalb auch eine wechselnde Hauptleistung (siehe Seite 63 in der Beschreibung der Parenchymzellen) besitzen können, in den verschiedenen Perioden ihres Lebens also zu verschiedenen Zellformen gerechnet werden müssen. So z. B. giebt es Parenchymzellen und Kollenchymzellen, welche im Alter zu Sklerenchymzellen werden.

Für unseren Spezialzweck ist das vorliegende Kapitel von großer Bedeutung; denn nur dann, wenn wir die in demselben erklärten Begriffe der Zellformen richtig verstehen, können wir die späteren Beschreibungen der Drogen begreifen und selbst klare Schilderungen des Baues einer Droge entwerfen. Ferner lernen wir hier die allen Individuen einer Zellform gemeinsamen, also für Aufstellung besonderer Diagnosen unwichtigen Eigenschaften kennen und werden danach imstande sein, die für die Species einer Zellform eigentümlichen Merkmale festzustellen. In den Abbildungen, welche diesem Kapitel beigegeben sind, ist der Zellinhalt, der Protoplast, der verschiedenen Zellformen sorgfältig berücksichtigt. Es geschah dies, weil in der Droge die Protoplasten meist völlig zerstört sind, und in den Abbildungen der Anatomie der Drogen die Inhaltmassen der Zellen nur in besonderen Fällen gezeichnet wurden. Wir wollen, ehe wir zur Beschreibung der einzelnen Zellformen übergehen, noch einige Worte über das Meristem sagen.

1. Meristemzellen und Meristemgewebe oder Meristem.

Als Meristemzellen im engsten Sinne bezeichnet man alle ganz jungen Zellen, die noch befähigt sind, direkt zu jeder der später zu beschreibenden Zellformen zu werden, oder solche, deren der Mutterzelle selbst vollkommen gleichenden Teilprodukte diese Fähigkeit besitzen. Es sind relativ kleine, mit sehr dünner, ungetüpfelter Zellmembran versehene, alle bekannten Organe des Protoplasten enthaltende Zellen. Von den Organen des Protoplasten ist der Zellkern gewöhnlich relativ groß, während Zellsaftvakuolen und Chromatophoren in der Regel relativ klein sind, und Einschlüsse fast nie in dem Protoplasten erkannt werden können. Die Meristemzellen kommen meist zu einem Gewebe vereinigt vor; diese Gewebeform nennt man gewöhnlich kurzweg Meristem. Infolge der schnellen Teilung der das Meristem bildenden Elemente ist das Meristem intercellularraumfrei. Gewöhnlich zieht man zum Meristem

übrigens auch noch etwas ältere, die allerersten Entwicklungserscheinungen der verschiedenen Zellformen schon zeigende Zellen hinzu. Solche Entwicklungsstadien, wie sie sich z. B. in den Embryonen der Samen im latenten Zustande finden, bezeichnet man am besten als embryonale. Je nach der Entstehungsweise des Meristems unterscheidet man zwischen Urmeristem und Folgermeristem. Urmeristem ist dasjenige Meristem zu nennen, welches die erste Anlage eines äußeren Pflanzenorgans (Blattes, Wurzel etc.) bildet oder aus den diese Anlage bildenden Meristemzellen durch weitere direkte meristematische Teilung entstanden ist. Bildet sich aus schon fertig ausgeformten Zellen, z. B. Parenchymzellen, wiederum Meristem, dann nennt man dieses ein Folgermeristem. Phellogen und Kambium sind Bezeichnungen für bestimmte Zellgewebe bildende Meristeme.

2. Parenchymzellen und Parenchymgewebe oder Parenchym.

Die Parenchymzellen entstehen aus den einzelnen Meristemzellen unter Ausbildung aller bekannten Organe des Protoplasten, ohne besonders stark hervortretende Ausbildung von Einschlüssen im Cytoplasma und den Zellsaftvakuolen. Sie sind also zuerst ausgezeichnet durch das Vorhandensein von Cytoplasma, einem Zellkern, Chromatophoren und relativ großen Zellsaftvakuolen und ferner durch das Fehlen größerer Menge von Einschlüssen, wozu jedoch zu bemerken ist, daß Calciumoxalatkrystalle, Öltropfen etc. in kleiner Menge in Parenchymzellen vorkommen können, und Stärkeeinschlüsse in den Chromatophoren sehr häufig und oft in sehr großer Menge dort auftreten. Ferner sind die Parenchymzellen ausgezeichnet durch relativ dünne, aus Celluloselamellen oder verholzten Lamellen bestehende, mit rundlichen, unbehoften Tüpfeln versehene Wände. Parenchymzellen kommen fast stets zu einer Gewebeform, dem Parenchym, verbunden vor, welches dann meist sehr deutliche Interzellularräume zeigt. Den Parenchymzellen kommt hauptsächlich die biologische Funktion der Erzeugung der organischen Nährstoffe und der Speicherung dieser Nährstoffe zu; doch ist hervorzuheben, daß die Thätigkeit der Parenchymzellen damit durchaus nicht genügend charakterisiert ist; der Bau ihrer Zellwand und ihres Protoplasten befähigt sie vielmehr, an allen für das Leben der Pflanze nötigen Leistungen teilzunehmen. Sie übernehmen die Leitung der organischen Nährstoffe, des Wassers und der Salze auf kürzere Strecken, dienen der Festigung des Pflanzenkörpers u. s. w. Für manche dieser letzteren Leistungen sind aber andere Zellformen besser organisiert als die Parenchymzellen, z. B. übertreffen die Sklerenchymzellen die Parenchymzellen in der Leistung für die Festigung des Pflanzenkörpers, während sie die Tracheen in der Leistung der Wasserbeförderung übertreffen u. s. w. Von dem vergleichenden Standpunkte aus ist man deshalb berechtigt, die zuerst genannten physiologischen Leistungen der Parenchymzellen als hauptsächliche oder

Hauptleistungen zu bezeichnen, während man alle anderen bisher bekannten Thätigkeiten als Nebenleistungen den ersteren gegenüberstellt. Überall, wo wir in dem Folgenden die Namen Haupt- und Nebenleistungen benutzen, ist derselbe also in diesem vergleichenden physiologischen oder auch biologischen Sinne zu verstehen. Da die Parenchymzellen alle Organe des Protoplasten zeitlich enthalten, so sind sie befähigt, sich zu teilen, auch wieder Meristemzellen zu erzeugen und so anderen Zellformen den Ursprung zu geben.

Die Form der Parenchymzellen ist eine äußerst mannigfaltige. Sie können isodiametrisch (fast kugelig), langgestreckt (Faserparenchym, Prosenchym) und dabei spitz oder gerade (wie das sogenannte Palissadenparenchym der Laubblätter) endigen, ferner mit mehr oder weniger langen Ausstülpungen, Armen, versehen sein (wie im Schwammparenchym der Laubblätter) u. s. w. Die meisten der farblosen und schwachgrünen Parenchymzellen der Pflanze gehören unzweifelhaft zu denen, welche an allen für die Pflanze nötigen und möglichen Leistungen der Zellen teilhaben und sind danach einfach als Parenchymzellen zu bezeichnen. Bei den chlorophyllreichen Parenchymzellen und manchen farblosen Parenchymzellen tritt aber eine oder die andere Leistung in den Vordergrund, und derartige Varietäten der Parenchymzellen sind danach zweckmäßig mit besonderen Namen zu belegen. Nach Bau des Protoplasten und der Zellwand, sowie dem Ort ihres Vorkommens und der Hauptleistung der Zellen kann man 4 Unterarten des Parenchyms unterscheiden: a) Chlorophyllparenchym oder Assimilationsparenchym, dessen Elemente sich durch die zu Chloroplasten entwickelten Chromatophoren auszeichnen, denen sie die Fähigkeit verdanken, als elementare Assimilationsorgane zu dienen, b) Speicherparenchym, welches aus Leukoplasten führenden Zellen besteht, welche zu gewissen Zeiten größere Mengen von Stärke in den Chromatophoren, andere Kohlehydrate und Proteinstoffe im Zellsaft oder auch fettes Öl im Cytoplasma ablagern, c) Wasserparenchym, Wassergewebe oder Saftparenchym, dessen Zellen sich durch eine große Zellsaftvakuole und sehr zarte Seitenwände auszeichnen und durch die Hauptleistung der Wasserspeicherung, d) Leitparenchymzellen, deren Bau und Lagerung den Schluß zuläßt, daß sie in bevorzugter Weise der Stoffleitung dienen.

