

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

Hauptwurzel und verhalten sich dann bezüglich des endständigen Meristemkomplexes, des Vegetationspunktes, wie die Hauptwurzel der Pflanze. In der Achse entstehen die Meristemkomplexe, welche sich zu Nebenwurzeln ausbilden, in ähnlicher Weise zuerst im Innern der Achse und zwar gewöhnlich aus embryonalen Zellen, welche außerhalb von jungen Gefäßsträngen liegen und diesen dicht anliegen, in den embryonalen Siebsträngen, oder, wenn schon ein Kambium entstanden ist, in der äußersten Schicht von letzterem zwischen zwei Gefäßbündeln.

Tritt sekundäres Dickenwachstum einer Achse ein, so bildet sich im normalen Falle aus den noch im meristematischen Zustande befindlichen Zellen der Gefäßbündel, welche zwischen dem Gefäßstrange und Siebstrange liegen, und aus seitlich zwischen den Gefäßbündeln liegenden Parenchymzellen ein geschlossener, hohlylindrischer Meristemkomplex, welcher die Achse bis zu ihrer Basis durchzieht und mit dem Meristem des Vegetationspunktes oft in direkte Berührung tritt. Dieser schliesslich die sekundäre Rinde von dem Holzkörper trennende Meristemcylinder wird Kambium oder Verdickungsring der Achse genannt. In ähnlicher Weise entsteht aus Parenchymzellen, welche innerhalb der Endodermis der Wurzel, zwischen den Gefäßsträngen und Siebsträngen des radialen Gefäßbündels der Wurzel liegen, ein schliesslich dem der Achse gleich gestaltetes Kambium. Die Kambien der Achsen und Wurzeln setzen sich aneinander an. Ungefähr gleichzeitig mit den Kambien bildet sich in Achse und Wurzel, außerhalb des Kambiums, in der Peripherie der Organe eine hohlylindrische Meristemschicht, das sogen. Phellogen, aus deren äußeren Elementen sich eine Korkschicht bildet.

## 2. Die Epidermis der Achsen, Blätter und Wurzeln und die dieses biologische System vertretenden und in seinen Hauptleistungen unterstützenden Gewebekomplexe: Kork- schicht, Hypodermis und Wurzelhaube.

Die Epidermis der höheren Pflanzen bildet längere oder kürzere Zeit die äußerste Schicht der Wurzel-, Achsen- und Blattorgane und der Samenknospen, schliesslich auch der Früchte und Samen der Phanerogamen. Außer den Epidermiszellen, welche die Hauptmasse der einschichtigen Zelllage bilden, findet man in der Epidermis der Achsenorgane und Blattorgane meist Spaltöffnungsapparate in größerer Anzahl, selten und in geringer Anzahl Wasserspalten eingelagert. Ferner sind oft mehr oder weniger zahlreiche Meristemzellen der äußersten Zellschicht zu Haaren der verschiedenartigsten Form und biologischen Bedeutung entwickelt, deren Fußstücke zwischen die Epidermiszellen eingelagert sind. In selteneren Fällen liegen in der Epidermis auch Sekretzellen (z. B. Ölzellen, Cystolithenzellen) oder die oberste Zellschicht von Nektarien (z. B. Blattunterseite von *Prunus Laurocerasus*) und anderen Secernierungsapparaten. In allen Fällen bleibt dabei der Zusammenhang zwischen den

Epidermiszellen der Epidermis gewahrt. Über Stacheln und ähnliche Emergenzen und Nebenorgane der Pflanze setzt sich die Epidermis fort. Die Wurzelepidermis besteht (mit Ausnahme der äußersten Wurzelspitze) nur aus Wurzelepidermiszellen.

Bei allen Organen der Pflanze kommt es vor, daß sich unter der Epidermis einschichtige bis vielschichtige, hie und da über 2 mm dicke, aus dem Urmeristem hervorgegangene Gewebeschichten finden, deren Bau erkennen läßt, daß sie die Epidermis in ihren Leistungen als äußerste Schutzschicht unterstützen. Derartige fast oder ganz geschlossene, wesentlich aus dicht aneinander schließenden Elementen bestehende Zellschichten bezeichnet man als Hypodermen. Diese gehen entweder hervor aus verhältnismäßig weit entwickelten Epidermiszellen durch tangentielle Teilung, so daß sie nach dieser Thatsache als innere Schichten einer mehrschichtigen Epidermis bezeichnet werden können, oder sie entstehen aus gleich anfangs von der Epidermis verschiedenen Meristemzellenschichten. Am Aufbaue einer Hypodermis können sich kollenchymatische Parenchymzellen, Wasserzellen, Endodermzellen, ja Sklerenchymzellen und Sklerenchymfasern, sowie normale Kollenchymzellen beteiligen. In dem letzteren, selteneren Falle kann man die Schicht besser als hypodermatische Kollenchym- oder Sklerenchymschicht bezeichnen, um anzudeuten, daß in diesem Falle Zellschichten vorliegen, deren Hauptleistung wahrscheinlich die Festigung der ganzen Organe ist. Auch wollen wir dicht unter der Epidermis liegende isolierte Stränge von Kollenchym- und Sklerenchymzellen und Fasern, als nicht hierher gehörig, später besprechen.

In dem interneuralem Laminarteile der Blätter (deren gröbere Nerven sich ähnlich wie Achsen verhalten) findet man in einigen Fällen eine Hypodermis, vorzüglich eine solche aus kollenchymatischen Parenchymzellen oder aus Wasserzellen (z. B. *Peperomia-Bromelia*-Arten). Allen officinellen Blättern, welche in diesem Buche beschrieben sind, fehlt eine Hypodermis. Bei den Achsen findet man Hypodermen von ganz verschiedener Ausbildung, meist bestehen sie aus einer oder mehreren Schichten kollenchymatischen Parenchyms, welches allmählich in das darunter liegende Rindenparenchym übergeht. Als Beispiele für die Hypodermis der Achsen kann die Hypodermis des Rhizomes von *Triticum repens* gelten. Die fast stets vorhandene Wurzelhypodermis besteht entweder aus kollenchymatischen Zellen, seltener aus Parenchymzellen oder Sklerenchymzellen, meist aus Endodermzellen (dann auch äußere Endodermis genannt) und ist häufig einschichtig, seltener mehrschichtig, wo sie dann allmählich in das Rindenparenchym übergeht.

Ein Beispiel für eine parenchymatische Wurzelhypodermis finden wir bei *Aconitum Napellus*, Beispiele für die aus Endodermiszellen bestehende Hypodermis bei *Valeriana officinalis*, deren Elemente zugleich als Sekretzellen dienen und auch in dieser Weise eine biologische Schutzleistung ausüben, und bei der Sarsaparillwurzel (Fig. 62), wo die Hypodermiszellen zugleich verdickte Wände besitzen und die Hypodermis aus

mehreren Zellschichten besteht. Auch *Gentiana lutea* (Fig. 63) besitzt eine aus Endodermiszellen bestehende Wurzelhypodermis. Die Hypodermis

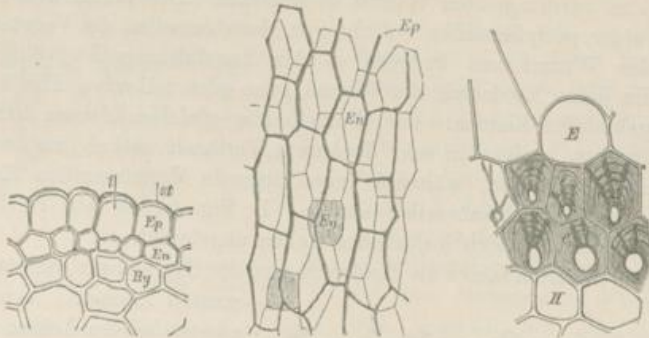


Fig. 60.

Fig. 61.

Fig. 62.

Fig. 60. Hypodermis der Wurzel von *Veratrum album*, welche aus einer Schicht von Endodermiszellen (*En*) und lückenlos schließenden, darunter liegenden Parenchymzellen *Hy* besteht, *Ep* Epidermis.

200fach vergr. Querschnitt.

Fig. 61. Endodermiszellschicht der Wurzelhypodermis (*En*) und Epidermis (*Ep*) von *Veratrum* von der Fläche betrachtet, *En* kurze Hypodermiszellen mit besonderem Inhalte.

200fach vergr.

(Ans Arch. d. Pharm. 220. Bd., 2. Heft.)

Fig. 62. Hypodermis *H*, Epidermis *E* und Parenchymzelle *H* der Verakruz-Sarsaparillwurzel.

wird nur an den Stellen, wo sich Spaltöffnungen über ihr in der Epidermis befinden, von Intercellularräumen durch-

brochen. Als eine Eigentümlichkeit, welche die aus Endodermiszellen oder Sklerenchymelementen bestehenden Hypodermen mit den Endodermen gemeinsam haben, ist das Vorkommen von einzelnen unverkorkten und dünnwandigen Elementen zwischen den übrigen Zellen dieser Schichten zu erwähnen. Diese Zellen haben anscheinend die Bedeutung, den Durchtritt des durch die Epidermiszellen eingelassenen Wassers nach dem Innern der Wurzel zu erleichtern. Solche Zellen finden sich z. B. in der Hypodermis von *Valeriana officinalis* und *Veratrum album* (Fig. 61). Sie sind dort, wie häufig auch in anderen Fällen, kürzer als die übrigen Zellen der Hypodermis (Kurzzellen).

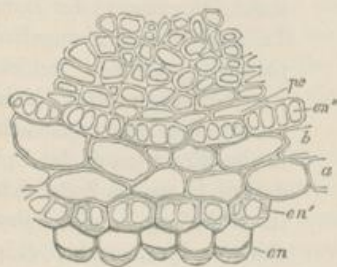


Fig. 63.

Querschnitt durch die äußeren Gewebepartien einer 0,7 mm dicken Wurzel von *Gentiana lutea*.

*en* Epidermis, *en'* Hypodermis, welche aus durch unverkorkte Wände weiter getheilten Endodermiszellen besteht.

*en'''* Endodermis.

180fach vergr.

Schließlich ist noch die Wurzelhaube, als eine Schutzschicht von besonderer biologischer Bedeutung, hier zu

besprechen, welche als eine äußere Verstärkung der ganz jungen Epidermis aufgefaßt werden darf, die bestimmt ist, den Vegetationspunkt der in den Boden vordringenden Wurzel zu schützen. Die Wurzelhaube entsteht aus einer peripherischen Schicht von Meristemzellen des Vegetationspunktes der Wurzel und bedeckt so den Vegetationspunkt völlig und zugleich die junge Epidermis der Wurzel ganz oder teilweise. Die äußersten, ausgebildeten Elemente der Wurzelhaube gleichen kleinen farblosen Parenchymzellen, welche in sehr lockerem Verbinde stehen und werden fortwährend abgestoßen, während innen liegende Meristemzellen für den Nachwuchs an Wurzelhaubezellen sorgen. In Fig. 64 ist ein Teil einer Wurzelhaube mit den sich loslösenden Zellen abgebildet.

