

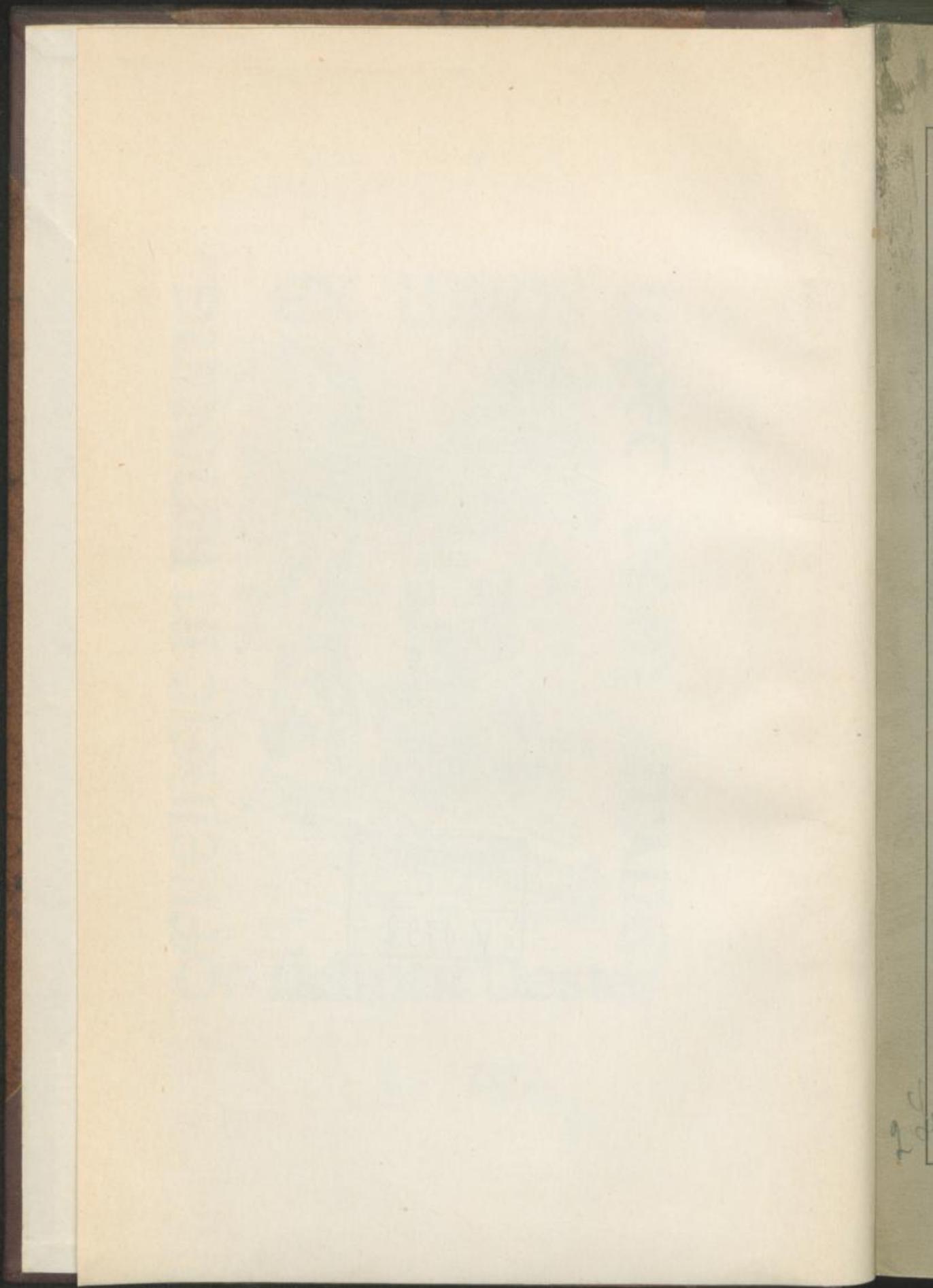
Handwritten text on a label, including the year 1892.

FREIHEIT IN BINDUNG **EX LIBRIS** **LÖSETE VOM ZWANG**
Dr. Helmut Bester



Dv 1856 / 1.2

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
- Medizinische Fakultät -
DUSSELDORF
V 1798



Med 1013

WISSENSCHAFTLICHE
DROGENKUNDE.

Ein illustriertes Lehrbuch der Pharmakognosie
und
eine wissenschaftliche Anleitung
zur eingehenden botanischen Untersuchung pflanzlicher Drogen
für Apotheker.

Von

Dr. Arthur Meyer,

a. o. Professor in der philosophischen Fakultät der Königl. Akademie Münster i. W.

Erster Teil.

Mit 269 Abbildungen.

Berlin 1891.

R. Gaertners Verlagsbuchhandlung
Hermann Heyfelder.
8W. Schönebergerstraße 26.

28. 1/92

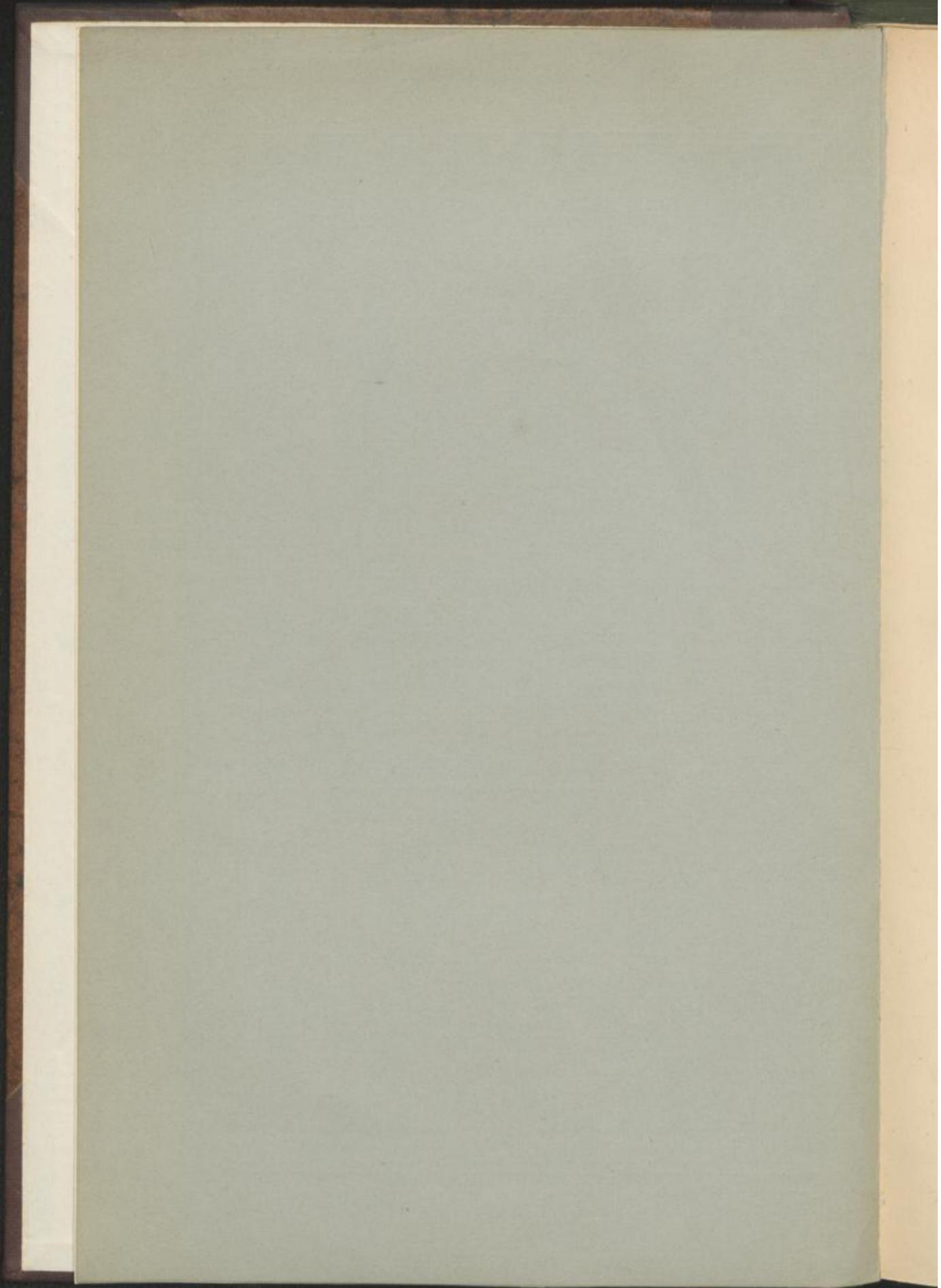
Z Bode

Der zweite Teil (Schluß des Werkes) erscheint im Laufe des Jahres 1891.