Es finden sich häufig Zellen, welche als Übergänge zwischen diesen 4 Unterformen zu betrachten sind. Ferner finden sich solche, die Übergänge von den Parenchymzellen zu den sogleich zu besprechenden Kollenchymzellen und Sklerenchymzellen, auch zu den Sekretzellen bilden, nicht selten. Als besonders häufig vorkommende Übergangsform zwischen den normalen Parenchymzellen und den normalen Sklerenchymfasern sind die Ersatzfasern (Parenchymersatzfasern) hier hervorzuheben. Man bezeichnet mit diesem Ausdrucke mit Sanio ursprünglich nur die im Holze vorkommenden, spitzendigen, kurz faserförmigen, nicht besonders dickwandigen, aus einer Meristemzelle des Kambiums hervorgehenden ver-

holzten Parenchymzellen, die mit rundlichen oder auch etwas spaltenförmigen Tüpfeln versehen sind. Wir wollen den Ausdruck auch für die gleichgestalteten unverholzten Elemente fleischiger Holzkörper, die in der Nähe der Siebstränge häufig vorkommen, anwenden. Sich noch mehr in Funktion, Anordnung und Bau, vorzüglich auch Tüpfelform den Sklerenchymfasern nähernde Parenchymzellen hat de Bary Faserzellen genannt, doch wollen wir diesen Namen nicht benutzen, weil er bei de Bary auch noch die protoplasmaführenden Bastzellen einschließt. Da die Parenchymzellen die Hauptmasse des Pflanzenkörpers ausmachen, so findet man in jeder unserer folgenden Drogenbeschreibungen Beispiele dafür; doch mögen als Beispiel für die Assimilationszellen die Palissadenzellen der Blätter von *Cassia angustifolia* und *Atropa Belladonna*, sowie das Armparenchym des letzteren Pflanzenteils dienen. Als Beispiel für die Speicherparenchymzellen können die Parenchymzellen des Irirrhizomes dienen. Ersatzfasern finden sich in den Wurzeln der officinellen Umbelliferen.

3. Kollenchymzellen und Kollenchym.

Bezüglich des Baues des Protoplasten stehen die als Kollenchymzellen zu bezeichnenden Zellen den Parenchymzellen nahe, indem sie alle Organe der Zelle, dabei bald farblose, bald schwachgrüne Chromatophoren enthalten und selten grössere Einschlüsse führen, unterscheiden sich jedoch durch den Bau ihrer Zellmembran und durch ihre Funktion von ihnen. Kollenchymzellen besitzen die Form langgestreckter (bis 2 mm lang), mehrseitiger Prismen mit horizontalen oder schräg zugeschärften Enden. Die Wände sind auf den Endflächen und der Längsmittellinie der Seitenflächen dünn, längs der Kanten stark verdickt; sie bestehen aus zahlreichen kollenchymatischen Lamellen. Tüpfelung kommt nur dem dünnen Teile der Wände zu. Bei den langgestreckten Formen sind die Tüpfeln meist vertikal stehend, längs gestreckt, selten rundlich oder quergestreckt. Intercellularräume finden sich im Kollenchymgewebe (Kollenchym) nur zwischen den Längskanten der Zellen. Häufig sind die langen Zellen durch später entstandene zarte Querwände gekammert oder gefächert. Die Hauptfunktion des Kollenchyms, welche aus der Anordnung der Zellen im Pflanzenkörper und aus der Struktur und physikalischen Eigenschaft der Zellwand erschlossen ist, besteht in der Erhöhung der Festigkeit der wachsenden Pflanzenteile, in welchen sich das Kollenchym vorfindet. Bezüglich der absoluten Festigkeit des Kollenchyms ist zu bemerken, daß dieselbe derjenigen des Sklerenchymfasergewebes (vergleiche dort) kaum nachsteht, daß jedoch sein Tragmodul viel kleiner ist. Schon etwa 2 kg führen eine Überschreitung der Elastizitätsgrenze herbei. Übergangsformen zwischen Kollenchymzellen und Parenchymzellen bezeichnet man als kollenchymatische Parenchymzellen. Die Kollenchymzellen gehen sehr häufig im Alter in Sklerenchymfasern über, indem ihrer Zellwand innen solche neue

Schichten aufgelagert werden, wie sie für die Sklerenchymfasern charakteristisch sind. Als Beispiel für die Kollenchymzellen können die Elemente des Kollenchyms der Digitalisblätter dienen.

4. Schutzzellen mit verkorkten Wänden: Epidermiszellen, Endodermzellen, Korkzellen.

Unter der Bezeichnung Schutzzellen mit verkorkten Wänden wollen wir drei Zellformen zusammenstellen, die sich dadurch auszeichnen, daß sie eine verkorkte Zellwand besitzen, und daß sie zu Geweben zusammen treten, deren Lage, Bau und physiologische Eigenschaften darauf schließen lassen, daß diese Gewebe als schützende und den Wasservorrat abschließende Hüllen ganzer Pflanzenteile oder gewisser Gewebepartien dienen.

a) Epidermiszellen, Epidermiszellengewebe und „Epidermis“.

Unter „Epidermis“ (welchen Namen wir von Epidermiszellengewebe unterscheiden wollen, unter welchem letzterem wir ein nur aus Epidermiszellen bestehendes Gewebe verstehen) versteht man die schon vom Urmeristem angelegte, die Oberfläche der Pflanzenorgane bedeckende, die Kutikula erzeugende Zellschicht. Diejenigen lückenlos aneinanderschließenden Zellen, welche die Hauptmasse der normalen Epidermen bilden, nennt man Epidermiszellen. Nach ihrem Baue und ihrer Leistung unterscheidet man zweckmäßig zwischen Blatt- und Achsenepidermiszellen einerseits und Wurzelepidermiszellen andererseits. Die Epidermiszellen der ersten Kategorie besitzen wie die Parenchymzellen einen vollkommen entwickelten aber zarten Protoplasten, dessen Chromatophoren häufig sehr klein, meist farblos, selten grün sind, dessen Vakuolen sehr groß und mit farblosem oder gefärbtem klarem Zellsafte gefüllt sind. Die Zellwand der Epidermiszellen ist sehr verschieden gebaut, zeichnet sich aber stets dadurch aus, daß ihre äußerste Lamelle oder eine sehr weit außen liegende Lamelle sehr stark verkorkt ist; die Lamelle jeder einzelnen Zelle geht in die der nächsten Zelle ohne Grenze über, so daß die Außenseite der Epidermis wie von einem dünnen Lacküberzuge bedeckt erscheint. Man nennt diese kontinuierliche Haut die Kutikula. Nicht selten sind auch noch tiefer innen liegende Lamellen der Außenwand und der Seitenwände verkorkt. Die Außenwand der in Rede stehenden Epidermiszellen ist meist stärker verdickt als die übrigen Wände, und gewöhnlich ist sie tüpfelfrei, während die übrigen Zellwände Tüpfeln besitzen. Die Form der Zellen ist häufig eine tafelförmige oder palissadenförmige oder eine zwischenliegende; die Seitenwände sind dabei nicht selten wellig gebogen. Der Bau und die Lage der normalen Epidermiszellen der Blätter und Achsen, sowie die Resultate einiger physiologischen Versuche sprechen dafür, daß die Epidermis in erster Linie dem mechanischen, dem Tran-

spirationsschutze und teilweise auch Lichtschutze dient, das innenliegende Gewebe im allgemeinen vor äußeren schädlichen Einflüssen zu schützen hat. Doch schließt die Epidermis die Pflanze durchaus nicht gegen das umgebende Medium völlig ab und hat wahrscheinlich in mancher anderen Richtung die Beziehung der Pflanze zu diesem Medium zu vermitteln. Übergänge der normalen Epidermiszellen zu den Sklerenchymzellen (Epidermis der Blätter von *Pinus silvestris*), Wassergewebezellen, Assimilationszellen (vorzüglich bei untergetauchten oder an sehr feuchten, dunklen Standorten wachsenden Pflanzen) und Sekretzellen kommen vor. Als Übergänge zwischen den Epidermiszellen und den Nebenorganen der Pflanze kann man diejenigen Epidermiszellen betrachten, deren Außen-

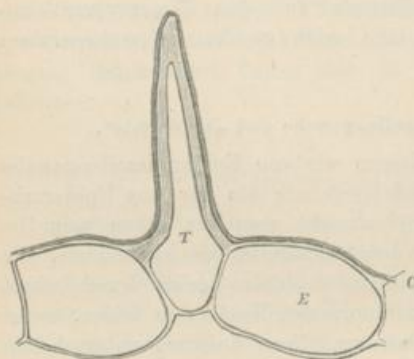


Fig. 41.

Membran der Epidermiszelle *E* und der Haarzelle *T* der Epidermis des Blattes von *Psychotria Ipecacuanha*. *C* Kutikula.

wand zu einem schlauchartigen Fortsatze auswächst, einem nicht abgegliederten Haare (Fig. 41). Die Wurzelepidermiszellen sind stets dünnwandig, mit zarter Kutikula versehen und treiben schlauchartige Ausstülpungen, die Wurzelhaare, welche nur in anormalen Fällen fehlen. Wie aus anatomischen Thatsachen und physiologischen Versuchen hervorgeht, besteht die hauptsächliche Leistung der Wurzelepidermiszellen in der Aufnahme des Wassers und der anorganischen Nährsalze. Zugleich allerdings wirken sie, solange sie leben, auch als Schutzzellen, jedoch wird

diese Leistung meist von einer unter der Wurzelepidermis liegenden Schicht von Endodermiszellen mit übernommen, welche nach dem meist bald erfolgenden Absterben der Epidermis zeitweise die Schutzleistung allein ausübt. Auf einigen, die Funktion normaler Wurzeln besitzenden Achsen und Blätter kommen den Wurzelhaaren ähnliche Gebilde vor, welche hier anzuschließen sind.

b) Endodermzellen und Endodermis.