Bei den Blättern bleibt die Epidermis und die Hypodermis während des

ganzen Lebens erhalten, ebenso bei den Achsen vieler einjähriger Gewächse, dagegen wird dieselbe bei den Achsen mehrjähriger Pflanzen oft bald abgestoßen, indem an Stelle der Epidermis eine Korkschiebt tritt. Die Entstehung der Korkschiebt beginnt mit der Entwicklung einer Meristemschiebt durch Teilung der Epidermiszellen selbst, wie bei der Achse von *Solanum Dulcamara* oder durch Teilung einer ihr ungefähr parallel laufenden Schiebt von Parenchymzellen. Meist nimmt die Meristemschiebt in der direkt unter der Epidermis liegenden Zellschiebt ihren Anfang, wie bei *Psychotria Ipecacuanha* (Fig. 65), seltener entsteht sie aus einer tiefer liegenden Parenchym-schiebt, so wie es z. B. bei *Punica Granatum* der Fall ist. Ist diese Meristem-

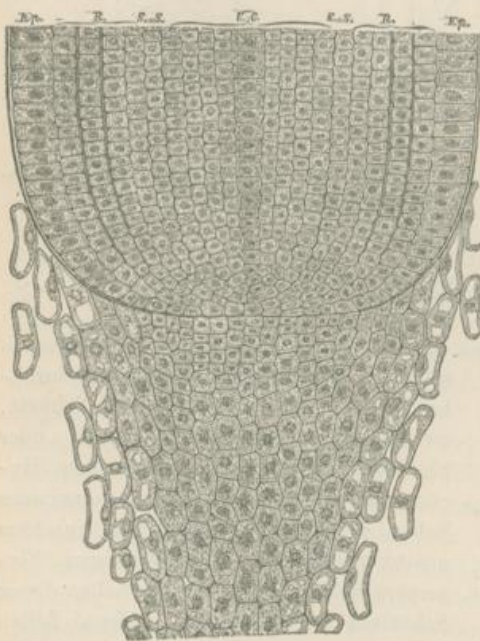


Fig. 64.

Längsschnitt durch den Vegetationspunkt der Wurzel von *Secale*. Der unterhalb (außerhalb) der jungen Epidermis *Ep* liegende Teil ist die Wurzelhaube.

*R* junges Bindenparenchym. *S=S* junge Endodermis.  
*C=C* junges radiales Gefäßbündel der Wurzel.

schiebt entstanden, die man, wie gesagt, das Phellogen genannt hat, so bilden sich die jeweilig äußeren Zellen der Schiebt zu Korkzellen um, während innen liegende sich weiter teilen, hauptsächlich durch regelmäßige Tangentialwände, soweit es das Dickenwachstum der Achse erfordert auch durch Radialwände, und so stets Meristemzellen als Ersatz

für die langsam abwitternden äußeren Elemente der Korkschicht schaffen. So entsteht eine die Achse rings umschließende, mehr oder weniger dicke Schicht, welche hauptsächlich

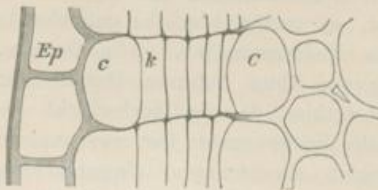


Fig. 65.

Entstehung der Korkschicht aus der direkt unter der Epidermis liegenden Zellschicht der Achse von *Psychotria Ipecacuanha*.

Ep Epidermiszellen. c u. C die Hälften einiger Hypodermiszellen, aus welchen das Korkmeristem entstand. k fast ausgewachsene Korkzelle.

umschließende, mehr oder weniger dicke Schicht, welche hauptsächlich aus Korkzellen besteht, die Korkschicht, welche sich in physiologischer Beziehung durch ihre geringe Durchlässigkeit für Gase und Wasser von der Epidermis unterscheidet, ein sehr schlechtes Wärmeleitungsvermögen besitzt und in biologischer Hinsicht die Bedeutung einer sehr wirksamen Schutzschicht der von ihr umhüllten lebenden Gewebe besitzt. In den allermeisten Fällen bilden sich zugleich mit der Entstehung der Korkschicht oder auch erst eine kürzere oder längere Zeit danach einzelne innerste Schichten von Meristemzellen des Phellogens zu, ihrem Baue nach, dem Parenchym der Rinde oder auch den primären Hypodermen gleichenden Gewebeschichten um. Solche Gewebeschichten bezeichnet man mit direkter Beziehung auf ihre Entstehung aus dem Phellogen als Phelloderm, die Gesamtheit der von dem Phellogen erzeugten Produkte, nach de Bary, als Periderm. Wir wollen alle die Phelloderme, welche der primären Hypodermis der Achsen und Wurzeln ähnlich sind, als Korkhypoderme bezeichnen und denselben Namen auch auf die wenigen, den Hypodermen ähnlichen Schichten anwenden, welche durch direkte Teilung von innerhalb des Phellogens liegenden Zellschichten entstehen. Ein Beispiel für eine auf letztere Art entstandene Korkhypodermis werden wir bei den Wurzelhypodermen erwähnen. Als Beispiele für die Korkhypodermen der Achse beachte man die der Rinde von *Gonolobus Condurango*, *Croton Eluteria*, *Rhamnus Frangula*, *Punica Granatum*.

Bei den Wurzeln verhält sich die Sache im wesentlichen gleich, im besonderen finden sich folgende Verhältnisse. Die Epidermis der Wurzel stirbt bald ab, indem die Wurzelhaare zerrissen werden oder vertrocknen. In einigen wenigen Fällen entsteht dann aus der Epidermis oder dicht unter ihr (*Ipomoea purga*) eine Korkschicht; in allen anderen Fällen aber bildet sich ein Phellogen, tief im Innern des Wurzelgewebes, aus der direkt unter der Endodermis liegenden Parenchymschicht. Die Peridembildung verläuft wie bei der Achse; Korkschichten zugleich mit einer Korkhypodermis oder allein gehen aus dem Phellogen hervor. In manchen Fällen entsteht die Korkhypodermis aus einer unter dem Phellogen liegenden besonderen Parenchymschicht. Als Beispiel für diesen letzteren Fall mag die Korkhypodermis der Wurzel von *Gentiana lutea* dienen, welche aus der zweiten unter der Endodermis liegenden lückenlosen

Parenchymschicht entsteht, während aus der ersten (dem Pericambium) sich das Phellogen entwickelt.

Wie die Korkschicht bei den Achsen entweder die halbe Epidermis oder auch mehr oder weniger zahlreiche Zellschichten der Hypodermis oder des Rindenparenchyms abschneidet, so trennt hier die entstehende Korkschicht die ganze Rinde und die Endodermis ab. Alle Gewebe, welche durch eine Korkschicht völlig von dem äußeren Organe der Pflanze abgetrennt werden, müssen absterben, da die Korkschicht die Nährstoffzufuhr hindert, und so gehen alle die genannten Gewebekomplexe zu Grunde. Die durch eine Korkschicht abgetrennten, abgestorbenen Gewebemassen nennt man Borke. In den meisten Fällen wird die Borke bald abgestoßen oder fällt sie bald von der Pflanze ab, so daß die äußere Oberfläche der Achsen und Wurzeln von der Korkschicht gebildet wird, in anderen Fällen, vorzüglich bei langlebigen Holzgewächsen, bleiben die Borkenmassen eine Zeit lang an den Organen sitzen; es geschieht dies hauptsächlich da, wo wiederholte Peridermbildung eintritt. Die letztere findet bei vielen Holzpflanzen, sowohl an Achsen als an Wurzeln statt. Es folgt also dann auf die erste Peridermschicht, die bei anderen Pflanzen und sehr häufig während des ganzen Lebens der Organe dem Dickenwachstume folgt, neue, indem Phellogene in tiefer liegenden Gewebepartien entstehen und mehr oder weniger große und verschieden gestaltete äußere Gewebemassen von den inneren Gewebemassen abschneiden, dabei stets, auch wenn dieses Abschneiden unregelmäßig erfolgt, eine lückenlos unter den Borkenmassen hinlaufende, meist nicht über 10 Zellen dicke Korkschicht bildend, welche das Organ so dicht einschließt wie die zuerst entstandene Korkschicht und in biologischer Beziehung nach mancher Richtung noch von den Borkenmassen unterstützt wird. Als Beispiel für die wiederholte Periderm- und Borkenbildung mag die Wurzel von *Sassafras officinalis* und die Rinde von *Cinchona Calisaya* dienen.

Wenden wir uns jetzt noch kurz zu dem Baue der Korkschichten, so ist zu bemerken, daß sie der Hauptsache nach aus Korkzellen mit den besprochenen Eigenschaften bestehen, jedoch können hier und da Sekretzellen (z. B. Ölzellen) in das Gewebe eingestreut sein; ja sogar das ganze Korkgewebe kann in manchen Fällen sich mit Oxalat füllen und so aus Zellen aufgebaut erscheinen, welche den Übergang zwischen den Korkzellen und Sekretzellen bilden. In das Korkgewebe, eventuell auch in die Korkhypodermis eingelagert finden sich dann noch besondere Apparate, welche den Spaltöffnungen der Epidermis in biologischer Beziehung ähnlich sind, sie ersetzen, die Lenticellen, von denen wir später weiter reden werden.

Betrachtet man eine mit der kompliziertesten Form der Ersatz-einrichtung der Epidermis versehene alte Pflanze (z. B. einen alten Baum von *Punica granatum* oder eine Eiche), so findet man also die Blätter, bis sie abfallen von einer Epidermis bedeckt, unter welcher eventuell eine Hypodermis liegt. Wenn sie abfallen, bildet sich an der Blattnarbe eine

Korkschicht. Auch alle Blütenteile sind von einer mit der Epidermis der Achse zusammenhängenden Epidermis überzogen, die bei den Samen und Fruchtschalen oft später eine eigenartige, mit den Lebensverhältnissen dieser Teile im Zusammenhang stehende Ausbildung erfährt, im Alter andere Leistungen ausführt und anderen Bau besitzt als in der Jugend, sehr selten durch Korkschichten ersetzt wird. Die jüngsten Achsen der Pflanze besitzen noch die Epidermis und Hypodermis, an welche sich die der Blätter direkt anschließt.

Gehen wir nach älteren Teilen der Achse, so finden wir eine Peridermschicht, welche einen größeren oder kleineren Teil der Rinde der Achse als Borke abstößt, deren Korkschicht die Außenfläche des Organes bildet und direkten Anschluß an die Epidermis besitzt. An noch älteren Teilen der Achse tritt in tieferen Regionen der Rinde wiederholte Peridermbildung ein und die Borkenschuppen bleiben dann noch eine Zeit lang auf der Rinde sitzen. Dabei stehen aber die jüngsten Korkschichten stets in direktem Zusammenhange untereinander und auch mit der Epidermis. Die an der alten Pflanze befindlichen jüngsten Wurzeln und Wurzelzweige besitzen die Wurzelhaube und ihre Epidermis und Hypodermis, während ältere Teile der Wurzeln für letztere beiden Gewebeschieden unter der Endodermis ein Periderm erzeugt haben, welches bei wiederholter Peridermbildung schließlic unter den Borkenschuppen herläuft und sich an die Korkschicht der Achse ansetzt. So ist also die ganze Pflanze von einer aus morphologisch und deshalb auch physiologisch verschiedenen Bestandteilen zusammengesetzten Schutzschicht umgeben, die nur durchbrochen ist von den Ausführungsgängen des Systemes der intercellularen Lufträume.