A

12.-





WISSENSCHAFTLICHE
DROGENKUNDE.

Ein illustriertes Lehrbuch der Pharmakognosie
und
eine wissenschaftliche Anleitung
zur eingehenden botanischen Untersuchung pflanzlicher Drogen
für Apotheker.

Von

Dr. Arthur Meyer,

a. o. Professor in der philosophischen Fakultät der Königl. Akademie Münster i./W.

Erster Teil.

Mit 269 Abbildungen.

Berlin 1891.
R. Gaertners Verlagsbuchhandlung
Hermann Heyfelder.
SW. Schönebergerstraße 20.

PROCEKKE NDE

Herrn Geh. Rat

Professor Dr. Victor Meyer

in Hochachtung und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Prof. Dr. Victor Meyer

Vorwort.

Als Lehrer der pharmazeutischen Jugend und als Apotheker habe ich sattsam Grund und Gelegenheit gehabt, mich mit der pharmazeutischen Unterrichtsfrage zu beschäftigen und unter Berücksichtigung der jetzt bestehenden eigentümlichen und interessanten Verhältnisse des Apothekerstandes nach einer Gestaltung des pharmazeutischen Unterrichts zu suchen, welche für den Staat und den Apothekerstand vorteilhaft ist. Dazu war in Überlegung zu ziehen, was heute die hauptsächlichste Aufgabe des Apothekerstandes sei, und wie sich diese in Zukunft gestalten könne, welche Leistungen der Staat am zweckmäßigsten von dem Stande verlangen solle. Ich bin bei Untersuchung dieser Frage zu dem Resultate gelangt, daß, kurz ausgedrückt, als die wichtigste Aufgabe des Standes, heute und für absehbare Zeiten die intensive wissenschaftliche und praktische Pflege der Apothekerwarenkunde im weitesten Sinne betrachtet werden müsse. Mit anderen Worten, der deutsche Apotheker muß das Streben, welchem er bisher seine angesehene Stellung im deutschen Lande verdankte, das Streben nach dem Ziele, der Gesellschaft die Arzneimittel unter voller, durch wissenschaftliche Kenntnisse ermöglichte Garantie der Echtheit, Reinheit und Zweckmäßigkeit zu liefern, im erhöhten Maße zeigen, er muß das genannte Ziel intensiver ins Auge fassen und muß sich die Fähigkeit zu erwerben suchen, diese unter jetzigen Verhältnissen sehr schwierige Aufgabe voll zu lösen.

Die Schwierigkeiten dieser Aufgabe haben sich allerdings sehr gehäuft durch den schnellen Wechsel der Medikamente, durch die praktische Nötigung, die Präparate aus den Fabriken, die Drogen im geschnittenen und gepulverten Zustande zu beziehen, und es ist wahrlich unter diesen Umständen keine kleine Aufgabe für die wissenschaftliche Thätigkeit des Apothekers, Mittel und Wege zu finden, um die Echtheit und Reinheit dieser Stoffe nachweisen zu können, und keine geringe Aufgabe für den praktischen Apotheker, jedes Arzneimittel auf Echtheit und Güte zu prüfen. Und doch muß,

meiner Ansicht nach, der Apotheker alles daran setzen, diese Aufgaben zu lösen, er muß sogar fortwährend bemüht sein, die Gesellschaft selbst daran zu erinnern, welche Wichtigkeit die Lösung dieser Aufgabe für sie hat, welche Gefahren die Nichtachtung dieses Strebens für die Glieder der Gesellschaft haben müsse, und muß dem Staate seine Dienste in dieser Richtung anbieten und von dem Staate verlangen, daß der Unterricht und die Staatsprüfung nach dieser Richtung hin zugespitzt werde — wenn der deutsche Apothekerstand seine alte Würde wahren, neue Vorteile erringen und eine Genossenschaft bleiben will, welche dem Staate unentbehrlich ist. Nur durch Festhalten dieser Ziele kann sich auch der Apothekerstand über den Drogistenstand erheben, je mehr er sie aus den Augen verliert, je mehr schwindet die Grenze zwischen Drogenhandlung und Apotheke. Sucht der Apotheker in anderer Richtung sein Heil, so verkennt er die Verhältnisse; bietet er sich dem Staate z. B. als Hygieniker an, so vergißt er, daß es Ärzte genug giebt, die sich besser als er dazu eignen, diese Domäne zu bebauen; bietet er sich als Nahrungsmittelchemiker an, so zeigt er, daß er nicht weiß, welches eingehendes Studium dazu gehört, ein guter Nahrungsmittelchemiker zu werden, und er vergißt ferner, daß sich ein besonderer Stand dieser Art aus der Reihe der Chemiker heraus entwickelte hat und weiter entwickeln wird.

Vorgeschwebt hat die von mir betonte Anschauung dem deutschen Apotheker stets, und er hat auch das Ziel stets zu erreichen versucht. Nur in letzter Zeit scheint die Schwierigkeit der Aufgabe eine eigentümliche Mutlosigkeit und Energielosigkeit erzeugt zu haben, die wohl daher rührt, daß der alte Weg des Unterrichts nicht sicher genug zu der Höhe des Wissens und Könnens führt, welche die neue Zeit fordert. Der alte Weg, der allerdings wesentlich durch die alte Prüfungsordnung vorgeschrieben ist, ist tatsächlich dazu angethan, den jungen Apotheker energielos und mutlos zu machen und ihm die Freude am Vorwärtsstreben zu nehmen. Statt sich von der Lehre bis zum Beginn des Studiums zu bemühen, an der Hand elementarer, rein wissenschaftlicher Lehrbücher die Grundlagen der beiden für ihn wichtigen Wissenschaften, der Chemie und Botanik, kennen zu lernen, sich zu einem Standpunkte zu erheben, von dem aus er die wichtigsten Punkte der weiten Gebiete zu überblicken befähigt ist, lernt er in der Lehre und während der Konditionszeit meist nur allerlei wissenschaftliche Details für bestimmte praktische Zwecke auswendig, nicht sie verstehen, oft nach Lehrbüchern, welche sich zum Vorteile der Autoren der Bequemlichkeit der Lernenden anpassend, den Lernenden schädigen. Solche Bücher, welche wohl zwanzig Jahre einen sehr unheilvollen Einfluß auf den Apothekerstand ausgeübt haben, entwöhnen den Apotheker vom Denken, statt ihm das wissenschaftliche Denken zu lehren, halten

ihn vom Sehen ab, statt ihn zur selbständigen Beobachtung der Thatsachen anzuleiten, vermeiden es, den Lernenden die Quellen zu zeigen, aus denen das Buch schöpfte, erziehen den Lernenden mit einem Worte möglichst unselbständig und kritiklos. Eine gründliche, rein wissenschaftliche Vorbildung, vorzüglich eine eingehende Kenntnis der Chemie und der Botanik, muß der Apotheker aber sich zuerst erwerben, dann erst kann er dazu übergehen, speziellere, auf seine praktische Thätigkeit bezügliche Studien zu machen, z. B. wissenschaftliche Methoden zur Lösung seiner praktischen Ziele einzuüben, und die Anwendung der Wissenschaft auf die Praxis selbst zu versuchen. So nur wird er sich die Fähigkeit erwerben, in allen Fällen, auch da, wo ihm das deutsche Arzneibuch keine der jetzt noch für den Apotheker nötigen Vorschriften giebt, die Echtheit und Reinheit eines vom Arzte verlangten und vom Publikum geforderten Arzneimittels festzustellen.

Unter dem Einflusse der hier entwickelten Anschauungen ist das vorliegende Buch entstanden, welches in erster Linie den Zweck hat, den angehenden Apotheker zur selbständigen Untersuchung eines Teiles der Arzneimittel anzuregen und ihn dadurch wissenschaftlich sehen und schliessen zu lehren.