Unter Endodermis verstehen wir die einschichtige, eigentümlich gebaute Zellscheide, welche das primäre radiale Gefäßbündel der Wurzel umgiebt. Die Elemente, welche diese Schicht hauptsächlich aufbauen (also die später zu erwähnenden Kurzzellen ausgenommen), nennen wir Endodermzellen und bezeichnen alle gleich gebauten Elemente, wenn sie sich auch an anderen Orten finden, z. B. in der endodermähnlichen Hypodermis der Wurzel oder in Scheiden, welche die Gefäßbündel

mancher Achsen umgeben, ebenfalls als Endodermzellen. Der Protoplast der Endodermzellen ist ebensolange lebendig wie der der umgebenden Parenchymzellen und, soweit erkennbar, dem der Parenchymzellen gleich gebaut. Meist ist der Zellkern groß und deutlich, während die Chromatophoren meist klein sind. Die Form der Zellen ist stets ungefähr vierseitig prismatisch. Die Seitenwände, mit denen sich die Elemente berühren, sind stets lückenlos verbunden. Die Zellwände sind dadurch ausgezeichnet, daß ihre radial stehenden Seitenwände stets eine Korklamelle besitzen. Die Verkorkung betrifft in vielen Fällen nur einen bandartigen Streifen der Radialwand, kann sich aber auch weiter und schließlich über alle Wandflächen erstrecken. Die Radialwände der Endodermzellen erscheinen dabei in Schnitten der zur Beobachtung gelangenden Pflanzenteile stets wellig gekrümmt, wenn die Zellen dünnwandig sind; bei vorhandenen starken Verdickungsschichten zeigt sich die Wellung der Seitenwände nach Lösung der Verdickungsschichten durch Schwefelsäure oder Chromsäure. Die Zellwand kann im übrigen dünnwandig bleiben (bei den meisten Dikotyledonen) oder es können den verkorkten dünnen Wänden weitere Verdickungsschichten aufgelagert werden, welche aus

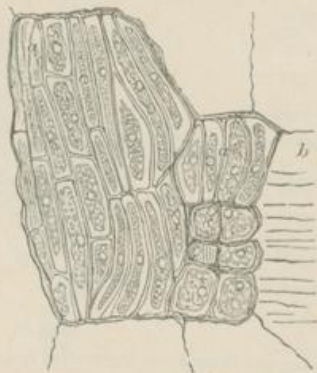


Fig. 42.

Fig. 42. Durch unverkorkte Zellwände gekammerte Endodermzellen der Endodermis einer Wurzel von *Gentiana lutea*, welche die primäre Rinde eben abgestoßen hatte. Nach Spiritusmaterial gezeichnet. Die dunklen Linien bezeichnen die verkorkte Zellwand der großen Endodermzellen.

150fach vergr.

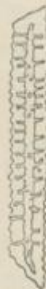


Fig. 43.

Fig. 43. Membran einer einzelnen Zelle der Endodermis der Wurzel von *Veratrum album*, mit wellig gebogenen Radialwänden und grob getüpfelter Verdickungsschicht.

200fach vergr.

Celluloselamellen und verholzten Lamellen bestehen können (bei vielen Monokotyledonen). Die Verdickungsmassen sind meistens deutlich getüpfelt. Als Beispiele der Endodermzellen können die Elemente der Wurzelendodermis von *Veratrum album* (Fig. 43), *Valeriana officinalis*,

Smilax, Aconitum Napellus, die Elemente der Hypodermis der Wurzel von Smilax, die Endodermzellen der Gefäßcylinderscheide des Rhizomes von Veratrum album, die Endodermzellen der endodermartigen Gefäßbündelscheide im Blattstiele von Menyanthes trifoliata dienen. Als Beispiel einer durch unverkorkte Wände gekammerten Endodermzelle führe ich die in Fig. 42 abgebildete von Gentiana lutea an. Ich verweise übrigens auf die Abbildung der zugleich als Sekretzelle dienenden Endodermzelle aus der Wurzelhypodermis von Valeriana officinalis.

c) Korkzellen und Korkgewebe.

Unter Kork versteht man durch ein Folgermeristem erzeugtes, aus lückenlos aneinanderschließenden, verkorkten Zellen bestehendes Gewebe, dessen biologische Leistung wesentlich im schützenden Abschlusse der von ihm bedeckten Gewebe besteht. Die Elemente dieses Gewebes, die Korkzellen, besitzen im ausgewachsenen Zustande einen Protoplasten, welcher dem einer Parenchymzelle gleicht, aber sehr schnell zu Grunde geht. Er

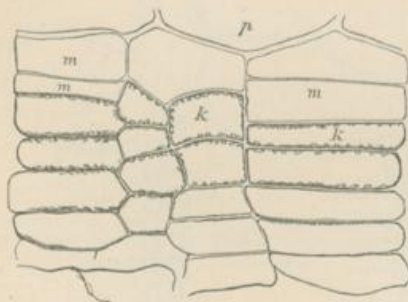


Fig. 44.

Fig. 44. Querschnitt des Korkgewebes der Wurzel von Psychotria Ipecacuanha.
m Meristemzellen. k Korkzellen.

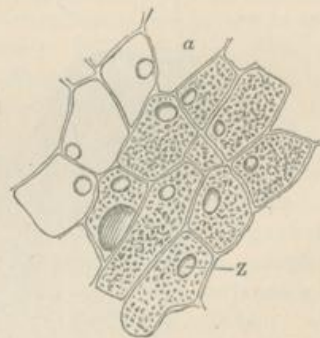


Fig. 45.

Fig. 45. Korkzellen aus dem Korkgewebe von Psychotria Ipecacuanha.
z toter Zellkern.

wird dabei nicht völlig resorbiert, sondern bleibt nach dem Absterben meist als ein dichter Beleg der Zellwand anhaften, welcher nicht selten mit eigentümlichen gefärbten Sekreten, mit Oxalat oder Krystallen organischer Stoffe angefüllt ist, sonst nur Luft enthält. Die verkorkte Zellwand besteht gewöhnlich aus drei Lamellen, aus einer innersten Celluloselamelle, einer darauffolgenden verkorkten Lamelle und einer äußersten, dünnen, verholzten Lamelle, mit welcher sie an die nächste, gleichgestaltete Zelle grenzt. Tüpfeln durchbrechen, wenn sie vorhanden sind, nur die Celluloselamelle, die übrigens auch fehlen kann. Wie der Endodermzellenmembran können auch der Korkzellenmembran innen noch Verdickungs-

schichten aufgelagert sein. Beispiele für dünnwandige Korkzellen sind die Korkzellen des Rhizomes von *Curcuma longa*, der Wurzel von *Krameria triandra*, *Angelica officinalis*, *Inula Helenium*, *Iateorrhiza Calumbo*, *Psychotria Ipecacuanha* (Fig. 44 u. 45), *Gentiana lutea* (Fig. 46), für dickwandige Korkzellen die oxalaterfüllten Korkzellen der Stammrinde von *Croton Eluteria* und die innenseitig stärker verdickten Korkzellen der Granatrinde.

5. Sklerenchymelemente: Sklerenchymzellen und Sklerenchymfasern und Sklerenchym.

(Gleichbedeutend mit Sklerenchymelement ist der Ausdruck mechanische Zelle oder Stereide; Steinzellen (Bracheiden) sind fast isodiametrische Sklerenchymzellen; Bastfasern und Librifasern oder Holzfasern sind Sklerenchymfasern.)

Wir fassen unter dem Ausdrucke Sklerenchymelemente alle diejenigen Zellen zusammen, welche sich auszeichnen durch eine starke Wandverdickung unter schließlich mehr oder weniger weitgehender Reduktion oder völligem Verluste des Protoplasten, und für welche infolge ihrer Lage im Pflanzenkörper und des Fehlens charakteristischer Merkmale für andere Funktionen (wie sie sich z. B. bei dickwandigen Endospermzellen und manchen dickwandigen Tracheiden finden lassen) die Annahme zulässig erscheint, daß ihre Leistung für den Pflanzenkörper wesentlich in der Erhöhung der Festigkeit des letzteren besteht.

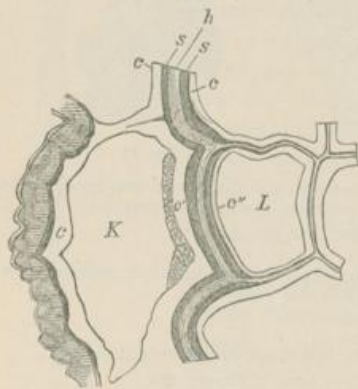


Fig. 46.

Radialer Längsschnitt durch 2 Korkzellen von *Gentiana lutea*.

L innere Korkzelle. K äußere Korkzelle.
c Celluloselamelle. s Suberinlamelle. h Mittel-
lamelle.

700fach vergr.