Bei unterirdisch wachsenden Achsen und Wurzeln kommt der Fall vor, daß die Epidermis derselben bald abstirbt, ohne daß durch Peridermbildung ein biologischer Ersatz der Epidermis erzeugt wird. In solchen Fällen tritt dann eine von der Pflanze ausgehende Umwandlung der Membran der von außen nach innen zu langsam absterbenden äußeren Parenchymschichten ein, welche dieselbe zu befähigen scheint, länger der Verwitterung zu widerstehen und so zugleich als eine Schutzschicht zu dienen. Derartige, z. B. an dem Rhizome von *Veratrum album* und an der Knolle von *Aconitum Napellus* vorkommende, metamorphosierte Parenchymschichten wollen wir Metadermen nennen.

### 3. Die Anordnung des Chlorophyllparenchyms.

Die Chlorophyllparenchymzellen sind, wie wir sahen, Parenchymzellen, welche sich durch die relativ große Zahl der Chlorophyllkörner (Chloroplasten) ihres Protoplasten auszeichnen, also derjenigen Organe des Protoplasten, welche, wie die physiologische Forschung lehrte, unter dem Einflusse von Licht einer bestimmten Intensität, bei genügendem Wasservorrat der Vakuolen und bei Zufuhr von anorganischen Nährstoffen und



kohlensäurehaltiger Luft aus der Kohlensäure organische Nährstoffe der Pflanze zu erzeugen vermögen. Die Anordnung des Chlorophyllparenchyms ist nun durchgehends eine solche, daß man sie vom biologischen Standpunkte als eine für die Pflanze vorteilhafte bezeichnen muß, wenn man die eben angeführten, für das Zustandekommen der Hauptleistung des Chlorophyllparenchyms nötigen Faktoren ins Auge faßt. Bei dieser Betrachtung darf die Größe des Gehaltes an Chlorophyllkörnern als Maßstab für die assimilatorische Leistungsfähigkeit der betreffenden Parenchymzellen dienen. Man findet sonach das Chlorophyllparenchym hauptsächlich in der Peripherie der Organe, meist dicht unter der Epidermis oder Hypodermis, wo Licht und Kohlensäure zur Verfügung stehen oder, wenn die Chlorophyllparenchymzellen tiefer im Gewebe liegen, dieselben angrenzend an größere luftführende Intercellularräume. Ferner liegen die in Rede stehenden Elemente meist in der Nähe von Tracheensträngen oder Wasserparenchym (oder Epidermiszellen). Die größte Menge des Chlorophyllparenchyms der Pflanze findet sich in den Laubblättern, den äußeren Assimilationsorganen der Pflanze, vor, in denen die günstigsten Bedingungen für die Hauptleistung der Chlorophyllparenchymzellen gegeben sind. Die chlorophyllreichsten Assimilationszellen (vorzüglich die Palissadenzellen) stehen dann gewöhnlich an der der Lichtquelle direkt zugekehrten Blattfläche und der Epidermis am meisten genähert, in dichten Schichten, während weniger stark beleuchtete Schichten des Chlorophyllparenchyms chlorophyllärmer und von großen Intercellularräumen durchzogen sind. Bei horizontal stehenden flachen Blättern findet man häufig die dichte chlorophyllreiche Schicht an der Blattoberseite, während die Blattunterseite aus einem chlorophyllärmeren Lückenparenchym besteht. Bei vertikal gestellten Blättern findet man häufig auf beiden Seiten dichte, chlorophyllreiche Schichten, während die Mitte vom chlorophyllarmen Parenchym oder vom Wasserparenchym oder anderem farblosen Parenchym eingenommen wird. Sehen wir von den nicht hierher gehörenden Übergangsgliedern zwischen Laubblättern und Achsen, den Achsen der armlaubigen Pflanzen ab, betrachten wir die oberirdischen Achsen reicher belaubter Pflanzen, so finden wir nur in den Halmen vieler Monokotyledonen ebenso chlorophyllreiche Parenchymzellen in ähnlicher Anordnung wie in der Oberfläche flacher Laubblätter. Gewöhnlich liegen unter der Hypodermis (deren Elemente ebenfalls mehr oder weniger Chlorophyll führen können) mehrere Lagen lockeren Chlorophyllparenchyms, die in farbloses Rindenparenchym übergehen, seltener dringt der Chlorophyllgehalt tiefer in das Parenchym der Achse vor. Tritt sekundäres Dickenwachstum und Peridermbildung ein, so nimmt häufig der Chlorophyllgehalt der äußeren Parenchymlagen ab, in manchen Fällen bleibt er jedoch auch in dem sich teilenden Chlorophyllparenchym erhalten und häufig ist auch das Phelloderm chlorophyllhaltig.

#### 4. Die Anordnung der Tracheen und Siebröhren, die Leitbündel oder Gefäßbündel und ihre Scheiden.

##### a) Die Tracheenstränge.

Die Tracheen kommen selten einzeln, fast immer zu aus mehr oder weniger zahlreichen Elementen bestehenden Strängen verbunden in der Pflanze vor. Diese können aus Tracheiden oder Gefäßen allein bestehen oder, wie meist, aus Tracheiden und Gefäßen. Sind die Stränge etwas dicker, so sind die Tracheen stets von längsgestreckten Parenchymzellen begleitet, die auch mehrere dünne Tracheenstränge zu einem dickeren verbinden. Nur da, wo wenige Tracheen einen Strang bilden, finden sich gewöhnlich die Parenchymzellen nur als dichte Scheide des Stranges. Diese wasserleitenden Tracheenstränge verlaufen nun in der Pflanze der Hauptsache nach stets so, daß sie die wasseraufnehmenden Elemente, die Epidermis und Rinde der jüngeren Wurzelteile mit den wasserabgebenden Flächen, den Laubblättern, direkt verbinden. In den wasseraufnehmenden Wurzelspitzen liegen eine Anzahl von Tracheensträngen in gleichmäßiger Verteilung dicht unter dem Rindenparenchym in der Peripherie der Wurzel, nur durch Parenchymzellen und Endodermis von der Epidermis getrennt. Diese Stränge setzen sich bei den Monokotyledonen mit ihren oberen Enden direkt an mehr oder weniger zahlreiche Tracheenstränge der Achsen in verschiedener, hier nicht näher zu besprechender Weise an (siehe Iris). In monokotyledonen Achsen verlaufen die Tracheenstränge normalerweise so, daß etwa gleich weit von der Peripherie und dem Centrum der Achse zahlreiche, in tangentialer Richtung gleich weit voneinander abstehende, relativ kräftige Tracheenstränge von der Basis bis zum Vegetationspunkte senkrecht hinauflaufen, ohne durch seitliche Anastomosen in Verbindung zu stehen. Von diesen Tracheensträngen gehen zahlreiche, aber dünnere Zweige ab, welche sich in mehr oder minder spitzem Winkel nach aufwärts und nach der Mitte der Achse zu wenden, dabei mehrere Internodien der Achse durchziehend, und schließlich fast horizontal nach den ringförmigen Blattinsertionsflächen umbiegend, wo sie mit den Enden der Blatttracheenstränge in Verbindung treten. In Fig. 66 ist ein dieser Beschreibung entsprechendes Schema abgebildet. Jedes Ende der zahlreichen Tracheenstränge der meist breiten Basis der die Achse umfassenden Blätter steht mit einem Tracheenstrange der Achse in direkter Verbindung, besser gesagt, ist die direkte Fortsetzung eines solchen. Die in die Blattbasis eintretenden zahlreichen Tracheenstränge laufen im normalen Blatte der Monokotyledonen nebeneinander her, nach der Spitze des Blattes zu, die benachbarten werden aber durch sehr zahlreiche zarte Queranastomosen miteinander verbunden. Dabei legen sich die Tracheenstränge stets dicht an die Schichten der chlorophyllreichsten Assimilationszellen (meist Palissadenzellen) direkt an, bei flachen Blättern, deren Oberseite mit einer Schicht von chlorophyllreichen Palissaden-

zellen versehen ist, liegen sie deshalb direkt unter der letzteren. Ganz ähnlichen, nur entsprechend einfacheren Verlauf zeigen die Tracheenstränge der Laubblattumwandlungen. Auch in die Samenknospe dringen Zweige des Tracheenstrangsystems ein, deren Verlauf bei der Besprechung des Baues der Samen genauer auseinandergesetzt wird.



Fig. 66.  
Schema des Tracheenstrang-  
verlaufs bei  
*Aspidistra elatior*.  
v Vegetationspunkt. b Blatt-  
basen.

Bei den Dikotyledonen verhält sich die Anordnung der Tracheenstränge in den Wurzeln anfangs so, wie bei den Monokotyledonen. Verdicken sich die Wurzeln durch Bildung eines Kambiums (Verdickungsringes), so verhalten sich ihre Tracheenstränge genau so wie in den verdickten Achsen, von denen wir sogleich reden werden. Selbstverständlich setzen sich die Tracheenstränge der unverdickten Wurzeln an die der verdickten, die der letzteren an die der verdickten Achsen an. Die Anordnung der Tracheenstränge der jungen, im primären Zustande befindlichen, blatttragenden Achsenenden verhält sich zuerst insofern anders als bei den monokotyledonen Gewächsen, als eine viel geringere Anzahl jedoch kräftigerer Tracheenstränge am Aufbaue des Strangsystemes beteiligt sind. Diese wenigen verlaufen alle so, daß sich das ganze System gleichsam in einem dünnwandigen Hohlzylinder, ungefähr gleich weit vom Centrum der Achse und von deren Peripherie entfernt ausbreitet, ohne daß Stränge derselben nach der Mitte der Achse vordringen. Dasselbe besteht hauptsächlich aus senkrecht in den Internodien hinauflaufenden Gefäß-

strängen, welche in den Knoten seitlich Zweige abgeben, die wesentlich senkrecht aufsteigen und sich dann direkt nach der Peripherie der Achse, also radial nach außen wenden, nach den Insertionsflächen der Blätter, schließlich in die Blätter selbst eintretend. In den Knoten sind die senkrecht verlaufenden Stränge meist durch regelmäßig angeordnete, quer und tangential verlaufende Stränge verbunden, so daß das ganze System die Form eines Netzes annimmt. Fig. 67 und 68 können als Beispiele für diese Form des Tracheenstrangverlaufes dienen. Übrigens ziehen auch hier die senkrecht aufsteigenden Tracheenstränge bis dicht unter dem Vegetationspunkt der Achse. In seltenen (anormalen) Fällen laufen auch einzelne Stränge als Zweige des Systems radial nach innen und im Centrum der Achse dann senkrecht nach dem Vegetationspunkte zu (sogenannte stammeigene Stränge), und sind dann häufig noch durch Anastomosen, in den Knoten, mit dem hohlzylindrischen Tracheenstrangnetze der Achse und untereinander verbunden. In Fig. 69 ist ein hierher ge-

höriges Beispiel abgebildet. Die in die Laubblätter eintretenden Stränge verzweigen sich in der Blattspreite der Dikotyledonen wiederholt seitlich und bilden so ein flächenförmig ausgebreitetes Netzwerk, dessen letzte, feinste Stränge innerhalb der kleinsten Maschen blind endigen.