Ich habe des näheren ein Buch zu schaffen versucht, durch dessen Studium der Pharmazeut sich gründlich in die wissenschaftliche botanische Kenntnis, in die Morphologie und Anatomie der Drogen einführen könne. Da kein kurzes und doch eingehendes Lehrbuch der Morphologie und Anatomie der Pflanzen existiert, die speziellen Kapitel über die Drogenkunde in diesem Buche aber ohne eingehendere Kenntnis der Morphologie und Anatomie der Phanerogamen nicht verständlich sind, so habe ich dem eigentlichen pharmakognostischen Teile ein Kapitel über allgemeine Morphologie und ein gleiches über allgemeine Anatomie vorausgehen lassen, welche in Verbindung mit den allgemeinen Einleitungen, die jedem der speziellen pharmakognostischen Kapitel vorangehen, den Kapiteln über Morphologie und Anatomie des Samens, der Wurzel, der Achse etc., ein **kurzes Lehrbuch der Morphologie und Anatomie der Phanerogamen bilden**. Es war meine Absicht, in diesem so gleichsam vorausgestellten Lehrbuche ein Bild des Baues einer typischen phanerogamen Pflanze zu entwerfen, an welches sich das Spezielle, was in den Monographien der Drogen gelehrt wird, anlehnen könne, und außerdem war es meine Absicht, dem Studierenden die Möglichkeit zu geben, sich in diesem Buche selbst über die Bedeutung aller von mir gebrauchten botanischen Ausdrücke und ihrer Synonyme eingehenden Aufschluß verschaffen zu können. Bei der Bearbeitung des allgemeinen anatomischen Teiles habe ich eine Anordnung des Stoffes vorgenommen, welche weder mit der von de Bary (A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und

Farne, Leipzig 1877, Engelmann) noch mit der von Haberlandt (G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig 1884, Engelmann) in ihrem Lehrbuche benutzten übereinstimmt, eine Darstellung der anatomischen Thatsachen, mit der ich beabsichtigte, dem Studierenden eine klare Schilderung der morphologisch-anatomischen Verhältnisse zu geben, welche ja auch für unsere pharmakognostischen Zwecke die Hauptsache ist, und doch zugleich seinen Blick stets auf die Biologie und Physiologie der Pflanze zu lenken, auf das Leben, ohne dessen Berücksichtigung jede morphologische Darstellung ein Gerippe bleibt ohne Fleisch und Blut, dessen Betrachtung vorzüglich den Anfänger leicht abschreckt und verwirrt. Im speziellen pharmakognostischen Teile sind die Drogen nach ihrer morphologischen Bedeutung geordnet. Jedem Kapitel dieses Teiles, z. B. dem der Samen-Drogen, Wurzel-Drogen etc., geht, wie gesagt, ein Abschnitt voraus, in welchem die allgemeinen Eigenschaften der Samen, Wurzeln etc. erörtert werden, mit Beziehung auf die in dem pharmakognostischen Abschnitte besprochenen Drogen. Diese Anordnung der Monographien trägt wesentlich dazu bei, daß der Leser die wichtigen Kennzeichen jeder Droge gegenüber den für die Unterscheidung derselben von anderen Drogen unwichtigen Eigenschaften erkennen lernt; denn alles, was z. B. im allgemeinen Teile über die Samen als gemeinsame Eigenschaften aller Samen hingestellt wurde, hat ja für die Unterscheidung der Samenspezies keinen Wert, und das Nebeneinanderstehen der morphologischen und anatomischen Beschreibung der verschiedenen Samen-Drogen erleichtert dem Leser die Erkennung der wichtigsten Unterschiede. Der botanische Teil der einzelnen Drogenmonographien ist meist in 2 Abschnitte geteilt, den morphologischen und den anatomischen. In dem ersten Abschnitte wird die morphologische Bedeutung alles dessen wissenschaftlich festgestellt, was direkt an der ganzen Droge sichtbar ist. Der anatomische Abschnitt zerfällt meist wiederum in zwei Teile, von denen der erste den anatomischen Bau erklärt, soweit er mit der Lupe erkennbar ist, während der zweite eine eingehende Erklärung des anatomischen Baues giebt. Die Form der botanischen Beschreibung der Droge ist so gewählt, daß sie voraussetzt, der Leser habe während des Studiums dieser Beschreibung die betreffende Droge bei der Hand und betrachte sie, je nach Erfordernis mit dem bloßen Auge, der Lupe oder dem Mikroskope; alles, was bei dieser Art des Studiums der Droge selbstverständlich wird, ist bei der Beschreibung der Droge weggelassen. Ich beabsichtige durch diese Darstellungsmethode zum Selbststudium und zur genauen Betrachtung der Objekte anzuregen, welche dem praktischen Pharmazeuten täglich durch die Hände gehen, und ich hoffe, daß jeder Pharmazeut, welcher das Denken nicht scheut, von der Untersuchung der Drogen unter Anleitung des Buches Vorteil und Freude haben wird. Die Abbildungen sind

wesentlich dazu bestimmt, bei der Untersuchung der Drogen zur schnellen Orientierung über das, was an der Droge zu sehen ist und als Hilfsmittel für das Verständnis des Textes zu dienen. Sie sind der Mehrzahl nach von mir selbst, nach eignen Präparaten gezeichnet. Bei den anatomischen Abbildungen habe ich meist nur das Zellwandrüste wiedergegeben, gewöhnlich nach Präparaten, die mit Chloralhydrat aufgehellt waren. Das Einzeichnen von Inhaltsstoffen ist meiner Ansicht nach vom wissenschaftlichen und praktischen Standpunkte für die meisten Fälle zu verwerfen; eine Einzeichnung des Bildes der lebenden Protoplasten in die Zellen, wie sie unserer Kenntnis entspricht, ist doch nicht durchführbar und eine naturgetreue Wiedergabe der Klumpen und Reste, die wir in den Drogen finden, unmöglich. Wie die Abbildungen, so ist auch die botanische Beschreibung fast überall nach eigenen Beobachtungen abgefaßt, durch welche ich oft Bekanntes kontrolliert, in sehr vielen Fällen auch Neues erkannt habe. Auf Besprechung und Hervorhebung der in der pharmakognostischen und botanischen Litteratur, vorzüglich auch in pharmakognostischen Lehrbüchern vorkommenden fehlerhaften Darstellungen der Thatsachen habe ich mich nicht eingelassen, da mir polemische Erörterungen in ein derartiges Lehrbuch nicht zu passen scheinen. Jeder, der sich für diese Frage interessiert, kann durch Vergleichung der in dem Buche angegebenen Litteratur und des botanischen Textes der wichtigsten der hierher gehöriger Lehrbücher,

hauptsächlich also:

„Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches, II. Aufl., Berlin 1883, Gaertner. — Albert Wigand, Lehrbuch der Pharmakognosie, 4. Aufl. Berlin 1887, Hirschwald. — J. Müller, Lehrbuch der Pharmakognosie, Wien 1889, Hölder. — J. Müller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genußmittel aus dem Pflanzenreiche, Berlin 1886, Springer. — Tschirchs Aufsätze in der Real-Encyclopädie der gesamten Pharmacie, nur bis Bd. 8. Wien, Urban & Schwarzenberg. — A. F. W. Schimper, Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, Jena 1886 Fischer. — Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie (deren allgemeiner Teil, der Grundriß der Anatomie, also der 1. Bd. von 1889, mir erst vorlag), Wien 1889, Urban & Schwarzenberg. — Berg, Pharmazeutische Warenkunde, 5. Aufl., Berlin 1879, Gaertner. — Marmé, Pharmakognosie, Leipzig 1885, Veit & Co. — Vogl, Arzneikörper aus den drei Naturreichen, Wien 1880. — O. Berg, Atlas zur pharmazeutischen Warenkunde, Berlin 1865, Gaertner. — O. Berg und Schmidt, Darstellung und Beschreibung sämtlicher in der Pharmac. Borussica aufgeführten officinellen Gewächse, Leipzig 1859, A. Felix. — Hanausek, Die Nahrungs- und Genußmittel aus dem Pflanzenreiche, Kassel 1884, Fischer.