Hauptsächlich nach ihrer Form, aber auch nach ihrer Membranbeschaffenheit lassen sich isodiametrische Sklerenchymelemente oder Sklerenchymzellen und faserförmige Sklerenchymelemente oder Sklerenchymfasern unterscheiden. a) Die

Sklerenchymzellen sind fast isodiametrische oder wenig gestreckte Sklerenchymelemente, die im übrigen eine sehr verschiedene Form haben können, häufig z. B. reich verästelt oder mit wellig gebogenen Seitenwänden versehen sind. Sie zeichnen sich durch eine meist verholzte, oft braun gefärbte, stark verdickte, mit rundlichen, kanalförmigen, oft verästelten Tüpfeln versehene Membran aus, besitzen übrigens oft auch andere

höchst eigentümlich geformte Tüpfeln oder Wandverdickungen. Wenn die Sklerenchymzellen im lebenden Parenchym liegen, so bleibt ihr Protoplast, obgleich er für die Hauptfunktion des Elementes keine Bedeutung hat, meist völlig erhalten. In anderen Fällen, vorzüglich in Fruchtschalen und Samenschalen geht der Protoplast bald nach der Vollendung der Wandverdickung zu Grunde. Die Erfahrung lehrt, daß das Sklerenchymzellengewebe eine große rückwirkende Festigkeit besitzt; obgleich keine Messungen vorliegen, ist es höchst wahrscheinlich, daß ihm unter allen Geweben der Pflanze die größte Druckfestigkeit zukommt. Als Beispiele der Sklerenchymzellen mögen neben den hier abgebildeten Formen (Fig. 47, 48, 49) die Elemente der Steinschale des Perikarps von



Fig. 47.

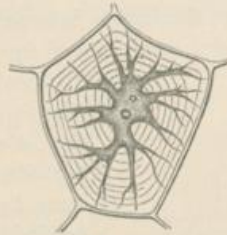


Fig. 48.



Fig. 49.

Fig. 47. Sklerenchymzellen aus der Sklerenchymscheide der Umgebung des intercellularen Sekretbehälters der Frucht von *Rhus succedanea* von außen betrachtet.
(Aus Archiv der Pharmac. 1879. XII. Bd. Heft 2.)

Fig. 48. Sklerenchymzelle aus dem Perikarp der Walnufs, quer durchschnitten, mit verzweigten Tüpfelkanälen und geschichteter Wand.
600fach vergr.

Fig. 49. Sklerenchymgewebe aus der Mitte des Endokarps von *Elaeis guineensis* L.
(Aus Arth. Meyer, Über die Ölpalme, Arch. d. Pharm. 1884.)

Laurus nobilis und die Steinzellen der Aconitknolle dienen. Die Sklerenchymzellen kommen vereinzelt oder zu einem Gewebe verbunden im Pflanzenkörper vor und bilden im letzteren Falle nur sehr kleine Inter-cellularräume. b) Die Sklerenchymfasern sind langgestreckt faserförmig (meist 0,5—2 mm, doch auch bis 80 mm lang), meist spitz endigend, im Querschnitte rund oder, vorzüglich wenn sie zu einem Gewebe verbunden vorkommen, auch vieleckig. Nicht selten sind die Seitenwände der Elemente ausgebuchtet, überhaupt in den verschiedenen Regionen ihres Verlaufes ungleich dick, auch sind sie häufig an der Spitze kurzgabelig verzweigt. Die gewöhnlich nicht sehr zahlreich vorhandenen Tüpfeln der Wände sind unbehöft, spaltenförmig und meist in schräg linksläufige Spiralen gestellt; selten stehen die Spalten rechtsläufig



Fig. 50.
Sklerenchymfaser
aus dem Holze der
Achse von *Guajacum officinale*.
o im optischen
Längsschnitt. w von
außen gesehen.
t Tüpfel. w Wand.
l Lumen.
100fach vergr.

oder längsläufig. Die Wände sind in verschiedenartigster Weise aus Cellulose-, Kollenchym- und verholzten Lamellen aufgebaut (siehe Fig. 28 F, Seite 50) oder bestehen aus nur einer Art der genannten Lamellen. Stets besitzen diese Wände eine relativ große mechanische Tragfähigkeit. Fächerung der Sklerenchymfasern durch dünne Querwände kommt nur sehr selten vor. Der bei langen Sklerenchymfasern vielkernige Protoplast stirbt bei den Sklerenchymfasern der Rinde meist nicht früher ab als der der umgebenden Parenchymzellen, in Hölzern scheint oft schon im zweiten Jahre der Protoplast der Sklerenchymfasern zu Grunde zu gehen. Das Sklerenchymfasergerüst zeichnet sich vor allen anderen Zellgeweben durch seine große absolute Festigkeit aus. Stränge von 1 qmm Querschnitt vermögen zwischen 15 bis 25 kg zu tragen, ohne daß die Elastizitätsgrenze überschritten wird; doch tritt bei weiterer Belastung dann bald ein Zerreißen ein. So z. B. beträgt der Tragmodul per qmm für die Sklerenchymfaserstränge von *Phormium tenax* 20 kg, der Festigkeitsmodul nur 25 kg. Als Beispiel dienen das in Fig. 50 und 51 dargestellte Element aus dem Guajakholz. Ferner mache ich auf die Sklerenchymfasern der Wurzelrinde und des Wurzelholzes vom *Ononis spinosa*, *Krameria triandra* und *Sassafras officinalis* aufmerksam. Als Übergänge von den Sklerenchymzellen zu den Sklerenchymfasern können die gestreckten Sklerenchymzellen (siehe z. B. Fig. 52) und die kurzen Sklerenchymfasern, wie sie sich z. B. in der Granatwurzelrinde finden, betrachtet werden. Sklerenchymelemente, welche an ihrem Stärkegehalt erkennen lassen, daß sie zugleich als Speicherzellen dienen, bezeichnet man am besten als stärkeführende Sklerenchymzellen oder Sklerenchymfasern. Zu den Übergängen von den Sklerenchymelementen zu den Parenchymelementen gehören auch die schon besprochenen Ersatzfasern. Auch Übergänge zu den Tracheiden finden sich häufig.

6. Sekretzellen (Sekretschläuche).

Unter Sekretzellen verstehen wir Zellen, in denen geformte, den Raum der Zelle fast ganz einnehmende Einschlüsse enthalten sind, welche aus morphologischen und physiologischen Gründen als Ausscheidungen zu betrachten sind, die an dem Stoffwechsel der Pflanze keinen Anteil

mehr nehmen. Aufser dem Oxalat gehören hierher eine Reihe von geformten Einschlüssen, welche unter den wenig scharfen Begriffen von ätherischem Öl, Harz, Schleim zusammengefaßt werden. Außerdem hat man auch Parenchymzellen, in deren Zellsaft Stoffe in größerer Menge enthalten sind, die man in physiologischer Beziehung den oben genannten Substanzen gleichstellt und welche dabei vereinzelt in anderem Gewebe vorkommen, als Sekretzellen bezeichnet. So z. B. rechnet man vereinzelt stehende, viel Gerbstoff enthaltende Zellen zu den Sekretzellen. Die Sekretzellen gehen stets aus einer Meristemzelle hervor, deren Protoplast sich oft völlig so entwickelt wie der einer Parenchymzelle, oft auch den Bau derselben stets beibehält, nicht selten aber auch viel eher teilweise oder ganz abstirbt als die Protoplasten der umgebenden Parenchymzellen.

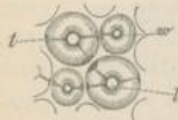


Fig. 51.

Querschnitt durch ein Stückchen des Sklerenchymfasergewebes des Holzes von Guajacum.
 w Wand, k Tüpfel,
 l Lumen der Sklerenchymfaser.

de Bary hat, da er den Verlust des Protoplasten betonen wollte, die in Rede stehenden Elemente Sekretschläuche genannt. Die Sekretzellen finden sich meist entweder vereinzelt (idioblastisch) in Geweben eingelagert oder sie bilden von anderem Gewebe umgebene Längsreihen, vorzüglich dann, wenn eine gestreckte Meristemzelle sich quer teilt und jedes Teilprodukt zu einer Sekretzelle wird. Nach dem Inhalte der Sekretzellen hat man unterschieden zwischen Oxalatzellen, Ölzellen, Harzzellen, Gerbstoffzellen etc. Hiervon wollen wir die charakteristischsten etwas näher besprechen.

a) Ölzellen. Die ätherischen Öle scheiden sich im Cytoplasma der Zelle in der Nähe des an Cytoplasmafäden aufgehängten Zellkernes aus. Solange die Ölvakuole wächst, ist der Protoplast lebendig. Erfüllt der Öltropfen die Zelle ganz, so scheint der Protoplast meist abzusterben; in manchen Fällen scheint dabei der tote Protoplast einen dünnen Sack oder einen Beleg der Zellwand zu bilden. Fast alle Ölzellen besitzen eine verkorkte Zellwand. Man nimmt an, daß die ätherischen Öle als Schutzmittel gegen den Angriff von Tieren dienen, und es ist wahrscheinlich, daß sie als solche von der Pflanze besonders erzeugt werden, keine notwendigen Nebenprodukte des Stoffwechsels sind. Als Beispiel für den Bau einer Ölzelle kann die in Fig. 53 abgebildete Sekretzelle aus der Wurzelhypodermis von *Valeriana officinalis* dienen. Ferner sind gute Beispiele die Ölzellen in den officinellen Zingiberaceenrhizomen, im Kalmusrhizom, in der Kaskarillrinde.

b) Oxalatzellen. Fast völlig mit Calciumoxalat angefüllte Zellen sind häufig. Oft füllt ein großer Krystall die ganze Zelle aus, oft mehrere oder auch ungeheuer zahlreiche kleine. Die Zellwand der Oxalatzellen ist meist dünn, kann aus Cellulose bestehen, kommt aber auch verholzt oder verkorkt vor. Über die Protoplasten liegen nur wenige und ungenügende Angaben vor, doch scheint es, als ob Cytoplasma, Zellkern und Chromatophoren derselben in zahlreichen Fällen so lange lebend bleiben

wie die der umgebenden Parenchymzellen, in weniger zahlreichen Fällen, vorzüglich in denen, in welchen völlige Füllung der Zellen mit Oxalat eintritt, früher absterben. Raphidenbündel, welche häufig in Oxalatzellen vorkommen, sind stets in Schleim eingelagert; auch bei nadelförmigen Einzelkrystallen kommen Schleimhüllen vor. An die Umhüllung vieler Oxalatkristalle durch besondere Membranen sei nochmals erinnert. In den meisten Fällen haben die Oxalatzellen wohl nur die Bedeutung von Behältern für das als für die Pflanze unbenutzbares Nebenprodukt des Stoffwechsels zu betrachtende Oxalat. Die Raphiden allerdings erweisen sich zugleich als sehr wirksames Schutzmittel der Pflanzen gegen den Angriff mancher Tiere, und in manchen Fällen scheinen die mit Oxalat angefüllten Zellen ähnlich wie die Sklerenchymzellen so angeordnet zu sein, daß sie zarten Zellformen als Schutzmittel gegen Druck dienen.