Fig. 67.

Fig. 67. Schema des Tracheenstrangverlaufes im Stengel von *Iberis amara*. Die Blätter sind am Stengel spiralig nach  $\frac{1}{2}$  geordnet. Die in die Blätter eintretenden Enden sind durch Zahlen bezeichnet. Etwa im 15. Internodium der Achse, von der Spitze an nach unten gerechnet, treten zwischen den Strängen der Achse quere Verbindungsstränge auf, die hier nicht gezeichnet sind.

(Perspektivische Darstellung.)

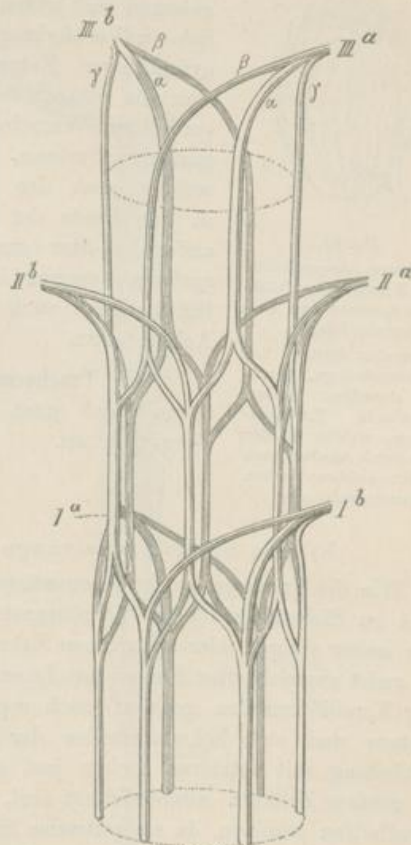


Fig. 68.

Fig. 68. Perspektivisch dargestelltes Schema des Tracheenstrang-Verlaufes im Sprosse von *Clematis integrifolia*. Die Blätter stehen in zweigliedrigen, dekussierten Wirteln.  $I^a$  bis  $III^b$  die in die Blätter eintretenden Tracheenstränge.

Auch hier nähern sich die Tracheenstränge der am reichlichsten Chlorophyllführenden Parenchymschichten so viel als möglich. Wo im unteren Teile der Achsen, die im sekundären Dickenwachstume begriffen sind,

Tracheenstränge vom Kambium erzeugt werden, lösen sich die stärkeren Tracheenstränge der Achse in zahlreiche schwächere auf, welche an der Innenseite des hohlylindrischen Kambiums in der Achse hinab-



Fig. 69.

Medianer Längsschnitt einer Knospe eines blühbaren Sprosses von Orobanchen Rapum.

↳ normales System der Tracheenstränge, innerhalb derselben isoliert verlaufende Tracheenstränge, welche an der Basis durch Anastomosen mit dem äußeren System zusammenhängen.

laufen. Diese Tracheenstränge verlaufen wellenförmig gebogen und bilden miteinander, indem sie sich seitlich in Verbindung setzen, ein geschlossenes hohlylindrisches Netzwerk. An dieses Netz setzen sich die Stränge des analogen Netzes der sekundär verdickten Wurzeln an. Auch von außerhalb des normalen Systems, in der Rinde liegenden Zweigen, welche nach den Blättern zu laufen, abgehende, in der Rinde der Achse blind endigende oder in andere Blätter eintretende Zweige des Tracheensystems kommen in seltenen Fällen vor; dasselbe hat übrigens auch hier und da bei monokotyledonen Achsen statt.

Die Tracheenstränge der Gymnospermen besitzen einen ganz ähnlichen Verlauf wie die der Dikotyledonen.

#### b) Die Siebröhrenstränge oder Siebstränge.

Wie die Tracheen zu Tracheensträngen, so finden sich die Siebröhren meist zu Siebsträngen oder Siebröhrensträngen vereinigt, an deren Aufbau außer einigen oder zahlreichen Siebröhren und schmalen, gestreckten, mit meist zugespitzten Enden versehenen, dünnwandigen Parenchymzellen (hier Kambiformzellen genannt) noch sogenannte Geleitzellen teilnehmen. Letztere sind stets Schwesterzellen der Siebröhrenglieder, die in enger Verbindung mit letzteren stehen und durch reichen Protoplasmagehalt und großen Zellkern ausgezeichnet sind, übrigens auch Chromatophoren zu enthalten scheinen, da sie zeitweise Stärke führen sollen. Die für die Siebröhrenstränge charakteristischen Elemente sind in Fig. 70 dargestellt und in der dazu gehörigen Beschreibung noch näher erklärt. Zu erwähnen ist dabei, daß bei denjenigen Pflanzen, welche Milchröhren führen, diese nicht selten in den Gefäßbündeln, zwischen den Siebsträngen oder dicht außerhalb derselben verlaufen. Wie man annimmt, sind die Siebröhren Leitungsorgane für organische Nährsubstanzen, welche wahrscheinlich größtenteils in den Blättern erzeugt werden. Mit dieser Anschauung stimmt der Verlauf der Siebstränge, indem diese das Assimilationsparenchym der Blätter in direkte Verbindung setzen mit den wichtigsten Meristemen der Pflanze, mit den Meristemen der Vegetationspunkte der Achsen und Wurzeln und mit dem Kambium der letzteren Organe. Sie nehmen dabei im wesentlichen denselben Weg wie die Tracheenstränge und legen sich den letzteren meist dicht an. In den Blättern berühren

sie dabei nicht die chlorophyllreichsten Parenchymzellen, die hauptsächlichsten Assimilationszellen, sondern diejenigen chlorophyllarmen Zellen, deren Leistung mehr die transitorische Speicherung und Leitung der von

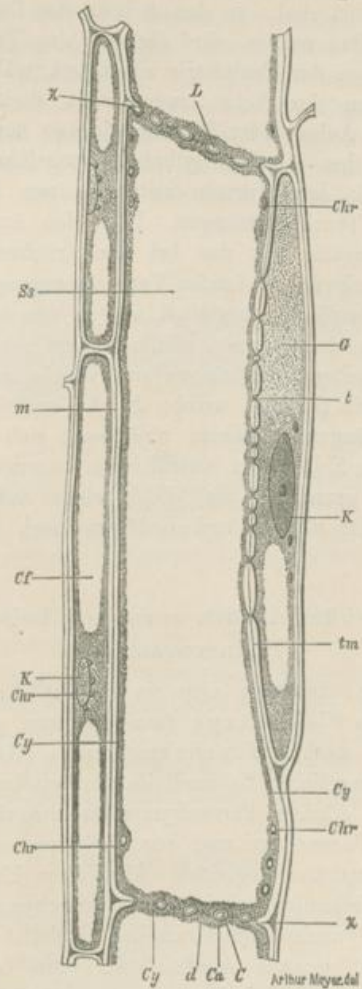


Fig. 70.

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 mit ihr 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).

Sv 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.

den chlorophyllreichen Zellen gebildeten Nährstoffe ist; in den gewöhnlichen flachen Laubblättern sind deshalb die Siebstränge der Blattunterseite zugekehrt, während die damit vereintläufigen Tracheenstränge der Blattoberseite zugekehrt sind. In den Achsen der Dikotyledonen, welche noch den primären Bau zeigen, sind die mit den Tracheensträngen vereintläufigen Siebstränge der Peripherie zugekehrt, während die Tracheenstränge dem Centrum der Achse zugewendet sind. Tritt sekundäres Dickenwachstum der Achse oder Wurzel ein, so laufen die Siebstränge an der Außenseite des Kambiumcylinders, ungefähr parallel mit den Tracheensträngen. In den Wurzeln mit primärem Bau alternieren die Siebstränge mit den Tracheensträngen. Über den Ansatz der Siebstränge der verschiedenen Organe gilt das bei den Tracheen Gesagte. In den Laubblättern sind übrigens die letzten Verzweigungen der Tracheenstränge nicht immer von Siebsträngen begleitet, und in den Achsen mit primärem Bau und in Früchten etc. kommen häufig isoliert verlaufende Siebstränge als Anastomosen zwischen Siebsträngen vor, welche mit Tracheensträngen vereintläufig sind. Die Stränge, welche durch Vereinigung von Tracheensträngen und Siebsträngen entstehen, und denen sich noch andere, nicht der Leitung dienende Zellformen anschließen, werden Gefäßbündel oder normale Leitbündel genannt. Sie bilden einen auffallenden morphologischen Bestandteil der Pflanze und bedürfen noch einer genaueren Besprechung.

c) Die Gefäßbündel oder normalen Leitbündel\*) der Phanerogamen.

Die Leitbündel bestehen also im wesentlichen aus einem mehr oder weniger starken Siebstrange (auch Leptom genannt) und einem mehr oder weniger starken Tracheenstrange (Hadrom). Gewöhnlich sind diese beiden wesentlichen Bestandteile des Leitstranges von mehr oder weniger zahlreichen dünnen Parenchymzellen umgeben oder auch von kollenchymatischem Parenchym und von Strängen vom Kollenchym oder auch Sklerenchymelementen begleitet. Alle diese Elemente können von einer lückenlos schließenden Scheide von Parenchymzellen, kollenchymatischen Zellen oder auch Endodermzellen umhüllt sein, welche dann Leitbündelscheide genannt werden soll. Die Leitbündelscheide der Wurzel besteht stets aus Endodermzellen und wird Endodermis genannt, während wir die ebenfalls vorkommenden, aus Endodermzellen

\*) Der sich auf die physiologische Leistung, die Leitung von Nährstoffen und Wasser, beziehende Name „Leitbündel“ ist dem Namen Gefäßbündel vorzuziehen, da von dem Anfänger Gefäßbündel und Gefäßstrang leicht verwechselt wird, wie z. B. manche Beispiele in der pharmakognostischen Litteratur beweisen. Man kann dann zwischen vollständigen Leitbündeln oder Gefäßbündeln, welche Siebstränge und Tracheenstränge, die aus den oben geschilderten Elementen bestehen, besitzen, und unvollständigen unterscheiden, solchen also, denen irgend einer der normalen Bestandteile fehlt.

bestehenden Scheiden der Achsen als Endodermischeiden bezeichnen wollen.