mit meinen Angaben erkennen, welche Anschauungen und Thatsachen ich für die richtigen halte, was vor meiner Arbeit bekannt war, und was ich neu hinzugebracht habe. Außer den besprochenen botanischen

Angaben findet man in den Monographien noch die Kapitel über Verbreitung der Stammpflanze, über Kultur und Einsammlung der Droge, über die Chemie der Droge, über die Geschichte der Droge. Die in dem zuletzt genannten Abschnitte gemachten wenigen Angaben sind dem vortrefflichen Lehrbuche der Pharmakognosie von Flückiger entnommen, auf welches ich bezüglich der Litteratur für die Geschichte der Droge und weiterer historischer Thatsachen verweise, da dort dieser Teil der Drogenkunde eine eingehende, meisterhafte Behandlung gefunden hat. Die Verfälschungen und Verwechslungen der Drogen, welche in der Praxis vorgekommen sind, wurden meist nur namhaft gemacht, nicht beschrieben, da der Bau der Drogen, welche zur Verwechslung führen, meist äußerst verschieden ist von dem der betreffenden Droge, und bei genauer Beachtung der Botanik der letzteren eine Verwechslung überhaupt nicht vorkommen kann. Die teilweise ausführlich gegebenen Litteraturnachweise sollen dazu dienen, den Leser mit den Quellen für den Inhalt der Pharmakognosie einigermaßen bekannt zu machen und ihn zu veranlassen, die Originalarbeiten zu studieren; sie reichen im allgemeinen bis zum Jahre 1889. Bei der ganzen Anlage des Lehrbuches war es von geringerer Bedeutung, welche Drogen ich zur Besprechung, gleichsam als Übungsbeispiele, benutzte. Es war nur festzuhalten, daß sich die allgemeinen Einleitungen nur auf die Phanerogamen beziehen, die Beispiele also auch nur aus dieser Pflanzengruppe gewählt werden durften. Die wenigen, nicht dorthin gehörenden Drogen sind deshalb nur kurz besprochen, ebenso auch die Kräuter, deren botanische Beschreibung für den Zweck des Buches fast nur Wiederholungen hätte bringen müssen. Letztere würden praktische Übungsbeispiele für das Privatstudium abgeben. Am Schlusse jeder Gruppe von Monographien habe ich in einem kurzen Abschnitte das Allerwichtigste über eine Reihe noch gebräuchlicher und auch neuer Drogen mitgeteilt. Die als Drogen gebrauchten Sekrete der Pflanzen habe ich nicht mit in das Buch aufgenommen, weil meines Erachtens diese Stoffe besser in einem besonderen Kapitel der pharmazeutischen Chemie abgehandelt werden, dem man eine kurze Einleitung botanischen Inhaltes vorausgehen lassen könnte. Vielleicht ist es mir noch gestattet, dieses Kapitel der pharmazeutischen Chemie als kleines Buch erscheinen zu lassen, da ich manche Vorarbeiten für ein solches schon gemacht habe.

Einige, in letzter Zeit wichtig gewordene Drogen, welche ich nicht besprochen habe, hoffe ich in einem später erscheinenden Anhang zu vorliegendem Buche abhandeln zu können.

Wenn ich durch dieses Buch dazu beitragen könnte, daß der Apotheker in die für ihn wichtigen Abschnitte der botanischen Wissenschaft tiefer einzudringen vermöge und die theoretischen Kenntnisse in seiner praktischen, für das Gemeinwohl so wichtigen

Thätigkeit besser verwenden lerne, so würde ich mich für die Mühe, welche mir das Werk gemacht hat, belohnt fühlen. Obgleich ich bei der Bearbeitung des botanischen Teiles der Monographien sorgfältig zu Wege ging, ist es, bei der Weitsichtigkeit der Detailarbeit doch wahrscheinlich, daß hier und da sich ein Fehler eingeschlichen hat, oder daß ich einen oder den anderen Punkt übersehen habe, und ich werde meinen Kollegen dankbar sein, wenn sie mich auf derartige Mängel aufmerksam machen.

Münster i./W., den 1. November 1889.

Arthur Meyer.

Inhalts-Verzeichnis.

I. Einleitung.		Seite
§ 1.	Die Aufgabe der wissenschaftlichen Drogenkunde oder Pharmakognosie	1
§ 2.	Über die Ausführung der botanischen Untersuchung der Drogen	4
a)	Die morphologische Untersuchung der Drogen	4
b)	Die anatomische Untersuchung der Drogen	5
α)	Die Instrumente. β) Die mikrochemischen Reagentien. γ) Die Präparation und die Untersuchung der Objekte.	
 II. Allgemeine Morphologie der Phanerogamen.		
§ 1.	Allgemeines über die äußeren Organe der Phanerogamen	12
1.	Die fünf wichtigsten Organe der Phanerogamen	12
a)	Wurzel. b) Achse. c) Laubblatt. d) Pollenkorn. e) Samenknospe.	
2.	Übergangsformen zwischen den Hauptorganen	14
3.	Aus normalen Anlagen der Hauptorgane hervorgehende, von den Hauptorganen in äußerem, innerem Baue und in Funktion abweichende Organe: Umgestaltete Hauptorgane	14
a)	Umgestaltete Wurzeln: Wurzelknolle, Luftwurzel, Haftwurzel, Atmungswurzel, Schwimmwurzel, Saugwurzel, Dornenwurzel	15
b)	Umgestaltete Achsen: Achsenknolle, Fleischige Rhizome, Achsendornen, Achsenranken	15
c)	Umgestaltete Laubblätter: Die Blätter, α) Keimblätter, β) Niederblätter, γ) Hochblätter, δ) Perigonblätter, Kelchblätter, Kronenblätter, ε) Staubblätter, ζ) Fruchtblätter	16
4.	Die Nebenorgane der Phanerogamen	18
§ 2.	Die äußeren Organe als Glieder der Pflanze	18
1.	Die Verzweigung der Glieder der Phanerogamen: Progressive, akropetale, basipetale Entwicklungsfolge. Dichotome Entwicklung. Zweige. Podium. Monopodiale und sympodiale Verzweigungssysteme. Botrytische und cymöse Verzweigungssysteme	18
2.	Die Anordnung der Glieder an der Pflanze: Haupt- und Seitenglieder. Insertionsfläche und Insertionspunkt. Divergenzwinkel. Einzelstellung und Wirtelstellung der Glieder. Orthostiche	22
3.	Symmetrieverhältnisse der Diagramme der Organsysteme: Spitze. Basis. Wachstumsachse. Diagramm. Radiäre Gliedersysteme. Bilaterale Systeme. Dorsiventrale Systeme	25
§ 3.	Die beblätterten Achsen (Sprosse): Sprofs. Internodium. Knoten. Blattstellung. Beziehung zwischen Blättern und Zweigen des Sprosses. Deck-	

	Seite
blatt. Vorblätter. Beziehung zwischen Wurzeln und Blättern. Laubsprosse. Blüte. Knospe. Zwiebel	28
§ 4. Normale Folge und Stellung der Organe an der ganzen Pflanze: Keim- achse oder absolute Hauptachse. Hypokotyles Glied. Keimwurzel oder Hauptwurzel. Einachsige und mehrachsige Pflanzen. Nebenwurzeln. Ein- jährige, mehrjährige und ausdauernde Pflanzen	31
§ 5. Die Adventivsprosse und Adventivwurzeln: Unter anormalen Lebensbedin- gungen entstehende Adventivglieder. Im normalen Entwicklungsgange be- stimmter Pflanzen auftretende Adventivglieder	35