Fig. 52.

Isolierte gestreckte, verzweigte Sklerenchymzelle aus der Samenschale von *Rhus succedanea*.

(Aus Arth. Meyer, Über den Japantalg, Arch. d. Pharm. 1879.)

c) Milchsaftezellen und Sekretzellen mit wasserlöslichen Inhaltstoffen. In geringer Anzahl in andere Gewebe eingelagerte, oft mit verkorkten Membranen versehene Sekretzellen, welche eine ähnliche biologische Bedeutung zu besitzen scheinen wie die Ölzellen und Raphidenzellen, aber statt der im Cytoplasma liegenden Öltropfen oder der in Zellsaftvakuolen erzeugten Raphiden, im Zellsaft gelöste Bitterstoffe oder Gifte enthalten, finden sich nicht selten in der Pflanze. Als Beispiele mögen die Aloinzellen in den Blättern der Aloë und die Konvolvulin enthaltenden Milchsaftezellen der Jalapenwurzel dienen.

7. Gegliederte Milchröhren.

Die gegliederten Milchröhren sind wie die Siebröhren und Gefäße Zellfusionen. Sie entstehen aus Reihen längsgestreckter Meristemzellen, welche unter meist vollkommener Lösung der Querwände, selten nur unter sehr weiter Perforation derselben (*Chelidonium*) miteinander zu röhrenförmigen Zellfusionen verschmelzen, welche bei manchen Pflanzen einfach bleiben, aber meist durch zahlreiche quer verlaufende Anastomosen verbunden sind. Die letzteren entstehen entweder und zwar meist in der Weise, daß die Seitenwände einzelner, zwischen zwei vertikalen Hauptstämmen der Milchröhren liegender Meristemzellen perforiert und letztere so zu horizontal verlaufenden Brücken werden, welche die Hauptstämme verbinden oder seltener so, daß zwei ursprünglich miteinander seitlich in Berührung stehende Meristemzellen bei weiterem Gewebewachstum aus-

einandergedrängt werden, dabei aber an bestimmten Stellen in Verbindung bleiben und dort zu miteinander verwachsenen Armen auswachsen. Das

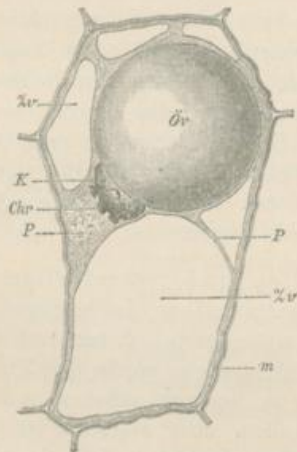


Fig. 53.

Fig. 53. Ausgewachsene Sekretzelle aus der lebenden Wurzelhypodermis von *Valeriana officinalis*. *ö* Tropfen des ätherischen Öles (Ölvakuole), im Cytoplasma liegend. *P* Cytoplasmafäden. *K* Zellkern. *Chr* Chromatophoren. *zv* Zellsaftvakuole. *m* verkorkte gemeinsame Zellmembran, aus 5 Lamellen bestehend.

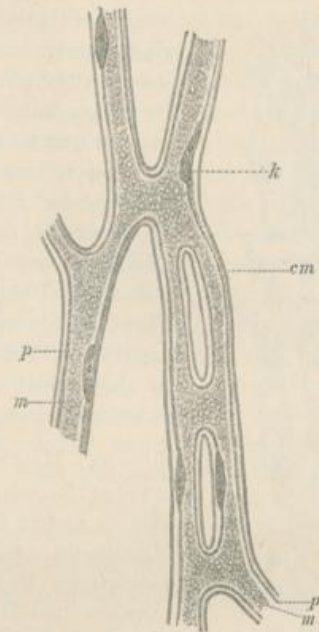


Fig. 54.

Fig. 54. Stück einer gegliederten Milchröhre aus der Wurzel von *Sonchus palustris*. *k* Zellkern. *p* Cytoplasma. *m* Milchsaft (Zellsaft). *cm* Zellwand. Präparat mit Pikrinsäure maceriert und mit Hämatoxylin gefärbt. 400fach vergr.

(Fig. 54 nach Emil Schmidt.)

so entstandene kontinuierliche Netz der Milchröhre durchzieht meist die ganze Pflanze, ist also oft ein sehr großes Element. Die Zellwand der gegliederten Milchröhren ist bei den verschiedenen Species sehr verschieden dick, stets weich, aus reiner Cellulose oder Kollenchymlamellen bestehend, dabei ohne Tüpfeln oder flach und wenig getüpfelt. Der Protoplast der gegliederten Milchröhren bildet einen zusammenhängenden Beleg der Röhrenwandung und besitzt in seinem Cytoplasma lebende Zellkerne (wahrscheinlich auch kleine Chromatophoren). Der ganze, röhrenartige vom Cytoplasma umschlossene Innenraum (die Zellsaftvakuole?) ist mit frei und leicht beweglichem Milchsaft gefüllt, einer bei den verschiedenen Pflanzen äußerst verschieden zusammengesetzten weißen oder gelben Emulsion. Als Beispiel für die Milchsaft kann der weiße von

Papaver somniferum dienen, welcher im eingetrockneten Zustande das Opium darstellt, dessen Zusammensetzung ja etwas genauer bekannt ist. In den Drogen sind die Milchsäfte meist zu einer festen Masse erstarrt, welche das Lumen der Milchröhre vollkommen ausfüllt und diese auch auf Querschnitten leicht kenntlich machen. Die Leistung der gegliederten Milchröhren für die Pflanze ist wahrscheinlich eine mehrfache. Einmal dienen sie sicher als Sekretbehälter; denn sie führen Stoffe (wie z. B. den Kautschuk), welche im Stoffwechsel keine Verwendung mehr finden können, und dann sind sie Behälter für Gifte (z. B. Alkaloide), die als Schutzmittel der Pflanze betrachtet werden dürfen. Da die Emulsion aber auch Nährstoffe der Pflanze enthält (Zucker, organische Kalksalze etc.), so dienen die gegliederten Milchröhren auch als Reservestoffbehälter, und da in den Milchröhren bei Wechsel des Turgors der umgebenden Parenchymzellen in den verschiedenen Pflanzenteilen auch eine mechanisch veranlasste Strömung des Milchsaftes eintreten muß, so sind sie auch als Leitungsbahnen der Nährstoffe und der Gifte zu betrachten. Für ihre Leistung als Leitungsbahnen der Nährstoffe spricht auch ihre Vereintläufigkeit mit den Siebröhrensträngen, die oft zu beobachten ist, und das oft erfolgende Zurücktreten der Siebröhren an Zahl und Größe da, wo eine Pflanze reichlich Milchröhren besitzt. Welche Leistung man zweckmäßigerweise als biologische Hauptfunktion ansprechen soll, ist kaum zu entscheiden. Als Beispiel der gegliederten Milchröhren mögen außer der in Fig. 54 abgebildeten Milchröhre der Wurzel von *Sonchus* die Milchröhren von *Taraxacum officinale* und *Papaver somniferum* dienen.

8. Ungegliederte Milchröhren.

Die ungegliederten Milchröhren unterscheiden sich von den gegliederten nur dadurch, daß sie nicht durch Verschmelzung von Meristemzellen entstehen, sondern daß vielmehr jede Milchröhre einer einzigen Meristemzelle entstammt, welche sich streckt und zu einer reich verzweigten Röhre auswächst, welche die Länge einer ganzen Pflanze annehmen kann, einer Röhre, deren Zweige nicht miteinander anastomosieren. Für den ebenfalls vielkernigen Protoplast der ungegliederten Milchröhren sind die Chromatophoren mit Sicherheit nachgewiesen. In den Milchröhren der Euphorbiaceen wachsen an den Leukoplasten die bekannten stabförmigen und knochenförmigen Stärkekörner, welche also nicht im Milchsaft, sondern im Cytoplasma liegen. Beispiele für die ungegliederten Milchröhren sind die Milchröhren der Rinde von *Croton Eluteria* und *Gonolobus Condurango*. Zwischen ungegliederten Milchröhren und milchsaftführenden Sekretzellen giebt es Uebergänge, zu welchen die schlauchartig verlängerten Milchsaftzellen zu rechnen sind. Ebenso giebt es kürzere, nur aus wenigen Meristemzellen durch Fusion entstehende gegliederte Milchröhren (Musaarten), welche man als Uebergänge von den gegliederten Milchröhren zu den Milchsaftzellen betrachten kann.