Vergleichen wir den Bau der in den Pflanzen vorkommenden Leitbündel, so finden wir, daß in ihnen die Siebstränge und Tracheenstränge eine verschiedene Lagerung zeigen. Nach dieser Lagerung lassen sich radiale, kollaterale, bikollaterale und konzentrische Leitbündel unterscheiden. In den radialen Gefäßbündeln liegen zwei oder zahlreichere Tracheen- und Siebstränge in einer Kreislinie und wechseln miteinander regelmäßig ab (Fig. 71a); in den kollateralen Leitbündeln liegt ein Siebstrang und ein Tracheenstrang nebeneinander (Fig. 71b),

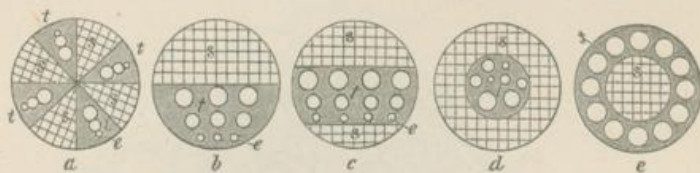


Fig. 71.

Schema der verschiedenen Anordnung von Siebsträngen und Tracheensträngen in den Leitbündeln.

s Siebstrang. t Tracheenstrang. e deutet die Lage der Erstlingstracheen an. a radiales, b kollaterales, c bikollaterales, d und e konzentrisches Leitbündel.

während bei den bikollateralen Leitbündeln sich noch ein zweiter Siebstrang an den Tracheenstrang des kollateralen anlegt (Fig. 71c). Die konzentrischen Bündel sind durch einen hohlzylindrischen Siebstrang, welcher einen massiven Tracheenstrang umschließt, oder das umgekehrte Verhältnis ausgezeichnet (Fig. 71d und e). Von diesen Anordnungen kommen die radiale und kollaterale am häufigsten vor, und wir wollen deshalb diese Formen der Leitbündel etwas näher ins Auge fassen.

#### Radiale Leitbündel.

Die radialen Leitbündel kommen bei den Phanerogamen nur in den Wurzeln vor. Die Tracheenstränge (g, Fig. 72) sind plattenförmig und dringen mehr oder weniger weit nach der Mitte zu vor, können sich sogar dort vereinigen. Die bei der Entwicklung des definitiven Baues aus dem Meristem zuerst ausgebildeten Tracheen dieser Stränge (die Erstlinge) liegen stets in der Peripherie des Bündels und sind relativ klein. Man bezeichnet nach der Zahl dieser Anfangspunkte der Stränge die radialen Leitbündel als di-, tri- bis polyarche oder nach der Zahl der Strahlen als 2-, 3- bis vielstrahlige. Das in Fig. 72 abgebildete Gefäßbündel ist danach 7strahlig oder heptarch zu nennen. Die radialen Gefäßbündel der Dikotyledonen und Gymnospermen sind gewöhnlich wenigstrahlig (oft 2-, 3-, 4strahlig), die der Monokotyledonen oft vielstrahlig. Die Siebstränge (s, Fig. 72) sind gewöhnlich dünner als die Tracheenstränge,



meist von rundlichem oder dreieckigem Querschnitte. In dem einfachsten Falle sind die Stränge nur in dünnwandiges, gestrecktes Parenchym eingelagert und zwar meist so, daß zwischen den Strängen und der Leitbündelscheide eine einfache, zwischen jedem Siebstrang und Tracheenstrang eine doppelte Zellschicht liegt, während der centrale Teil des Leitbündels, wenn die Tracheenstränge nicht völlig zusammenstoßen, was oft der Fall ist, von einer homogenen Parenchymmasse eingenommen wird. In wenigen Fällen (Papilionaceenwurzeln) liegt außerhalb jedes Siebstranges ein Strang von Sklerenchymfasern. Bei den Monokotyledonen besteht ferner häufig der centrale Teil des Bündels aus Sklerenchymelementen, die nicht selten auch zwischen die Sieb- und Tracheenstränge eindringen oder auch nur

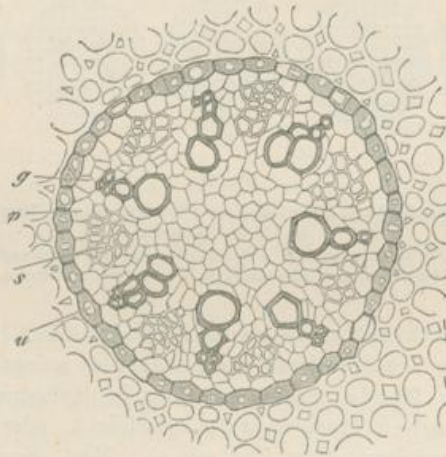


Fig. 72.

Querschnitt durch das siebenstrahlige Leitbündel einer Nebenwurzel von *Primula Auricula* und eine kleine Partie des dasselbe umgebenden Rindenparenchyms.

u Leitbündelscheide (Endodermis) mit einigen unverdickten Durchlaufzellen. g Tracheenstrang. s Siebstrang. p Perikambium.

diese allein untereinander verbinden, während die Mitte der Wurzel parenchymatisch bleibt. Die radialen Bündel, die, wie gesagt, nur in den Wurzeln vorkommen, sind dort stets von einer wesentlich aus Endodermzellen bestehenden, einschichtigen Leitbündelscheide (Fig. 72 u) umgeben, über deren Bau wir erst bei der Besprechung des Wurzelbaues Weiteres mitteilen wollen.

#### Kollaterale Leitbündel.

Kollaterale Gefäßbündel kommen in Achsen und Blättern und in den Samenknospen und Samen der Phanerogamen vor, und zwar sind die allermeisten Leitbündel dieser Organe kollateral. In den normalen Fällen liegen die kollateralen Gefäßbündel so in den Achsen, daß sie den

Tracheenstrang der Mitte, den Siebstrang der Peripherie der Achse zuzehren, und ebenso liegen sie auch in den gewöhnlichen dorsiventralen oder bifacialen flachen Laubblättern so, daß sie der Mitte der Achse den Tracheenstrang zuzehren, sobald man sich die Blätter aufgerichtet denkt. Danach kann man den gewöhnlich der Mitte der Achse zugekehrten Rand der kollateralen Bündel den Innenrand, den entgegengesetzten den Außenrand, die rechts und links liegenden Ränder die Seitenränder nennen. Der Tracheenstrang des kollateralen Bündels kehrt die ältesten (Erstlinge) und kleinsten Tracheen stets dem Innenrande des Bündels zu. Es sind

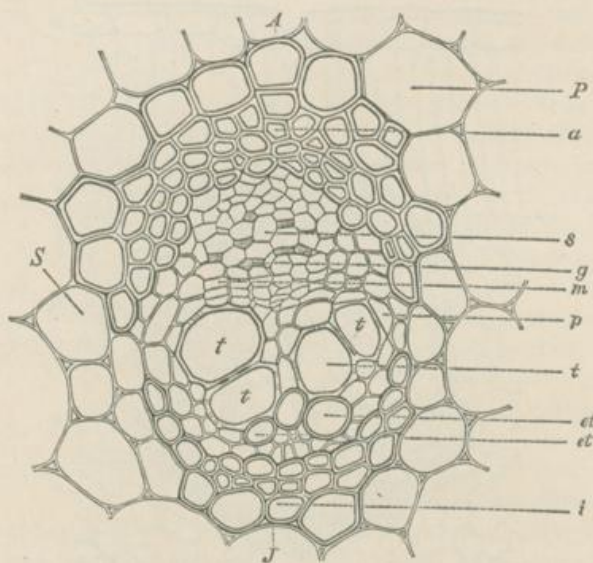


Fig. 73.

Querschnitt eines kollateralen Leitbündels aus einem Ausläufer von *Ranunculus repens*.

*P* das das Leitbündel umgebende Parenchym der Achse. *et* Erstlingstracheen. *t* jüngere Tracheen des Tracheenstranges. *s* Siebröhren. *g* Geleitzellen der Siebröhren des Siebröhrenstranges. *p* die Stränge umgebendes Parenchym des Leitbündels. *m* Meristemzone des Leitbündels. *i* innerer Sklerenchymstrang des Leitbündels. *a* äußerer Sklerenchymstrang des Leitbündels. Eine Strangscheide besitzt das Bündel nicht. *J* Innenrand (Innenseite), *A* Außenrand (Außenseite), *S* Seitenrand (Flanke) des Bündels.

diese Tracheen mit Ring- oder Spiralleisten versehen, während die später ausgebildeten und meist weiteren, der Mitte des Bündels genäherten meist dichter stehende Netzleisten und schließlich kleine Tüpfeln besitzen können. Der Siebstrang ist mehr oder weniger scharf umgrenzt. Im einfachsten Falle liegen Siebstrang und Tracheenstrang im Parenchym eingeschlossen, welches ohne scharfe Grenze in das umgebende Parenchym übergeht. Häufig liegt der Außenseite des Siebstranges allein, selten dem Tracheenstrange allein ein Strang von Sklerenchymelementen an oder beide Stränge sind von einem solchen begleitet. Letzter Fall ist in Fig. 73

dargestellt. In manchen Fällen vereinigen sich die beiden Stränge auch an der Seite, so daß ein wesentlich geschlossener Hohleylinder entsteht. Da eine solche Scheide von Sklerenchymelementen zuerst meist zur Festigung des ganzen äußeren Organes bestimmt ist, meist erst in zweiter Linie dem Schutze der leitenden Stränge dient, so wollen wir sie nicht als Leitbündelscheiden bezeichnen, also ähnlich verfahren, wie wir es bei der Umgrenzung der Hypodermis gethan haben. In seltenen Fällen dringen die Sklerenchymelemente auch tiefer in die Sieb- und Tracheenstränge ein. Die Sklerenchymstränge können nun auch durch Kollenchym-

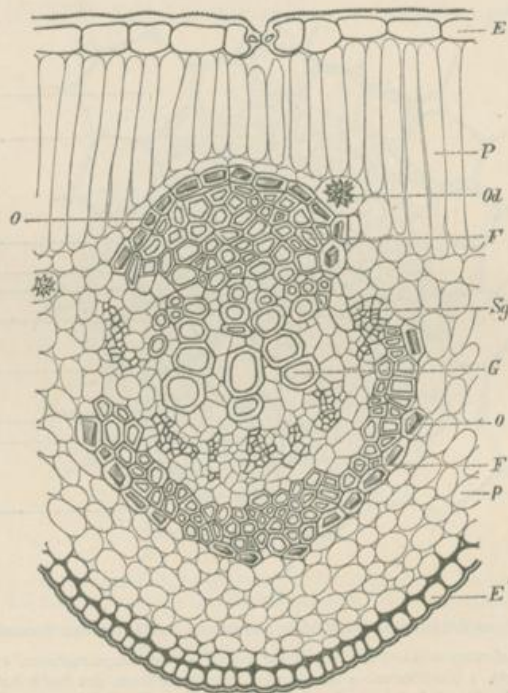


Fig. 74.