III. Allgemeine Anatomie der Phanerogamen.

§ 1. Die Hauptzellformen und die aus ihnen gebildeten Gewebeformen der Phanerogamen, sowie die wichtigsten Formen der Interzellularräume	36
I. Allgemeines über die Entwicklungsgeschichte, Morphologie und Physiologie der wichtigsten Zellformen und Gewebearten	36
A) Die Eizelle. Bau derselben. Cellulosemembran. Protoplast oder Proto- plasmakörper; Gliederung des letzteren in Cytoplasma, Zellkern, Chro- matophoren, Zellsaftvakuolen und Einschlüsse	36
B) Allgemeines über die Teilung der Eizelle, die Entstehung des Zell- gewebes, der Zellformen und Gewebearten. Zellgewebe, Zellformen, Gewebearten, Interzellularräume	39
C) Die wichtigsten geformten Bestandteile der Zelle, welche bei der Charakterisierung der Zellformen in Betracht kommen	41
1. Die Zellwand oder Zellmembran	42
a) Die Entwicklung der Zellwand und die Struktur derselben. Primäre Membran, Mittellamelle, Tüpfel und Tüpfelapparat, Membranperforationen	42
b) Chemische und physikalische Verschiedenheit der Membranlamellen und der aus ihnen aufgebauten Zellwände. Celluloselamellen, kollenchymatische Lamellen, Schleimlamellen, verholzte Lamellen, verkorkte Lamellen, verkieselte Lamellen	46
c) Aufbau der Zellwände aus den verschiedenen Lamellen	49
2. Der Protoplast oder der Protoplastkörper	50
a) Chromatophoren. Leukoplasten, Chloroplasten, Chromoplasten; Einschlüsse der Chromatophoren: Die Stärkekörner	51
b) Zellsaftvakuolen. Feste Einschlüsse der Zellsaftvakuolen: Oxalat- krystalle	56
c) Flüssige und feste Einschlüsse des Cytoplasmas	59
II. Beschreibung der wichtigsten Zellformen und Gewebeformen der Phane- rogamen	59
1. Meristemzellen	61
2. Parenchymzellen und Parenchymgewebe oder Parenchym	62
a) Chlorophyllparenchym, oder Assimilationsparenchym; b) Speicher- parenchym; c) Wasserparenchym; d) Leitparenchym und Ersatz- fasern.	
3. Kollenchymzellen und Kollenchym	64
4. Schutzzellen mit verkorkten Wänden	65
a) Epidermiszellen: α) Achsen- und Blattepidermiszellen; β) Wurzel- epidermiszellen	65
b) Endodermiszellen	66
c) Korkzellen	68
5. Sklerenchymelemente und Sklerenchymgewebe	69
a) Sklerenchymzellen; b) Sklerenchymfasern.	

	Seite
6. Sekretzellen	71
a) Ölzellen; b) Oxalatzellen; c) Milchsatzellen und Sekretzellen mit wasserlöslichen Inhaltsstoffen.	
7. Gegliederte Milchröhren	73
8. Ungegliederte Milchröhren	75
9. Siebröhren	76
10. Tracheen	78
a) Tracheiden; b) Gefäße.	
III. Beschreibung der wichtigsten Formen der Intercellularräume	79
1. Intercellulare Sekretbehälter	79
a) Die symplastischen Sekretbehälter; b) Die intercellularen Sekretbehälter; c) Sekretführende Destruktionslücken.	
2. Luftführende Intercellularräume	83
§ 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	84
1. Die Anordnung der Meristemkomplexe	84
Vegetationspunkt des Embryo und der Achse und Wurzel der erwachsenen Pflanze. Kambium oder Verdickungsring. Phellogen.	
2. Die Epidermis der Achsen, Blätter und Wurzeln und die dieses biologische System vertretenden und in seinen Hauptleistungen unterstützenden Gewebekomplexe: Korkschicht, Hypodermis und Wurzelhaube	85
3. Die Anordnung des Chlorophyllparenchyms	91
4. Die Anordnung der Tracheen und Siebröhren, die Leitbündel oder Gefäßbündel und ihre Scheiden	93
a) Tracheenstränge. b) Siebstränge. c) Leitbündel: Leitbündelscheide; Endodermis; radiale, kollaterale, bikollaterale, konzentrische Leitbündel.	
5. Die Anordnung der Sklerenchymelemente und der Kollenchymzellen	103
6. Die Anordnung der Milchröhren	105
7. Die Anordnung der Sekretzellen und anderer Sekretbehälter	106
8. Die Anordnung des farblosen Parenchyms	107
Anordnung in Wurzeln und Achsen von primärem Baue: Pleromscheide, Parenchym des Gefäßcylinders, Rindenparenchym, Markparenchym, Markstrahlenparenchym.	
9. Die Anordnung der luftführenden Intercellularräume und die die äußeren Endigungen der letzteren umgebenden Apparate, Spaltöffnungsapparate und Lenticellen	109
IV. Spezielle Morphologie und Anatomie der äußeren Organe der Pflanze und Pharmakognosie der als Drogen verwendeten Pflanzenteile.	
§ 1. Die Samen	114
1. Allgemeine Morphologie und Anatomie der Samen der Angiospermen: Entwicklungsgeschichte der Samenknospe. Die befruchtungsreife Samenknospe. Verschiedene Formen der Samenknospe. Die Weiterentwicklung der befruchteten Samenknospe. Der fertige Samen. Samenschale, Perisperm, Endosperm, Embryo, Nabel, Samenmund, Chalaza, Raphe, Arillus, Caruncula, Hüllperisperm, Hüllendosperm, Samendeckel	114
2. Die Aleuronkörner (Aleuron, Proteinkörner, Klebermehl)	127
3. Monographien wichtiger Samen-Drogen	129
a) Amygdalae dulces und amarae; Amygdalus communis	129
b) Semen Faenigraeci; Trigonella Faenumgraecum	137
c) Semen Lini; Linnm usitatissimum	142

	Seite
d) Semen Sinapis; Brassica nigra	146
e) Semen Strychni; Strychnos Nux vomica	151
f) Semen Papaveris; Papaver somniferum	157
g) Semen Colchici; Colchicum autumnale	161
h) Semen Myristicae; Myristica fragrans	164
4. Andere medizinisch verwendete Samen: Semen Arecae, Cacao, Calabar, Colae, Cydoniae, Sinapis albae, Hyoscyami, Jquirity, Ignatii, Indageer, Nigellae, Paeoniae, Paradisi, Paullinae, Pichurim, Psyllii, Ricini, Staphisagriae, Stramonii, Strophanthi, Tiglii, Tonco	175
§ 2. Die Wurzeln	177
1. Spezielle Morphologie der Wurzeln: Gestalt der Monokotyledonen- und Dikotyledonen-Wurzeln. Verkürzung, Verzweigung. Hauptwurzel, Hauptwurzelzweige, Nebenwurzel, Nebenwurzelzweige. Stellung der Nebenwurzeln an den Achsen. Normale Wurzeln. Übergangsformen. Umgestaltete Wurzeln	177
2. Anatomie der Wurzeln	180
a) Die Monokotyledonen-Wurzeln von normalem anatomischen Baue: Epidermis, Hypodermis, Rindenparenchym, Endodermis, radiales Gefäßbündel	181
β) Monokotyledonen-Wurzeln, welche einen anormalen anatomischen Bau besitzen: Wasseraufnehmende Luftwurzeln der Orchideen, dicke Luftwurzeln, zu Reservestoffbehältern ausgebildete Wurzeln von normalem und anormalem Baue	183
γ) Die Dikotyledonen-Wurzeln von normalem anatomischen Baue: a) Der primäre Bau. b) Der Übergang des primären Baues in den sekundären; Kambium oder Verdickungsring, sekundäre Rinde, sekundäres Holz, Rinde, Holz. c) Der normale sekundäre Bau der Wurzel. Reste der primären Gewebe: Gefäßstränge des primären Bündels, Aufsenrinde der Wurzel. Markstrahlen und Holzstränge des Holzes. Jahresringe des Holzes. Kambium und Markstrahlen der Rinde und Rindenstränge. Periderm der Wurzel. Borkenbildung	184
δ) Anatomie der Dikotyledonen-Wurzeln, welche ein anormales sekundäres Dickenwachstum zeigen: Wurzeln, welche den primären Bau beibehalten. Anomalieen des sekundären Baues: Kalumbowurzel, Psychotria Ipecacuanha, Taraxacum, Gentiana, Senega, Runkelrübe, Aconitum heterophyllum, Jalapenknolle. Biologische Bedeutung der Anomalieen	194
3. Monographieen wichtiger Wurzel-Drogen	199
A) Wurzeln von normalem Monokotyledonen-Baue:	
a) Radix Sarsaparillae; Smilax	199
B) Wurzeln von anormalem Monokotyledonen-Baue:	
b) Tubera Salep; Orchis	207
C) Wurzeln von normalem Dikotyledonen-Baue:	
1. Wurzeln, bei denen die primären Geweberegionen erhalten sind	
c) Radix Valerianae; Valeriana officinalis	215
d) Tubera Aconiti; Aconitum Napellus	219
2. Wurzeln von völlig normalem Baue:	
e) Radix Althaeae; Althaea officinalis	228
f) Radix Liquiritiae; Glycyrrhiza glabra	230
g) Radix Ratanhiae; Krameria triandra	236
h) Radix Sassafras; Sassafras officinalis	239
i) Radix Ononidis; Ononis spinosa	243
k) Die officinellen Umbelliferenwurzeln	247
α) Radix Levistici; Levisticum officinale.	
β) Radix Angelicae; Archangelica officinalis.	
γ) Radix Pimpinellae; Pimpinella Saxifraga und magna.	