9. Siebröhren.

Als Siebröhren bezeichnet man Längsreihen von eigentümlich gebauten Zellen (den Gliedern der Siebröhren), deren Protoplasten in gleich

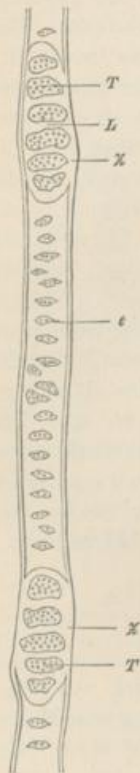


Fig. 55.
Zellwand eines Stückes einer isolierten Siebröhre von *Tilia grandifolia*. *z* schräg stehende, von der Fläche gesehene Zwischenwände, mit je 5, resp. 6 Tüpfeln (Siebplatten) *T*. Die Tüpfeln sind perforiert, die Perforationen durch die feinen Punkte der Tüpfeln angedeutet. *t* perforierte Tüpfeln einer Seitenwand, welche an eine andere Siebröhre grenzt. *z* Zwischen den Tüpfeln liegende dickere Leisten der Zwischenwand.
250fach vergr.

zu besprechender Weise in kontinuierlicher Verbindung stehen. Die Glieder der Siebröhren sind längsgestreckte, cylindrische Zellen, deren Wände (bis auf die Kallusschichten) aus reiner Cellulose bestehen und eigentümliche Tüpfelung und Perforationen der Tüpfelschließmembranen zeigen. Die sich berührenden oberen und unteren Wände zweier benachbarter Zellen, welche zusammen je eine Zwischenwand der Siebröhre bilden, sind nämlich mit einer großen die Zwischenwand bedeckenden oder mehr oder weniger zahlreichen, großen, rundlichen oder gestreckten Tüpfeln (den sogenannten Siebplatten) versehen, welche stets nur einen kleineren Teil der Wand freilassen, und diese Tüpfeln sind von mehr oder weniger zahlreichen, feinen, aber immerhin leicht nachweisbaren Löchern durchbrochen, durch welche die Protoplasten direkt in Verbindung stehen. Die innen aus Cellulose bestehende Membran der ganzen Zwischenwände ist beiderseits von einer dünnen Lamelle von eigentümlicher Reaktion überzogen, die man Kallus genannt hat. Die Kalluslamelle löst sich in Kupferoxydammoniak nicht (während sich die Celluloselamelle darin löst), löst sich aber nach längerer Zeit in verdünnter Kalilauge. Frisches Chlorzinkjod bringt den Kallus zum Verquellen, ohne ihn besonders zu färben. Gleiche Tüpfeln wie die beschriebenen finden sich auf den Längswänden der Siebröhrenglieder, welche an andere Siebröhren grenzen. Die Protoplasten der fertigen Siebröhrenglieder sind dadurch ausgezeichnet, daß ihnen der Zellkern fehlt; die Protoplasten besitzen jedoch Cytoplasma und Chromatophoren, welche letztere als Einschlüsse häufig Stärkekörner führen. Andere Einschlüsse kommen in den Siebröhren nicht vor. Über den Inhalt und den Bau der großen centralen Vakuole der Siebröhrenglieder ist man noch nicht genau unterrichtet. Als Hauptleistung der Siebröhren nimmt man gewöhnlich die Leitung der Eiweißstoffe an, doch weiß man über die Funktion der Siebröhren durchaus noch Nichts sicheres. Die Sieb-

röhren leben nur eine relativ kurze Zeit, dann werden sie, nachdem vorher starke Kallusauflagerung auf die Zwischenwand und hierdurch Verschluss der Poren stattfand, völlig entleert und schließlich von dem umgebenden, weiter lebenden Gewebe zusammenge- drückt. Solche tote Siebröhren bezeichnet man als obliterierte Siebröhren. Übergänge zwischen Siebröhren und anderen Zellformen sind bisher noch nicht bekannt geworden. Siebröhren scheinen allen Angiospermen und Gymnospermen zuzukommen. Die Siebröhren der ersteren Gruppe sind unserer Beschreibung zu Grunde gelegt. Die Gymnospermensiebröhren weichen in kleinen Einzelheiten von denen der Angiospermen ab, sind übrigens noch nicht genügend untersucht.

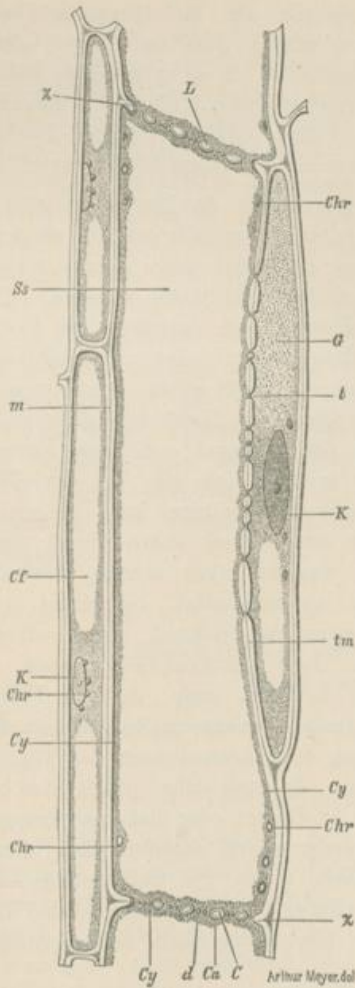


Fig. 56.

Fig. 56. Optischer Längsschnitt durch eine lebende Siebröhre von *Vitis vinifera* und drei angrenzende Zellen. Von diesen stehen 2 (Parenchymzellen) nicht durch Tüpfeln mit der Siebröhre in Verbindung, während eine (eine Geleitzelle der Siebröhre) durch eine getüpfelte Wandstelle verbunden ist. Diese Tüpfeln sind jedoch nicht, wie die Tüpfeln der Siebplatten, sehr grob, sondern wie in vielen anderen Fällen nur äußerst zart perforiert. Die Zwischenwände Z sind ähnlich gebaut wie die der Siebröhren von *Tilia* (Fig. 55).

Ss Vakuole der Siebröhre, gefüllt mit Siebröhrenzellsaft. Cy Cytoplasma der Siebröhre. Chr Chromatophoren. L Leisten der Zwischenwand Z. C Celluloselamellen. Ca Kalluslamelle. d dünne Partie der Tüpfeln oder Siebplatten.

Wahrscheinlich ist es, daß die Zellsaftvakuolen der Siebröhrenglieder auch durch feine, das Cytoplasma der Zwischenwände durchsetzende Fortsätze in kontinuierlicher Verbindung stehen; in der Figur ist dieser Wahrscheinlichkeit keine Rechnung getragen.

Fig. 57. Querschnitt durch einen Siebröhrenstrang aus der *Akonitknolle*. s Siebröhren. g Geleitzellen.

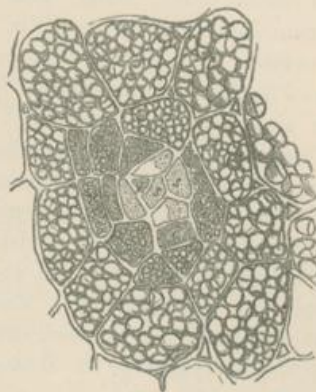


Fig. 57.

10. Tracheen, Tracheïden und Gefäße.

Mit dem Namen Tracheen bezeichnen wir die Gesamtheit von Tracheïden und Gefäßen. Es ist zweckmäßig (mit de Bary) einen Kollektivnamen für beide Zellformen festzuhalten, da es in manchen Fällen schwierig ist, sicher zu bestimmen, zu welcher Unterabteilung ein Element gehört, und man dann in zweifelhaften Fällen stets den Namen Trachee benutzen darf. Die meisten der vorkommenden Tracheen sind Tracheïden.

a) Tracheïden sind Zellen, denen zuerst der Protoplast völlig fehlt. Derselbe stirbt nach der Fertigstellung der Zellwand ab und wird gelöst, während sich zugleich die Zellen mit einer sehr dünnen wässrigen Lösung anorganischer und organischer Nährstoffe anfüllen. Die Membran der Tracheïden ist rings geschlossen und entweder mit Faserverdickungen (so meist in fleischigen Pflanzenteilen) oder mit Hoftüpfeln (meist in verholzten Pflanzenteilen) versehen. Nicht selten kommen auch Faserverdickung der innersten Wandschichten und Hoftüpfeln gleichzeitig vor. Von den früher bei Besprechung der Zellwand erwähnten Formen der Faserverdickung und Hoftüpfelung können sich alle bei den Tracheïden finden. Die Tracheïden sind mehr oder weniger lang gestreckte (selten isodiametrische) Elemente; ihre untere und obere Wand steht selten genau quer, meist mehr oder weniger stark schräg, und die Elemente sind im letzteren Falle häufig fein zugespitzt. Sie bilden, mit den unteren und oberen Wänden in Verbindung stehend, lange, oft die ganze Pflanze von der Spitze bis zur Basis durchziehende Reihen, in denen sich der wässrige Inhalt leicht bewegen kann, da kein Protoplast den Durchtritt des Wassers von einem Elemente in das nächste der Zellreihe hindert, und die äußerst dünnen Schließmembranen der Tüpfeln das Wasser ungehindert passieren lassen. Es muß dabei gleich hier bemerkt werden, daß die Tracheïdenreihen zu dünnen oder dickeren Strängen zusammengestellt sind, welche von Parenchymzellen umgeben sind, deren Protoplasten den Durchtritt des Wassers durch die Seitenwände der äußersten Tracheïden hindern oder regulieren. Die Tracheïden sind Behälter und Leitungswege für Wasser und einige anorganische und organische Nährstoffe.