Gefäßbündel des Mittelnerve des Blättchens von *Cassia angustifolia*, mit umgebendem Parenchymgewebe.

*F* und *F'* Stränge von Sklerenchymfasern. *Sg* Siebstrang. *G* Tracheenstrang.

stränge vertreten werden, für welche alles gilt, was wir für die ersteren Stränge angaben. Die einfachsten und kompliziertesten der so gebauten Leitbündel können nun ferner eine Scheide aus lückenlos schließenden Zellen besitzen, eine Leitbündelscheide, welche aus Parenchymzellen, kollenchymatischen Zellen oder Endodermzellen bestehen kann und je nach den Elementen, welche sie bilden, eine verschiedene physiologische Leistung ausübt. Eine solche Leitbündelscheide fehlt jedoch den kollateralen Bündeln in den meisten Fällen.

Es ist nun noch zu bemerken, daß bei den kollateralen Bündeln der monokotyledonen Gewächse und mancher Dikotyledonen, wie in den radialen Bündeln, alle Meristemzellen sich definitiv ausbilden, so daß die fertigen Leitbündel keine Meristemzellen mehr enthalten (geschlossene Leitbündel). Bei denjenigen Dikotyledonen, deren Achsen später sekundäres Dickenwachstum zeigen, bleibt dagegen eine Zone von Meristemzellen (Fig. 73, *m*) zwischen dem Siebstrange und dem Tracheenstrange erhalten (offene Leitbündel). Derartige offene kollaterale Bündel zeigen dann, wenn

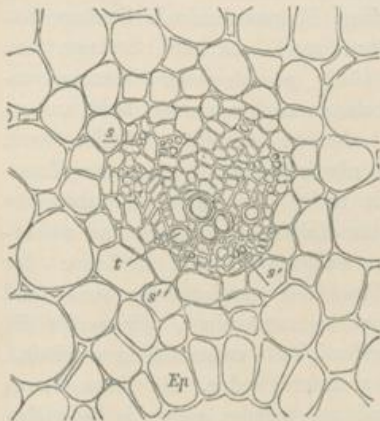


Fig. 75.

Bikollaterales, kleines Gefäßbündel aus einem Blatte von *Gentiana lutea*.  
*t* Tracheen. *s* und *s'* Siebröhren.

sie größere Stärke besitzen, in ihrem Siebstrange und Tracheenstrange eine Anordnung der Elemente, welche derjenigen entspricht, die wir in der sekundären Rinde und in dem äußeren Teile des Holzes der im sekundären Dickenwachstum begriffenen Achsen und Wurzeln finden. So z. B. erscheinen auf dem Querschnitte die Tracheen in Radialreihen geordnet, zwischen welchen markstrahlenähnliche Parenchymreihen verlaufen, die sich auch in den Siebstrang hinein fortsetzen, denselben durchziehend. Fig. 74 zeigt den Querschnitt eines solchen Bündels. In diesem Falle kann man nun auch besser von einer Anzahl von Siebsträngen und

Tracheensträngen reden, welche zwei Strangsysteme bilden, die kollateral gelagert sind, und von Parenchymstrahlen, welche die Systeme durchziehen.

## Über

### bikollaterale und konzentrische Bündel

wollen wir nichts Weiteres mitteilen. Als Beispiele für die bikollateralen Leitbündel können die Gefäßbündel von *Gentiana lutea* (Fig. 75), für die konzentrischen die Gefäßbündel des Kalmusrhizomes dienen.

## 5. Die Anordnung der Sklerenchymelemente und der Kollenchymzellen.

Als die hauptsächlichste, oft einzige Leistung der Kollenchym- und Sklerenchymelemente ist die für die Festigkeit der Pflanze zu betrachten. Entsprechend dieser Auffassung findet man die Kollenchymzellen, Sklerenchymfasern und Sklerenchymzellen meist so angeordnet, daß unter Inwirkungtreten einer möglichst kleinen Anzahl der festigenden Elemente

eine möglichst groſe Festigkeit der zu festigenden Organe erreicht wird und zwar stets in dem Sinne, wie es die Biologie der betreffenden Organe augenscheinlich vom Zweckmäſigkeitsstandpunkte aus fordert. So findet man zuerst bei solchen Organen, deren Lebensverhältnisse es mit sich bringen, daß sie zumeist auf Biegungsfestigkeit beansprucht werden, das Sklerenchymfasergewebe oder Kollenchymgewebe der Peripherie des Organes möglichst genähert, d. h. so weit als es die biologische Konkurrenz anderer Gewebeformen irgend zulieſt. Bei den dikotyledonen Achsen von noch primärem Baue finden sich gewöhnlich mehr oder weniger zahlreiche und kräftige längsverlaufende Stränge von hypodermalem Kollenchym, nicht selten auch stärkere Stränge von Sklerenchymfasern oder auch ein fast völlig geschlossener Sklerenchymfasercylinder innerhalb des äußersten Rindenparenchyms oder dicht außerhalb des Siebteiles der Gefäßbündel, der in selteneren Fällen auch zwischen die Gefäßbündel eingreift. In oberirdischen Achsen der Monokotyledonen finden sich meist ebenfalls mehr oder weniger zahlreiche hypodermale Sklerenchymfaserstränge oder Kollenchymstränge und außerdem sind die Sklerenchymfaserstränge, welche mit den Strängen der leitenden Elemente (Siebröhren und Tracheen) vereintläufig sind (und damit also auch die Gefäßbündel) meist so angeordnet, wie es für die Erzeugung einer hinreichenden Biegungsfestigkeit zweckmäſig erscheint. Auch fast ganz geschlossene Sklerenchymfasercylinder, die dann etwas entfernt von der Epidermis liegen, und an welche sich die leitenden Elemente anschließen, kommen nicht selten vor. Bei den oberirdischen dikotyledonen Achsen, in denen das sekundäre Dickenwachstum schon eingetreten ist, welche doch ebenfalls auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen werden, wird das Prinzip, mit möglichst geringem Materialaufwande eine möglichst groſe Biegungsfestigkeit herzustellen, nicht festgehalten, vielmehr liegt dort die Hauptmasse der Sklerenchymfasern im Centrum der Achse, mit anderen festen Elementen einen massiven Strang bildend, das Holz. Es ist übrigens diese scheinbare Verschwendung vom biologischen Standpunkte leicht zu verstehen, wenn man bedenkt, daß so auch die sonst unbrauchbar werdenden Tracheen und absterbenden Zellen von der Pflanze lange Zeit als Festigungsmittel verwendet werden können, daß die Pflanze also hier gleichsam mit relativ wertlosem Materiale arbeitet. In den horizontal wachsenden Blättern findet man die Kollenchym- und Sklerenchymfasern in den Nerven meist in Form von I förmigen Trägern entwickelt, welche die leitenden Stränge einschließen oder, was wesentlich dasselbe sagt, man findet einen hypodermalen Strang von festigenden Zellen an der Oberseite und einen an der Unterseite der Blattnerven, in der Längsrichtung der Nerven verlaufend. Man vergleiche z. B. hierzu die Blattnerven von *Folia Uvae ursi*.

Bei Organen, welche hauptsächlich auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen werden, vorzüglich also bei den Wurzeln im primären und sekundären Zustande, bei manchen auf Zugfestigkeit in Anspruch ge-

nommenen Rhizomen, bei Ranken, bei submersen Achsen von solchen Pflanzen, welche in stark fließendem Wasser wachsen, findet man, der mechanischen Zweckmäßigkeit entsprechend, das Sklerenchymgewebe möglichst in das Centrum der Organe verlegt, dort nach Möglichkeit auch zu einer dichten Masse zusammentretend.

Organe, deren Biologie es mit sich bringt, daß sie gegen radialen Druck geschützt sein müssen, wie z. B. viele Samen und Früchte, ferner die ganze sekundäre Rinde mancher Bäume, besitzen häufig eine meist mechanisch sehr zweckmäßig gebaute peripherische Hülle von Sklerenchymzellen oder Sklerenchymfasern oder eine aus beiden gemischte druckfeste Hülle, die in manchen Fällen (*Quercus*) in der Rinde nach dem Holze zu leistenförmige Fortsätze von Sklerenchymzellen aussendet.

Wenn auch die meisten Sklerenchym- und Kollenchymgewebemassen in der Pflanze so angeordnet sind, daß ihre Anordnung für die Festigung des ganzen Organes zweckmäßig erscheint, so findet man doch diese Gewebe auch häufig an Orten, wo sie nur als lokale Festigungsmittel und direkte mechanische Schutzschichten für andere Gewebearten dienen können. Nicht selten begleiten sie z. B. Siebstränge und Tracheenstränge, welche so in dem Organe verlaufen, daß die mit ihnen vereintläufigen Stränge festigender Elemente für die Festigung des ganzen Organes höchst unzweckmäßig angeordnet erscheinen. Zu diesen lokalen Festigungsgeweben sind auch die in der sekundären Rinde der Dikotyledonen vorkommenden Sklerenchymfaserstränge und Sklerenchymzellengruppen zu rechnen.

#### 6. Die Anordnung der Milchröhren.

Die Anordnung der Milchröhren scheint im allgemeinen der doppelten Leistung derselben, Speicherungsorgane und Leitungsorgane einmal für Nährstoffe, dann aber auch für schützende, giftige Sekrete zu sein, zu entsprechen. Sie durchziehen meist den ganzen Pflanzenkörper, auf ihren Bahnen den Gefäßbündeln fast überall folgend, teils zwischen den Siebsträngen, teils außerhalb der Sklerenchymstränge der Gefäßbündel an der Seite des Siebstranges verlaufend. Nur nach der Peripherie der Achsen und Blätter senden sie, die Gefäßbündel verlassend, sehr häufig zahlreiche Zweige, welche oft bis zur Epidermis, ja in die Epidermis vordringen. Diese Anordnung hat wahrscheinlich den biologischen Vorteil, daß die Pflanze einen Angriff schädlicher Tiere sofort durch einen Erguß des giftigen Sekretes beantworten kann, ehe die zerstörenden Feinde weiter vorzudringen vermögen. Weniger zahlreiche isolierte Zweige gehen in manchen Fällen nach dem Marke der Achse ab. Bei Achsen und Wurzeln, die im sekundären Dickenwachstum begriffen sind, findet man in manchen Fällen außer den vom primären Zustande her in das Mark vordringenden Ästen, zahlreiche Zweige des Systemes der Milchröhren im sekundären Holze.