	Seite
l) Radix Helenii; Inula Helenium	254
3. Wurzeln mit unbedeutenden anatomischen Anomalieen:	
m) Radix Taraxaci; Leontodon Taraxacum	258
n) Radix Colombo; Jateorrhiza Calumba	264
o) Radix Ipecacuanhae; Psychotria Ipecacuanha	268
D) Wurzeln von anormalem Dikotyledonen-Baue:	
p) Radix Gentianae; Gentiana lutea	275
q) Radix Senegae; Polygala Senega	283
r) Tubera Jalapae; Ipomoea Purga	293
4. Andere medicinisch verwendete Wurzeln	300
Radix Alkannae, Apocyni, Aristolochiae, Artemisiae, Avae, Baptisiae, Bardanae, Belladonnae, Berberidis, Caincae, Carlinae, Costi, Cynoglossi, Dictamni, Evonymi, Gentianae albae, Ginseng, Gossypii, Iwarancusae, Lapathi, Mei, Paeoniae, Pareirae, Petroselini, Pyrethri, Rhapontici, Sapo- nariae, Scammoniae, Sumbul, Symphyti, Turpethi.	



I. Einleitung.

§ I. Die Aufgabe der wissenschaftlichen Drogenkunde oder Pharmakognosie.

Die Hauptaufgaben des Apothekers sind, die zu ärztlichen Verordnungen verwendeten und die vom Publikum geforderten Arzneimittel 1. in echter, reiner und guter Qualität zu führen und 2. in richtiger Weise zu verabreichen.

Zu dem ersten Teile dieser Aufgabe soll für die unorganisierten Arzneimittel die pharmaceutische Chemie, für die organisierten Arzneimittel die wissenschaftliche Drogenkunde oder Pharmakognosie dem Apotheker die nötige wissenschaftliche Grundlage liefern.

Die Drogenkunde, von welcher dieses Buch allein handelt, soll danach zuerst und hauptsächlich lehren: 1. wie man eine Droge in ganzem, zerschnittenem und pulverisiertem Zustande von allen anderen Körpern unterscheiden kann, und 2. welche Eigenschaften die Droge besitzen muß, damit ihre Qualität als gut bezeichnet werden darf. Der erste Teil dieser Hauptaufgabe der Drogenkunde kann nun, soweit dieser pflanzliche Drogen betrifft, nur an der Hand einer eingehenden Kenntnis der wissenschaftlichen Lehre von dem äußeren und inneren Baue der Pflanze, der botanischen Morphologie und Anatomie, gelöst werden. In letzteren beiden Abschnitten der botanischen Wissenschaft sind die Resultate einer sorgfältigen, über eine große Zahl von Pflanzen ausgedehnten vergleichenden Untersuchung der äußeren Glieder und inneren Gliederung der Pflanzen niedergelegt; diejenigen Eigenschaften, welche den meisten der äußeren Glieder der Pflanze, den Wurzeln, Samen etc., gemeinsam sind, findet man darin genau festgestellt und die Gesichtspunkte entwickelt, nach welchen man die verschiedenen Glieder der Pflanze und die verschiedenen Species einer Art von Gliedern voneinander unterscheiden kann. Wir finden also für unser Ziel, die Drogen von anderen Pflanzenteilen zu unterscheiden, in dieser Disciplin eine Summe von wichtigen Thatsachen und Gesichtspunkten. Zum Verständnis der Morphologie und Anatomie, deren Grundlagen ich in dieses Buch aufgenommen habe, ist jedoch

wiederum die Kenntnis aller übrigen Abschnitte der botanischen Wissenschaft nötig, und es ist deshalb zweckmäßig, ja nötig, daß jeder, welcher Drogenkunde treiben will, auch mit den Grundlagen der allgemeinen Botanik vertraut ist. Für die Studierenden der Hochschulen genügt es zu diesem Zwecke, wenn sie einer Vorlesung über allgemeine Botanik mit Verständnis gefolgt sind, andere können sich das Nötige durch Studium eines Elementarlehrbuches der Botanik erwerben. Solche kleine Lehrbücher sind z. B.: Luerssen, Grundzüge der Botanik; Prantl, Lehrbuch der Botanik, Leipzig. Die größeren Lehrbücher von Sachs und Goebel, Reinke, Wiesner sind erst für Fortgeschrittenere zu empfehlen. Trotz ihrer Bedeutung für die Drogenkunde ist selbstverständlich die Botanik kein Teil der Drogenkunde, sondern sie ist als die wichtigste Hilfswissenschaft derselben zu betrachten; botanische Thatsachen werden erst ein Teil der Pharmakognosie, wenn wir sie für die vorwiegend praktischen Zwecke der Drogenkunde verwenden, wenn wir sie dazu benutzen, Kennzeichen für die medizinisch verwendeten Pflanzenteile mittels ihrer Methode und auf Grundlage ihres Wissensschatzes aufzusuchen. Solche Kennzeichen sind nun an der Hand botanischer Kenntnisse für die unzerkleinerten Drogen leicht, schwieriger für die geschnittenen und noch schwieriger für die pulverisierten Drogen aufzustellen. Aber gerade auf die Methoden zur Erkennung der Pflanzenpulver müssen wir heute in der Drogenkunde sorgfältig Rücksicht nehmen; denn es ist eine durch den Zwang der Verhältnisse hervorgerufene Thatsache, daß heute die meisten Apotheker die Mehrzahl der Pflanzenpulver von den Großdrogisten kaufen, und die Apotheker müssen deshalb, wollen sie dem Publikum, dem Staate nicht geringere Garantie für die Echtheit der ihnen gelieferten Pulver bieten als der Drogist, die Pulver auf Reinheit und Güte zu prüfen verstehen. Es wäre jedoch falsch, wollte man in der Drogenkunde nur Kennzeichen aufstellen, mittels deren man die eine gebräuchliche Droge von einer anderen der gebräuchlichen unterscheiden könnte, ein Prinzip, welches vielfach durchzuführen versucht wurde, es soll vielmehr die wissenschaftliche Drogenkunde den Apotheker, wie gesagt, so auszurüsten versuchen, daß er eine bestimmte Droge von allen anderen Pflanzenteilen zu unterscheiden vermag.

Dazu hat die Drogenkunde zuerst eine eingehende wissenschaftlich-botanische Beschreibung der einzelnen Drogen zu liefern, an deren Hand sich der Apotheker mit allen wichtigen Kennzeichen vertraut machen kann, wenn er nach Anleitung der Beschreibung ein sicher echtes Stück der Droge in der richtigen Weise betrachtet und so auch noch das, was mit Worten nicht kurz oder nicht genau auszudrücken ist, durch eigene Anschauung ergänzt. Ferner hat die Drogenkunde dazu noch auf die eventuell verwendbaren chemischen Kennzeichen der Echtheit aufmerksam zu machen.