b) Gefäße können als Reihen von Tracheïden betrachtet werden, in deren unteren und oberen Wänden die Schließmembranen der Tüpfeln völlig resorbiert sind. Sie entstehen in der Weise, daß Reihen von übereinander stehenden Meristemzellen sich zu Tracheïden ausbilden, in denen dann kurz vor dem Absterben der Protoplasten die Tüpfelmembranen der sich berührenden oberen und unteren Wände gelöst werden, so daß aus zahlreichen Tracheïden eine lange Röhre entsteht, in welcher sich das Wasser noch ungehinderter bewegen kann als in den Tracheïdenreihen. Die einzelnen Tracheïden, aus denen das Gefäß entstanden zu denken ist, nennt man Glieder des Gefäßes, die perforierte gemeinsame Wand

Zwischenwand. Stehen die Zwischenwände horizontal, so wird die Durchbrechung meist mittels eines großen rundlichen, oft behöftten Tüpfels bewerkstelligt, so daß von der Zwischenwand nur ein Rand stehen bleibt. Auch bei schräg stehenden Zwischenwänden kommt diese einfache Form der Durchbohrung vor, doch ist dort die Zwischenwand häufiger von zahlreichen Löchern durchbrochen, welche aus rundlichen oder gestreckten, behöftten oder unbehöftten Tüpfeln hervorgingen. Die Länge der Gefäße ist wohl meist eine sehr bedeutende, so daß sie wohl oft Röhren bilden, welche die ganze Pflanze durchziehen und nur in Blättern und Vegetationspunkten blind endigen. Aus weniger Meristemzellen entstandene Gefäße, welche vorkommen, sind als Übergangsglieder zwischen den einzelligen Tracheiden und den Gefäßen zu betrachten. Über die Beziehungen zwischen Bau und Leistung der Tracheen ist noch zu bemerken, daß die großen Tüpfelflächen der an Parenchymzellen grenzenden Seitenwände eine leichte Aufnahme aus den und eine leichte Abgabe der Tracheenflüssigkeit an die begleitenden, einen Protoplasten enthaltenden Zellen ermöglichen sollen, während der sehr kräftige Bau der übrigen Wandstellen dem starken Drucke der angrenzenden Zellen in einem gewissen Grade das Gleichgewicht halten soll. Wie es scheint sind die Hoftüpfelapparate speciell zu der Leistung der Tracheen in Beziehung stehende Einrichtungen.

III. Beschreibung der wichtigsten Formen der Intercellularräume.

Unter Intercellularräume versteht man alle zwischen den Elementen der Gewebe liegenden Lücken.

1. Intercellulare Sekretbehälter.

de Bary (Anatomie, S. 209) unterschied nach der Entwicklungsgeschichte die intercellularen Sekretbehälter der Pflanzen in zwei Kategorien, in lysigene (durch Lösung entstehende) und schizogene (durch Spaltung entstandene) und bezeichnete auch die im fertigen Zustande voneinander unterscheidbaren beiden Arten mit diesen sich auf die Entwicklungsgeschichte beziehenden Namen. Diese Namen können nun nicht gut mehr zur Unterscheidung benutzt werden, weil sich herausgestellt hat, daß alle bisher genauer untersuchten intercellularen Sekretbehälter schizogen entstehen. Wir wählen deshalb zur Bezeichnung der einen der beiden Arten einen sich auf den fertigen Zustand beziehenden Namen und bezeichnen sie als symplastische Sekretbehälter, während wir die andere Kategorie, die de Bary als schizogene Sekretbehälter bezeichnete, intercellulare Sekretbehälter nennen.

a) Die symplastischen Sekretbehälter setzen wir deshalb an die Spitze der Intercellularräume, weil sie einen Übergang von den Zell-

fusionen (deren Protoplasten ja auch die sie trennenden Membranen lösen, zu einem Symplasten zusammentreten) zu den intercellularen Sekretbehältern bilden. Sie finden sich, wie es scheint, nur bei der Rutaceengruppe und haben für uns Interesse, weil symplastische Ölbehälter bei den Aurantiaceen vorkommen. Diese Sekretbehälter entstehen in der



Fig. 58.

Optischer Längsschnitt eines symplastischen Sekretbehälters aus der unreifen Frucht von *Citrus vulgaris*, Risso.

Sz Sekret. *Zs* wässrige Flüssigkeit. *M* membranlose Zellen mit Zellkern *k* und teilweise stärkehaltigen, kleinen Chromatophoren *Chr*. *f* dünnwandige Zellen, deren Membran noch nicht gelöst. *d* dickwandige Zellhülle des Sekretbehälters. *P* gewöhnliche Parenchymzellen, *o* Oxalkristalle.
E Epidermis.

300fach vergr.

Weise, daß in dem jungen Organe sich eine rundliche oder längliche Gruppe von Meristemzellen bildet, welche einen Inhalt besitzt, der etwas von dem der umgebenden jungen Gewebezellen verschieden ist. Zwischen den Wänden (also im Innern der gemeinsamen Zellwand) der central gelegenen dieser Meristemzellen werden zuerst kleine Sekretropfen ausge-

schieden, und zugleich tritt langsame Lösung der den entstehenden Inter-cellularraum begrenzenden Zellen ein, so daß bald die mit Cytoplasma, Zellkern und Chromatophoren versehenen Protoplasten der innersten Zellen freiliegen und die direkte Hülle des Sekretropfens bilden. Im Innern der Zellen tritt dabei zu keiner Zeit Sekret auf. Bei weiterer Entwicklung der Pflanze tritt, centrifugal fortschreitend, weitere Lösung der Zellwände der zu Sekretbehälteranlage gehörenden Zellen ein, so daß schließlich eine mehrzellige Schicht nackter Protoplasten das innere Epithel der Sekretbehälter bildet. Als Beispiel dieser Organe mag der in Fig. 58 abgebildete, schon weit entwickelte Ölbehälter der unreifen Fruchtschale von *Citrus vulgaris* dienen.

b) Intercellulare Sekretbehälter. In sehr zahlreichen Fällen werden ganz ähnliche Sekrete, wie sie sich in den Sekretzellen finden (ätherische Öle, Milchsäfte, Schleime, in Wasser gelöste Sekrete), in besondere, abgeschlossene Intercellularräume abgeschieden. Diese Intercellularräume können klein oder sehr groß sein; sie können kugelförmig sein oder die Form kurzer oder langer, oft ganze Internodien oder Wurzeln, ja die ganze Pflanze durchziehender, enger oder weiter Kanäle haben. In den meisten Fällen sind diese Intercellularräume von einer einfachen (selten mehrfachen) dichten, ohne Intercellularräume aneinander schließenden Lage von Zellen umgeben, die vielleicht bei der Erzeugung des Sekretes beteiligt sind, stets sekretfrei bleiben, sich aber meist durch das Aussehen ihres Protoplasten, welcher Zellkern und hier und da leicht erkennbare Chromatophoren enthält, von den umgebenden Zellen unterscheiden. Diese Zellschicht nennt man das Epithel der intercellularen Sekretbehälter. Die innere Wand der Epithelzellen berührt direkt das Sekret des Intercellularraumes, dessen Innenraum keinen Protoplasten, selbst kein Cytoplasma enthält. Die intercellularen Sekretbehälter sind wie die normalen luftführenden Intercellularräume schizogenen Ursprunges. Als Beispiel ihrer Entwicklung und ihres Baues wollen wir die normalen intercellularen Sekretbehälter der Fichte betrachten. Dieselben sind von H. Mayr (Botanisches Centralblatt Bd. XX, S. 86 u. f.) genau untersucht und soll ein kurzer Auszug seiner Beschreibung hier Platz finden. „Im Gewebe der Knospen der Fichtentriebe findet man im ersten Frühjahr an bestimmten Stellen die Mutterzellen für das Epithel der intercellularen Sekretgänge der Fichte. Diese Mutterzellen besitzen einen großen Zellkern und dicht gekörneltes Cytoplasma, während die umgebenden jungen Zellen anderer Bestimmung einen kleineren Zellkern und ein helleres, glasiges Cytoplasma besitzen. Die Entstehung des Epithelgewebes aus diesen Zellen findet nun gewöhnlich in gleich zu beschreibender und abgebildeter Weise statt, wobei jedoch zu betonen ist, daß die Folge und Richtung der Teilung nicht in allen Fällen genau gleich verläuft, nur ähnlich und zu demselben Resultate führend. Noch ehe die Knospe aufbricht, findet die Teilung der Mutterzellen durch eine Querwand statt