### 7. Die Anordnung der Sekretzellen und anderer Sekretbehälter.

Es würde uns hier viel zu weit führen, wenn wir alle Sekretzellen und intercellulare Sekretbehälter ihrer Anordnung nach besprechen wollten, da fast jede Art der Sekretbehälter, jede Art des Sekretes einer besonderen Besprechung bedürfte. Übrigens ist über die höchst wahrscheinlich sehr verschiedene biologische Bedeutung der verschiedenartigen Sekrete noch so wenig bekannt, daß sich durchgreifendere Regeln für die Anordnung und biologische Gründe für letztere nur für ganz wenige angeben lassen. Wir wollen hier als Beispiel nur diejenigen Sekretbehälter betrachten, welche ätherische Öle enthalten. Die ätherischen Öle werden in verschiedener Weise im Pflanzenkörper ausgeschieden, einmal scheiden die das ätherische Öl bildenden Zellen dasselbe in eine Höhlung des Cytoplasma aus, wie wir es für die normalen Sekretzellen kennen lernten, und zweitens scheiden sie das Öl in die Membran hinein aus, und zwar entweder in die Mitte der gemeinsamen Membran wie die intercellularen Sekretbehälter oder in die Membran der Einzelzelle wie die bisher noch nicht erwähnten Sekretzellen der Drüsenhaare und Drüenschuppen, welche bei den Nebenapparaten besprochen werden.

Als hauptsächliche biologische Leistung der ätherischen Öle ist wahrscheinlich stets, wo sie auch ausgeschieden werden, der Schutz zu betrachten, den sie der Pflanze gegen die Angriffe von Tieren gewähren. Diese biologische Leistung der Ölzellen wird um so vorteilhafter für die Pflanze zur Geltung kommen können, je mehr die Zellen der Peripherie der Organe genähert sind, da die Verletzung, welche angreifende Tiere den Organen beibringen, um so geringer ausfallen werden, je früher die Tiere durch das Sekret von ihren Angriffen abgehalten werden. In der That ist die peripherische Lage der Ölzellen die gewöhnliche. Als extremster Fall der peripherischen Lagerung ist die Stellung der Sekretzellen an der Spitze von Drüsenhaaren und Drüenschuppen zu betrachten, wie wir sie z. B. auf den Blättern der *Mentha*-Arten, den Blüten von *Arnica* und *Lavandula* finden. Dicht unter der Epidermis liegen meist die kurzen intercellularen Ölbehälter. So z. B. finden wir sie im Perikarp der Pomeranzenfrucht und der Hauptsache nach auch in dem *Enkalyptus*blatte. Auch bei den eigentlichen Sekretzellen findet man, daß diese hauptsächlich in den äußeren Regionen der Organe dem Parenchym eingelagert sind. Wenn bei Wurzeln, Achsen und Blättern die Sekretzellen im Parenchym aller Regionen vorkommen, so drängen sie sich doch wenigstens in der Peripherie der Organe dichter zusammen. So z. B. finden sich im Rhizome von *Acorus Calamus* die Sekretzellen sowohl im Parenchym des Gefäßcyinders als in dem der Rinde, sind jedoch in dem äußersten Parenchym der Rinde am dichtesten gestellt. In sekundär verdickten Dikotyledonenachsen finden sich die Sekretzellen meist nur dem

Parenchym der Rinde eingelagert (*Croton Eluteria*), selten auch im sekundären Holze (*Sassafras*). Etwas anders als die bisher genannten Elemente verhalten sich die ätherisches Öl und Harz führenden intercellularen Sekretgänge, wenn dieselben ein mehr oder weniger weit durch die Pflanze verbreitetes, oft völlig zusammenhängendes System bilden oder wenigstens die Organe größere Strecken weit der Länge nach durchziehen. Wenn auch diese Gänge in ihrer Anordnung oft die Peripherie der Organe bevorzugen, so zeigen sie doch zugleich eine eigentümliche Beziehung zu den Gefäßbündeln, welche sie häufig überall in verschiedenartiger Anordnung begleiten.

### 8. Die Anordnung des farblosen Parenchyms.

Derjenige Raum, welcher von den bisher bezüglich ihrer Anordnung besprochenen Zellschichten in der Pflanze noch vorhanden ist, wird (soweit er auch nicht von den noch zu besprechenden Intercellularräumen eingenommen ist) von farblosen Parenchymzellen erfüllt. Die letzteren verbinden alle übrigen Elemente, die Hauptmasse des ganzen Pflanzenkörpers bildend; sie stellen jedoch nicht etwa eine unwichtige Füllmasse dar, sondern sind im Gegenteil vom physiologischen und biologischen Standpunkte mit den chlorophyllführenden Parenchymzellen als die wichtigsten Elemente des Pflanzenkörpers zu betrachten, indem sich in ihnen die wichtigsten chemischen Prozesse abspielen, welche auch die Kräfte frei machen, die zum Betriebe des ganzen Organismus nötig sind. Lassen wir das in den Gefäßbündeln befindliche Parenchym, als genügend berücksichtigt, außer acht, so finden wir vorzüglich folgende geschlossene Parenchymmassen. In den Wurzeln von primärem Baue liegt ein Hohlcyylinder von Parenchymzellen zwischen Epidermis (eventuell Hypodermis) und Endodermis, das primäre Rindenparenchym der Wurzel. In den Achsen der Monokotyledonen findet sich ein ähnlicher peripherischer Hohlcyylinder von Parenchymzellen, der sich durch den Bau seiner Elemente von der centralen Parenchymmasse, in welcher die Hauptmenge der Gefäßbündel verlaufen, etwas unterscheidet und welcher nicht selten durch eine aus Endodermzellen oder auch besonders gestaltete Parenchymzellen bestehende Scheide (Plerom- oder Cylinderscheide) von letzterer geschieden ist, das sogenannte Rindenparenchym. Die die Hauptmasse des Gefäßbündelsystems umgebende ganze innere Parenchymmasse wird Parenchym des Gefäßcyinders genannt. Das Parenchym des Gefäßcyinders ist in der Mitte (wenn es dort nicht zerstört ist) gewöhnlich großzellig; die Größe der Elemente nimmt aber in der Nähe des Rindenparenchyms gewöhnlich stark ab, so daß eine relativ kleinzellige Parenchymmasse des Gefäßcyinders an die innerste großzelligere Schicht des Rindenparenchyms grenzt (siehe Fig. 76 und Erklärung). Bei den Dikotyledonenachsen von primärem Baue ist die Anordnung der Parenchymmassen prinzipiell ganz ähnlich; die Regionen des Parenchyms haben aber



mit Rücksicht auf die Anordnung der Gefäßbündel und auf das sekundäre Dickenwachstum teilweise andere Bezeichnungen erhalten, die sich am besten bei vorzüglicher Berücksichtigung der Querschnittsansicht der Achse verstehen lassen. Die Gefäßbündelquerschnitte sind im normalen Falle in Form eines einfachen Ringes im Querschnitte der Achse angeordnet. Die zwischen Epidermis (resp. Hypodermis) und den äußeren Kanten der Gefäßbündel liegenden, meist aus relativ großen Elementen bestehenden Parenchymmassen, die nicht selten von den inneren Parenchymmassen, wie bei den Monokotyledonen durch eine einschichtige Pleromscheide getrennt sind, nennt man Parenchym der Aufsensrinde. Es bildet wie bei den Monokotyledonen einen Hohleylinder. Das Parenchym, in welchem die

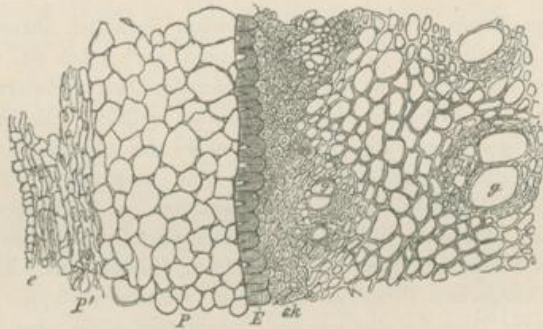


Fig. 76.

Querschnitt durch den äußeren Teil der verdickten unterirdischen Achse von *Smilax China L.* (Chinaknolle).

e Epidermis, P' zusammengefallenes und P noch gut erhaltenes Rindenparenchym. E aus verdickten Endodermiszellen bestehende Cylinderscheide des Gefäßcylinders. ek äußere, hier sklerotische, kleine Zellmasse, nach innen zu weiteres Parenchym des Gefäßcylinders. g Gefäß.

Hauptmasse der Gefäßbündel verläuft, wird, soweit es innerhalb des Gefäßbündelringes liegt, als Markparenchym bezeichnet. Das Markparenchym besteht aus relativ großzelligen, nach der Peripherie kleinzelliger werdenden Elementen; es setzt sich in die kleinzelligeren Parenchymmassen fort, welche sich zwischen den Gefäßbündeln befinden und welche man als primäres Markstrahlenparenchym bezeichnet. Häufig ist bei den Achsen der Dikotyledonen die morphologische Trennung der Rinde und des gefäßführenden centralen Cylinders eine weniger scharfe als bei den Monokotyledonen.

Bei den älteren Achsen der Dikotyledonen, welche sich im Zustande des sekundären Dickenwachstums befinden, ist die centrale Parenchymmasse, das Markparenchym, noch vorhanden. Zu den meist die ganzen Internodien als schmale, radial gestellte, senkrecht stehende Platten durchziehenden primären Markstrahlen sind sehr zahlreiche sekundäre

hinzugekommen, welche aus schmalen relativ niedrigen, radial verlaufenden Bändern von meist radial gestreckten Parenchymzellen bestehen, die durch das Kambium hindurch bis zur Peripherie des Organes verlaufen. Außerdem finden sich im sekundären Holze und in der sekundären Rinde längsverlaufende, sich an Tracheen- und Siebstränge anlegende, die übereinander stehenden Markstrahlen miteinander verbindende, teilweise auch seitlich Verbindungen zwischen benachbarten Markstrahlen herstellende Stränge aus längsgestreckten Parenchymzellen, das Holzparenchym und sekundäre Rindenparenchym.

Über das farblose Parenchym der Laubblätter ist das Nötige schon früher gesagt. In den Perikarpn der Früchte findet man je nach der Biologie der Frucht sehr verschieden ausgebildete und angeordnete Parenchymmassen. In den Samen bestehen meist einzelne Schichten der Samenschale aus Parenchym, ferner das Endosperm und Perisperm aus eigentümlich gebauten Parenchymzellen.

Im allgemeinen ist zu bemerken, daß das ganze Parenchym einer Pflanze ein im wesentlichen zusammenhängendes System bildet. Selbst da, wo Sklerenchymmassen oder aus Endodermzellen bestehende Scheiden Parenchymmassen auf weitere Strecken morphologisch und physiologisch trennen, finden sich meist von Parenchymzellen erfüllte Lücken in den trennenden Schichten, durch welche eine beschränkte Kommunikation der benachbarten Parenchymmassen hergestellt wird.

### 9. Die Anordnung der luftführenden Intercellularräume und die die äußeren Endigungen der letzteren umgebenden Apparate, Spaltöffnungsapparate und Lenticellen.

Die luftführenden Intercellularräume bilden ein die ganze Pflanze durchziehendes, wohl in allen Fällen völlig zusammenhängendes, wesentlich netzförmig gestaltetes System, von je nach der Biologie der betreffenden Pflanze sehr verschiedenartig umfangreicher Ausbildung. Hauptsächlich verläuft das System in dem Parenchymgewebe der Pflanze.