In Bezug auf das zweite Hauptziel der wissenschaftlichen Drogenkunde, zu lehren, wie man die Qualität einer Droge beurteilen soll, muß

dieselbe eine Reihe von anderen Thatsachen mitteilen. Zu diesen gehören zuerst die Angaben über Kultur, Einsammelzeit und Zubereitung der Drogen. Kennt man diese Thatsachen, so kann man auf Grundlage allgemeiner chemischer und botanischer Erfahrung oft leicht Schlüsse über die Kennzeichen der guten Qualität einer Droge ableiten. Weiß man z. B., daß die richtige Einsammelzeit der Akonitknollen der Herbst ist, so kann die Qualität jeder Akonitknolle als schlecht bezeichnet werden, deren morphologischer und anatomischer Bau erkennen läßt, daß sie in früherer oder späterer Jahreszeit gesammelt wurde. Pflanzenteile, von denen man weiß, daß sie nur bei gewöhnlicher Temperatur möglichst schnell getrocknet werden müssen, wenn ihre wirksamen Bestandteile erhalten bleiben sollen, dürfen keine Veränderungen in ihren Zellen zeigen, welche auf stärkere Erhitzung oder langsames Trocknen in feuchter Atmosphäre hindeuten. Was man in dieser Beziehung verlangen muß, lehrt am besten die Vergleichung von frischem und selbst sorgfältig getrocknetem Materiale. Solche Beobachtungen werden auch lehren, daß man oft imstande ist, alte und schlecht aufbewahrte Drogen vom frischen auch an anatomischen Merkmalen, z. B. an der Beschaffenheit der Sekrete, welche beim Altern der Drogen verharzen, zu erkennen. Nicht in allen Fällen werden aber die Drogen in der besprochenen Weise getrocknet; so wird z. B. die Jalapenknolle über Feuer getrocknet, die Orchisknolle vor dem Trocknen gebrüht, und in diesem Falle muß man dann ganz andere Kennzeichen für die Güte der Droge aufstellen. Auch die Kenntnis der Verteilung der wirksamen Bestandteile in dem Gewebe der Drogen kann von Bedeutung für die Beurteilung der Qualität einer Droge, vorzüglich der Qualität von Pulvern sein. So muß ein Pulver der Brechwurzel, welches viele der Zellen des Holzkörpers enthält, weniger wirksam sein, als ein solches, welches reich an Rindenparenchym ist, da das Emetin hauptsächlich in der Rinde der Droge vorkommt.

Die Prüfung des Gehaltes der Drogen an medizinisch wirksamen Bestandteilen ist ferner ein Punkt, welcher für die Beurteilung der Güte der Drogen wichtig, hie und da, wie z. B. bei den Chinarinden, die wichtigste Methode zur Feststellung der Qualität ist. Eigentlich sollten deshalb in der Drogenkunde auch die Methoden der quantitativen Bestimmung der wirksamen Bestandteile mitgeteilt werden; ich habe sie nur deshalb nicht alle aufgenommen, weil mir dieselben meist zu wenig durchgearbeitet erscheinen und bald besseren Platz machen werden, deshalb wohl zweckmäßiger in der periodischen chemischen Litteratur nachzusehen sind. Dagegen wurden die Zahlen für den Gehalt an wirksamen Bestandteilen angeführt, wo er bekannt war.

Außer den zur Beurteilung der Echtheit und Güte der Drogen nötigen, für sie bedeutungsvollsten Thatsachen soll die Drogenkunde drittens das Wichtigste dessen mitteilen, was die verschiedenen Wissenschaften sonst noch über die Drogen erforscht haben; sie soll diese Kenntnisse sammeln und sichten. Von diesem Gesichtspunkte aus ist es

berechtigt, daß auch Angaben über geographische Verbreitung der Stammpflanzen der Drogen, Handelsverhältnisse, Geschichte der Anwendung der Drogen u. s. w. Aufnahme in die Monographien der Drogen finden.

§ 2. Über die Ausführung der botanischen Untersuchung der Drogen.

In diesem Kapitel will ich eine ganz kurze Anleitung zur Ausführung der botanischen Untersuchung der Drogen geben, welche einiges Allgemeine enthalten soll, dessen Besprechung in den Monographien der Drogen, in denen ja stets eine besondere Anleitung zur botanischen Untersuchung gegeben ist, nicht Platz finden konnte. Wenn auch langsamer als unter Anleitung eines Lehrers, wenn auch mühsamer und durch manchen vergeblichen Versuch aufgehalten, kann es doch jeder, der mit Ausdauer sein Ziel verfolgt, auch ohne Unterricht in einem wissenschaftlichen Institute, zum vollen Verständnis der Methode und zur Beherrschung des Materials bringen, wenn er unter Benutzung der hier gegebenen Winke, nach Anleitung des Textes und der Abbildungen der in diesem Buche enthaltenen Monographien der Drogen einige Drogen genau und sorgfältig untersucht und dabei die allgemeinen Kapitel studiert. Er wird dann auch bald sehen, daß sein Verständnis für die mikroskopischen Bilder wächst, daß er sich in dem Chaos von Formen zurechtfinden lernt, daß er auch mikroskopisch sehen lernt. Hat er erst im mikroskopischen Sehen eine gewisse Fertigkeit erlangt, so wird er mit Leichtigkeit alles das leisten können, was die Praxis des Apothekers und ebenso die des Nahrungsmittel-Chemikers je von ihm verlangen kann.

Wer sich übrigens über den Gebrauch der Instrumente und die mikroskopischen Untersuchungsmethoden näher unterrichten will, dem empfehle ich die musterhaften Bücher von Eduard Strasburger. Diese sind: Strasburger, Das botanische Praktikum, Anleitung zum Selbststudium der mikroskopischen Botanik, für Anfänger und Geübte, zugleich ein Handbuch der mikroskopischen Technik, Jena 1887, oder das billigere und kürzere Werk: Strasburger, Das kleine botanische Praktikum für Anfänger, Gustav Fischer, Jena.

a. Die morphologische Untersuchung der Drogen.

Von den Drogen, deren Untersuchung man vornehmen will, weicht man, wenn diese Drogen, wie die meisten Wurzeln, Achsen, Blätter etc. beim Trocknen geschrumpft sind, einige Stücke so lange in Wasser ein, bis sie nicht weiter an Volumen zunehmen. Die aufgeweichten Blätter breitet man dann flach aus, Wurzeln und Rhizome reinigt man sorgfältig von anhängender Erde u. s. w. Zweckmäßig ist es oft, einige Stücke der aufgeweichten Drogen in 85prozentigen Spiritus zu bringen, weil dann

ihre Form erhalten bleibt, und die Objekte auch zur anatomischen Untersuchung häufig geeigneter werden.

Die unveränderten und eingeweichten Drogenstücke untersucht man dann mit bloßem Auge und Lupe auf ihre morphologischen Eigenschaften. Man stellt nach äußeren Merkmalen, soweit es angeht, fest, aus welchen Organen sie zusammengesetzt sind, oder zu welcher Klasse von äußeren Organen der Pflanze die Droge zu rechnen ist, oder welchem Teile eines Organes sie angehört. Ferner untersucht man jede äußerlich auftretende konstante Erscheinung und sucht sie zu deuten, z. B. Schnittnarben, Blattnarben, Korkleisten u. s. w. als solche nachzuweisen, die Lage der Raphe, des Nabels etc. an den Samen aufzufinden. Aus verschiedenen Organen zusammengesetzte Drogen zerlegt man in ihre einzelnen Organe, z. B. Blüten in Kelch-, Kronen-, Staub- und Fruchtblätter, die man einzeln auf ihre besonderen Merkmale prüft, Früchte zerlegt man in Perikarp und Samen, Samen in Samenschale, Endosperme und Embryo u. s. w. Mit einem Worte, man gehe darauf aus, alle morphologischen Eigenschaften einer Droge genau festzustellen.

Oft genügt die Untersuchung der Droge nicht für das volle Verständnis der Morphologie derselben, dann muß man den Pflanzenteil, aus welchem die Droge besteht, im Zusammenhange mit der ganzen Pflanze, womöglich der ganzen lebenden Pflanze, in manchen Fällen sogar die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenteile genau studieren. Näheres über die Methode der Untersuchung lernt man beim Durcharbeiten der einzelnen, in den Monographien niedergelegten Beispiele.

b. Die anatomische Untersuchung der Drogen.

a. Die Instrumente.

Zur anatomischen Untersuchung der Drogen bedarf man einer Reihe von Instrumenten, von denen ich die nötigsten und für den Apotheker zweckmäßigsten angeben will.

Für diejenigen, welche solche Instrumente anschaffen wollen, erwähne ich einzelne, von bestimmten bewährten Firmen gefertigte Apparate als Beispiele, selbstverständlich thun ähnliche von anderen Firmen die gleichen Dienste.