(Fig. 59a), der rasch eine zweite, auf ersterer senkrechte Teilwand folgt (Fig. 59b). Die in den 3 Tochterzellen weiter entstehenden Teilwände stellen sich annähernd radial zur gemeinsamen äußeren Querschnittsumfangslinie der Tochterzellen (Fig. 59c); während alle umliegenden Zellen mit Luft erfüllte Zwischenräume besitzen, fehlen dem aus diesen Teilungen hervorgegangenen Zellkomplexe jegliche Interzellularräume. Es müssen nun sehr bedeutende Veränderungen innerhalb des Protoplasten der zukünftigen Epithelzellen vor sich gegangen sein, denn nun liegt der Zellkern in einem hellen, lichtbrechenden Cytoplasma. Jetzt beginnen die

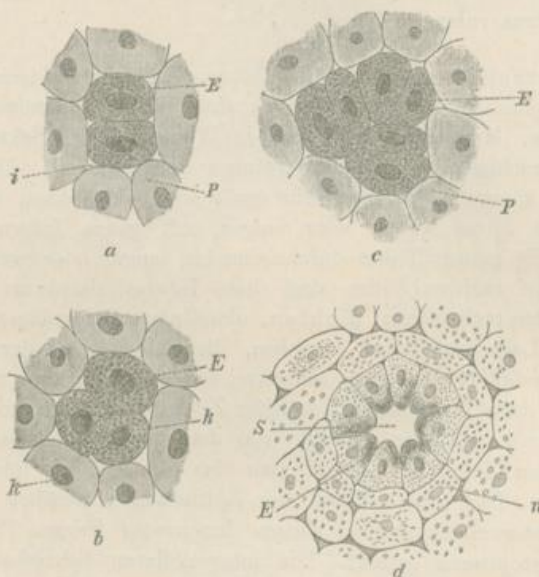


Fig. 59.

Entwicklung eines interzellularen Sekretganges aus der Laubknospe der Fichte.

Querschnittsbilder 300fach vergr.

a, b, c, d successive Entwicklungsstadien.

E Epithelmutterzellen, in *d* Epithelzellen. *n* Nebenzellen, welche Teilprodukte der Epithelmutterzellen sind, aber zu gewöhnlichen Parenchymzellen werden. *P* Parenchymzellen.

S Sekret. *i* luftführende Interzellularräume. *k* Zellkern.

jungen Epithelzellen an ihren gemeinsamen inneren Kanten sich zu trennen, und der so entstehende Interzellularraum ist sofort mit dem Sekrete gefüllt, während in dem Epithel keine Spur von Sekret vorhanden ist (Fig. 59d). Die Teilprodukte der Epithelmutterzellen können nach außen übrigens auch Teilzellen abgeben (Nebenzellen), welche später zu gewöhnlichen Parenchymzellen werden, während die inneren Teilprodukte den Charakter der Epithelzellen erhalten. Sobald aus der sich streckenden Knospe die ersten Nadeln hervortreten, beginnen die das Epithel umgebenden Zellen, also auch die Nebenzellen mit der Verdickung der Wand

und werden zu gewöhnlichen Parenchymzellen, während die Epithelzellen ihre zarte Wandung stets beibehalten.⁴

Durch Übergangsglieder verbunden (z. B. die roten Sekretlücken von *Ardisia crenulata*) schliessen sich an die eben besprochenen Sekretbehälter die unregelmässigen sekretgefüllten Lücken an, welche durch unregelmässige und morphologisch unbegrenzte Lösung fertiger und verschiedenartigster Zellformen im Holze einiger Bäume (z. B. *Copaifera*arten) entstehen. Diese lysitrogenen (im fertigen Gewebe entstehend) lysigenen Sekretbehälter könnte man am besten c) sekretführende Destruktionslücken nennen. Auch soll noch erwähnt werden, daß in manchen Fällen (*Lysimachia Ephemerum*, *Peganum Harmala*) Sekrete direkt in die fertigen luftführenden Intercellularräume ausgeschieden werden.

2. Luftführende Intercellularräume.

In der Pflanze kommen hauptsächlich im Parenchym kleinere und grössere, mit einem Gasgemische, welches der atmosphärischen Luft im ganzen qualitativ ähnlich zusammengesetzt ist, gefüllte Intercellularräume vor, welche im allgemeinen durch die ganze Pflanze hindurch miteinander zusammenhängen, ähnliche wie die wasserführenden Tracheen, und stets schliesslich durch Öffnungen direkt in Verbindung mit der Aussenluft stehen. Die meisten luftführenden Intercellularräume sind schizogenen Ursprunges, d. h. sie entstehen durch Spaltung der gemeinsamen Membran der den Luftraum später begrenzenden, auseinanderweichenden Zellen. So entstehen die kleinen Räume, welche sich zwischen drei oder mehr Kanten der Elemente der dichten Parenchymformen, z. B. des Speicherparenchyms des *Irishizoms* finden, ebenso die weiteren luftführenden Räume, wie sie sich z. B. im Armparenchym der Blätter von *Datura Stramonium* finden. Auch die Luftkammern im lamellosen Lückenparenchym, z. B. in dem des Rhizomes von *Acorus Calamus* oder der Unterseite der Blätter von *Tussilago Farfara* und selbst noch grössere Gänge und Lücken entstehen in gleicher Weise. So entstandene Lufträume sind von den glatten, in manchen Fällen auch kutikularisierten Membranen der sie umgebenden Zellen begrenzt, ihre Innenwand ist glatt. Andere, vorzüglich grosse Lufträume entstehen durch Zerstörung von Zellgruppen innerhalb der intakt bleibenden Gewebe. Kleinere oder grössere Gruppen jüngerer oder älterer Elemente der Gewebe werden gelöst oder auch zerrissen, so daß Lücken im Gewebe entstehen, und die entstehenden Lücken können sich durch Wachstum der umgebenden Zellen noch vergrössern. Solche Lufträume (lysitrogenen oder rhexigenen Ursprunges) lassen meist noch die Reste der zerstörten Zellen erkennen, besitzen meist keine glatte Innenwand. Luftführende Intercellularräume letzterer Art sind z. B. die centralen Höhlen der Internodien des Rhizomes von *Triticum repens* und der Achse von *Solanum Dulcamara*, sowie die Lücken in der Rinde der Wurzel von *Gentiana lutea*. Die hauptsächlich biologische Funktion der meisten

luftführenden Interzellularräume besteht darin, daß sie als Behälter und Leitungsröhren der aus den Zellen der Pflanze ausgeschiedenen Gase und als direkte Zufuhrwege der Luft zu den im Innern der Pflanze liegenden Zellen dienen.

§ 2. Allgemeines über die Form der Anordnung und des morphologischen Zusammenhanges der Gewebeformen und Zellformen in der ganzen Pflanze und über die physiologische und biologische Bedeutung derselben.

In diesem Abschnitte sollen die bei vergleichender Betrachtung aller Phanerogamen am häufigsten wiederkehrenden Formen der Anordnung der verschiedenen Zell- und Gewebeformen kurz besprochen werden, es soll die normale Anordnung der Gewebeformen in großen Zügen geschildert werden. Wo wir biologische Gründe für die Art der Anordnung zu kennen glauben, wollen wir sie mitteilen und zur Erklärung der Anordnung herbeiziehen. Im allgemeinen wird es für den Leser dieses Buches zweckmäßig sein, wenn er dieses Kapitel nach dem Studium der in den folgenden Kapiteln gegebenen anatomischen Beschreibungen des Baues der äußeren Organe der Pflanze nochmals durchliest, da sich die beiden Darstellungen ergänzen und ein volles Verständnis dieses Paragraphen erst nach Kenntnisnahme der eingehenderen Einzelbeschreibung der Organe möglich ist.

1. Die Anordnung der Meristemkomplexe.

Der normal entwickelte Embryo besteht größtenteils aus embryonalem Gewebe und völlig ausgebildeten Zellen, nur die Spitze der Hauptwurzel und der primären Achse besteht aus einem Komplex von Meristemzellen, welcher allerdings oft schon sehr hoch oben an der Anordnung und Form der Elemente eine der definitiven Ausformung des Organes entsprechende Gliederung erkennen läßt (siehe Fig. 64), dem Vegetationspunkte. Seitlich am Vegetationspunkte der Achse finden sich kleine Meristemhöcker, die Anlagen der Blätter. Bei der Weiterentwicklung der Pflanze erhalten die Spitzen aller Achsenzweige durch Teilung des ursprünglichen Vegetationspunktes der primären Achse ebenfalls gleichgebaut endständige Meristemkomplexe. Die Gewebe der Blätter bleiben am längsten an ihrer Basis im embryonalen Zustande, besitzen aber im entwickelten Zustande kein Meristemgewebe. Alle Nebenwurzeln der Pflanze bilden das Urmeristem, aus welchem sie hervorgehen und dessen Nachkommen sie später auf ihrer Spitze tragen, aus embryonalen Parenchymzellen, welche unter der Endodermisanlage der relativen Hauptwurzel liegen, also aus der äußersten Parenchymzellenanlage des radialen Gefäßbündels der Wurzel, meist über einem primären Gefäßstrange. Sie durchbrechen bei ihrem Wachstum die Rinde der relativen