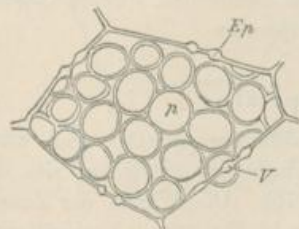


Fig. 77.

Epidermiszelle (Ep) des Laubblattes von *Psychotria Ipecacuanha* von oben gesehen, mit darunter liegenden Palissadenzellen p, zwischen denen die Intercellularräume zu erkennen sind.

Bei Landpflanzen sind die Lufträume gewöhnlich in dem Parenchym der Blattlamina am kräftigsten entwickelt; vorzüglich nehmen die Intercellularräume im Schwammparenchym der Blattunterseite horizontal wachsender Laubblätter einen großen Raum ein, während zwischen den Palissadenzellen der Blätter meist nur enge, senkrecht zur Oberfläche des Blattes stehende Luftkanäle (Fig. 77) vorkommen. Im Rindenparenchym der Wurzeln und Achsen, sowie im Markparenchym der Achsen verlaufen die

Intercellularräume meist als dreieckige oder viereckige, enge Kanäle zwischen den abgerundeten Kanten der Zellen; im sekundären Markstrahlenparenchym bilden sie lange, enge, in der Richtung der Zellstreckung verlaufende Kanäle, welche die Intercellularräume des Markes mit denen des peripherischen Rindenparenchyms verbinden. Sehr reichlich sind die Intercellularräume häufig im Parenchym der Blütenblätter entwickelt. Gegenüber diesen mikroskopisch kleinen Intercellularräumen ungeheuer große luftführende Intercellularräume kommen bei Landpflanzen ausnahmsweise in manchen Achsen und Blattstielen vor, z. B. in der Blütenachse von *Taraxacum officinale*, in den Internodien der Halme von *Triticum repens* und anderen Grashalmen, im Blütenschaft der Umbelliferen, wo sie überall durch Absterben des Markes der Internodien zustande kommen.

Viel reicher und komplizierter als bei den Landpflanzen ist das System der Intercellularräume meist in allen Teilen der Vegetationsorgane der Sumpf- und Wasserpflanzen ausgebildet. Blätter, Blattstiele, Achsen und Wurzeln sind dort entweder mit gleichmäßig im Parenchym verteilten, relativ weiten Intercellularräumen versehen, oder es durchziehen weite Kanäle, die nicht selten von einschichtigen Parenchymscheidewänden durchbrochen sind, die Organe.

Die luftführenden Intercellularräume, deren Leistung darin besteht, daß sie Wege für die Zufuhr von Sauerstoff aus der Atmosphäre, die Ableitung von Kohlensäure und Wasserdampf nach der Atmosphäre für die im Innern der Pflanze liegenden, an die Intercellularräume grenzenden Zellen sind (bei Wasserpflanzen auch Speicher für Gase), stehen an verschiedenen Stellen der Pflanze in direkter Verbindung mit der äußeren Luft, indem sie die Epidermis oder das Periderm durchsetzen. In der Epidermis sind die Endigungen der Intercellularräume, die Spaltöffnungen, von sogenannten Spaltöffnungsapparaten umgeben, im Periderm finden sich diese Öffnungen in bestimmten Organen, den Lenticellen. Beide Organe wollen wir zum Schluß noch etwas näher besprechen.

#### Die Spaltöffnungsapparate.

Die wichtigsten Bestandteile des Spaltöffnungsapparates sind zwei wurstförmige, mit beiden Enden aneinander befestigte, zwischen sich die Spaltöffnung lassende Zellen (*s*, Fig. 78 und 79). Die Wände der Zellen, welche die Spalte begrenzen, die Bauchwände (*d*, Fig. 80) sind gewöhnlich dicker als die ihnen entgegengesetzt liegende Rückenwand (*e*), aber nur in ihrem oberen und unteren Teile, während ein mittlerer Streifen (*d*) relativ dünn ist. Ferner tragen sie oben und unten mehr oder weniger hohe und nach der Öffnung zu gebogene kutikularisierte Membranleistchen (*a*); ebenso ist die untere Wand der Zelle stark verdickt. Diese Schließzellen strecken sich nun gerade, wenn der innere Druck, der Turgor der Zelle, nachläßt, sie krümmen sich stark, wenn der innere Druck zunimmt.

Im ersten Falle schließt sich, im zweiten Falle öffnet sich die Spalte weit. Da der Turgor der Zelle wächst, wenn der Pflanze, also auch der

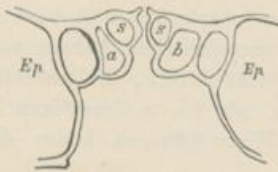


Fig. 78.

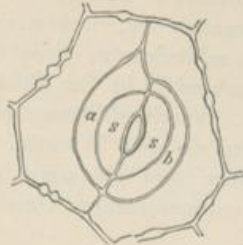


Fig. 79.

Fig. 78. Querschnitt durch einen Spaltöffnungsapparat von *Psychotria Ipecacuanha*.  
s Spaltöffnungsschließzellen. a b Nebenzellen. Rechts und links von a b zwei weitere Nebenzellen. Ep Epidermzellen.

Fig. 79. Der in Fig. 78 dargestellte Spaltöffnungsapparat von oben gesehen.

Schließzelle viel Wasser zugeführt wird, der innere Druck dagegen sinkt, wenn die Pflanze Wassermangel leidet, so vermögen die Schließzellen die Verdunstung des Wassers in zweckmäßiger Weise zu regulieren, indem sie dem Wasserdampf den Austritt aus den Interzellularräumen erleichtern oder erschweren. Gewöhnlich sind die Schließzellen noch von 2 oder mehr schmalen, von den Epidermzellen durch die Form abweichenden

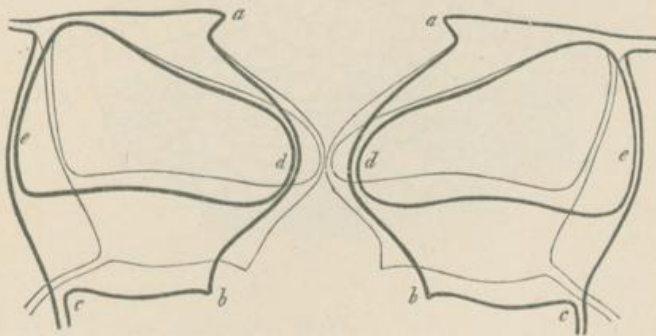


Fig. 80.

Querschnitt einer Spaltöffnung senkrecht zur Blattfläche.

Die dicken Konturen geben die Form der Schließzellen bei geöffneter, die dünnen bei geschlossener Spalte.

(Nach Schwendener.)

Zellen umgeben, welche die Schließzellen in ihrer Leistung unterstützen, die sogenannten Nebenzellen (Fig. a und b, Fig. 79 und 78). Die Schließzellen können über die Epidermis vorgewölbt sein, wie man es bei feuchte Standorte bewohnenden Pflanzen findet, oder in einer Höhe mit der Epidermis liegen, wie in vielen Fällen bei Landpflanzen, oder sie können mehr oder weniger tief unter das Niveau der Epidermis versenkt sein, so

dafs oberhalb derselben eine Grube entsteht, welche von den Epidermiszellen gebildet wird, wie es sehr häufig bei Pflanzen vorkommt, welche trockene Standorte bewohnen. Spaltöffnungen kommen wesentlich nur an solchen Organen vor, welche mit der atmosphärischen Luft in Berührung sind. Am zahlreichsten findet man sie an den Spreiten der Laubblätter, weniger zahlreich in der Epidermis der oberirdischen Achsen und der Blattstiele. Vereinzelt kommen sie auf unterirdischen Achsen vor; gänzlich fehlen sie den Wurzeln. An Fruchtblättern, Blütenblättern und Staubblättern sind sie meist zu finden, oft im rudimentären Zustande. Auf den untergetauchten Organen der Wasserpflanzen fehlen die Spaltöffnungen.

#### Die Lenticellen.

Als biologischer Ersatz der Spaltöffnungsapparate bilden sich kurz vor oder gleichzeitig mit der Entwicklung des Periderms, an Achsen und Wurzeln die sogenannten Lenticellen aus. Sie entstehen anfangs stets unter den Spaltöffnungen, später im alten Periderme bilden sie sich auch an anderen Stellen, aber wohl stets über einem Markstrahle. Die Lenti-

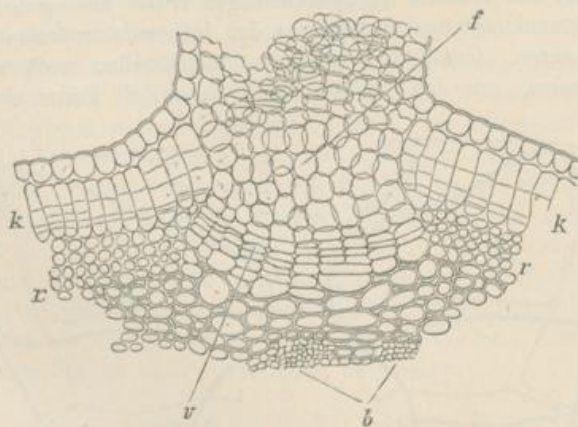


Fig. 81.

Querschnitt durch eine junge Lenticelle im eben entstandenen Periderm von *Sambucus nigra*. *f* Füllzellen, welche die Epidermis gesprengt haben, die teilweise noch die Korkschicht (*k*) bedeckt. *r* Verjüngungsschicht. *v* Hypodermis der Rinde.

zellen sind kleine, linsenförmige oder ähnlich gestaltete, auch nach außen als kleine Höcker hervortretende Anschwellungen des Periderms, deren Gewebe sich von dem übrigen Peridermgewebe durch Interzellularräume auszeichnen, mittels deren das System der luftführenden Interzellularräume der Pflanze in Verbindung mit der Außenluft tritt. Bei unseren officinellen Pflanzen findet man die Lenticellen schön ausgebildet an der Achsenrinde von *Solanum Dulcamara*, *Rhamnus Frangula*, der Wurzelrinde von *Ipomoea Purga*. An einem Längsschnitt durch eine Lenticelle

sieht man, daß eine kleine Stelle des das Pflanzenorgan umgebenden Periderms in der Weise von dem normalen Periderm abweicht, daß eine kleine Partie des Phellogens (*v*, Fig. 81), die sogenannte Verjüngungsschicht der Lenticelle, selbst kleine Interzellularräume besitzt und nach außen statt der dicht schließenden Korkschicht locker aneinanderhängende Korkzellen (*f*, Fig. 81), sogenanntes Füllgewebe, nach innen mit deutlichen Interzellularräumen versehenes Parenchym abscheidet. In manchen Fällen scheidet das Phelloderm nach außen zu nicht fortwährend gleichmäßiges Füllgewebe ab, sondern abwechselnd festere, mit engen Interzellularräumen versehene Zellschichten und Schichten von lockerem Füllgewebe.