Man schaffe sich vier Arten von Messern an: ein gewöhnliches Küchenmesser, mit dem man harte Drogen zerschneiden oder zerschlagen kann, ein Skalpell, mit welchem man Schnittflächen glätten kann, ein noch nicht hohl geschliffenes, gewöhnliches Rasiermesser mit keilförmiger Schneide zum Anfertigen mikroskopischer Schnitte von harten Gegenständen und ein feines, hohl geschliffenes Rasiermesser mit ganz dünner, nicht zu harter Schneide zum Herstellen zarter Schnitte aus weichen Objekten, welches man sich am einfachsten von einem Barbier abziehen läßt und vor dem Schneiden jedesmal selbst auf einem Streichriemen (Chinesischer Streichriemen Nr. 2 von C. Zimmer, Berlin W., Taubenstr. 39,

ist zu empfehlen) abzieht. Ferner braucht man von derartigen Instrumenten eine Pincette mit zarten Spitzen und ein Paar gerade Präpariernadeln, an deren Stelle fest in Holzstäbchen oder Häkelnadelhalter gesteckte Nähnadeln dienen können, zum Zerzupfen etc. der Präparate unter dem Mikroskope. Alle diese Instrumente bestellt man in Handlungen chirurgischer Instrumente, unter Angabe, daß sie zu mikroskopischen Zwecken dienen sollen.

Von optischen Instrumenten braucht man zuerst eine gute Lupe, welche ungefähr 15fach vergrößert, wie z. B. Lupe Nr. 130 von Zeifs in Jena, die 4 Mk. kostet und zu dem zweckmäßigen Präparierstativ Va von Zeifs paßt. Ferner bedarf man eines einfachen, aber guten Mikroskopes. Ein Stativ, 1 oder 2 Okulare und 2 oder 3 Objektive genügen. Von C. Zeifs in Jena würde man z. B. Stativ VIIa., Okular II und III, Objektiv B, D und F nach Preisliste Nr. 27 von 1885 wählen, von W. und H. Seibert in Wetzlar Stativ Nr. 6, Okular I, Objektive II und V nach Liste von 1888, von R. Winkel in Göttingen Stativ 5a, Okular 2 und 5, Objektive 3, 5 und 8 nach Preisliste von 1884. Im allgemeinen wähle man ein einfaches, nicht zu hohes, nicht umlegbares Stativ mit Cylinderblende und 3 Objektive, welche mit einem schwächeren Okulare etwa 80-, 200-, 500fach vergrößern.

Zum Nachzeichnen der Umrisse der Zellen ist in vielen Fällen ein Zeichenprisma sehr nützlich. Das Zeichenprisma Nr. 71 der Preisliste von Zeifs, bei dessen Benutzung man das Zeichenpapier auf ein um 25° geneigtes Zeichenpult legen muß, ist zu empfehlen. Objektträger, welche zweckmäßigerweise die Seitenlängen $32 + 62$ mm besitzen, und quadratische Deckgläser von 18 mm Seitenlänge bezieht man von Heinrich Vogel in Gießen oder Theodor Schröter in Leipzig, Windmühlengasse 23. Mit diesen Angaben wird sich ein Anfänger zurechtfinden. Näheres findet er in Strasburgers Praktikum.

β. Die mikrochemischen Reagentien.

Im speziellen Teile dieses Buches sind eine Reihe von mikrochemischen Reagentien angeführt, zu denen hier die Vorschriften zugleich mit einigen Notizen über die Anwendung der Reagentien gegeben werden sollen.

Chloralhydratlösung: 5 T. Chloralhydrat werden in 2 T. Wasser gelöst. Die Lösung ist zum Aufhellen der Schnitte sehr zweckmäßig, da die meisten Inhaltsstoffe der Zellen meist schnell, nach einigen Minuten, selten langsamer gelöst werden oder stark verquellen, während die Zellmembranen kaum angegriffen werden. Härtere Objekte, z. B. Schnitte durch Hölzer, darf man auch mit einem Tropfen der Lösung auf dem Objektträger zur Entfernung der Luft kochen. In manchen Fällen setzt man dann zweckmäßigerweise vor dem Kochen etwas Glycerin zu dem Tropfen der Lösung. Will man Präparate, welche mit Chloralhydrat-

lösung aufgehellt sind, aufbewahren, so setzt man ein wenig Glycerin zu dem unter dem Deckglas in Chloralhydrat liegenden Präparate und läßt dann das Präparat frei liegen, bis das Wasser verdunstet ist; dann kann man das Präparat einschließen. Chloralhydratlösung verträgt sich mit Anilinlösung, Chlorzinkjod, Salzsäure, Jodjodkalium, Chloraljod, Eisenchlorid, Essigsäure, und es können deshalb die Präparate direkt aus der Chloralhydratlösung in die aufgezählten Reagentien gebracht werden. Die Lösung hat vor der früher viel zum Aufhellen benutzten Kalilauge, welche sie ersetzen soll, vieles voraus.

Chlorzinkjod: Man bereitet eine gesättigte Lösung von Chlorzink in Wasser, verdünnt mit $\frac{1}{10}$ des Gewichtes der Lösung Wasser und fügt zu 100 Teilen der Lösung 6 T. Jodkalium und so viel fein geriebenes Jod, daß nach längerem Stehen der Lösung noch ein Überschufs von Jod bleibt. Die Lösung färbt Cellulosemembranen violett, verkorkte und verholzte Membranlamellen braun, Cytoplasma und Zellkern braun, Stärke unter Quellung blau.

Anilinlösung: Man löst 1 g Anilinsulfat oder Anilinhydrochlorat in 5 ccm Salzsäure, 5 ccm Spiritus und 10 ccm Wasser. Die Lösung färbt verholzte Zellwände gelb.

Chromsäure: 15 g Chromsäure in 15 ccm Wasser gelöst. Diese Lösung zerstört den Zellinhalt und die Zellwände allmählich völlig. Von den Zellmembranen werden die Cellulosemembranen schnell, etwas langsamer die verholzten, sehr langsam, erst nach Tagen die verkorkten (und verkieselten) gelöst. Man kann demnach mit diesem Reagens die verkorkten Zellwände isolieren und nachweisen.

Kupferoxydammoniak: Man stellt dieses Reagens dar, indem man Schnitzel von Kupferblech in eine unten eng ausgezogene, durch einen Kautschukschlauch und Quetschhahn verschlossene Röhre giebt, mit möglichst konzentriertem Ammoniak übergießt, eine halbe Stunde stehen läßt, die Ammoniakflüssigkeit abläßt, so daß die Luft eine halbe Stunde auf das Kupferblech einwirken kann, dann die Flüssigkeit wieder aufgießt, nach einer halben Stunde wieder abläßt und so fortfährt, bis sich die Lösung nicht mehr tiefer blau färbt. Kupferoxydammoniak löst Cellulosemembranen und wird als Reagens für die Schleimlamellen benutzt.

Chloraljod: In eine Lösung von Chloralhydrat (5+2 aqu.) giebt man so viel pulverisiertes Jod, daß nach längerem Stehen ein kleiner Überschufs des letzteren vorhanden bleibt. Die Lösung verquillt Stärkekörner und färbt sie zugleich blau. Sie dient zum Nachweis kleinster Stärkemengen.

Kaliumchlorat und Salpetersäure, Schultzes Macerationsflüssigkeit, wird benutzt, um Gewebe so zu lockern, daß sich einzelne Elemente der-

selben isolieren lassen. Man bringt zu dem Zwecke ganz kleine Stückchen dicker Längsschnitte der Pflanzenteile in ein Reagenzglas, übergießt sie mit etwas Salpetersäure, fügt einige Körnchen Kaliumchlorat hinzu und erhitzt einige Minuten, bis die Gewebe farblos geworden sind und zu zerfallen beginnen. Man gießt dann die Säure mit den Pflanzenteilen in ein Schälchen mit Wasser, wäscht sie mit Wasser nochmals aus und trägt sie dann in einen auf dem Objektträger befindlichen Tropfen Glycerin, Chloralhydrat oder Wasser ein, in welchem man die Schnitte mittels der Präpariernadeln in ihre Elemente zerzupft.

Jodjodkalium: Eine Lösung von 20 g Jodkalium und 13 g Jod in 100 ccm Wasser.

Bleiessig: 30 g Bleiacetat und 10 g Bleioxyd werden mit 10 ccm Wasser im Wasserbade erhitzt und nach dem Weißwerden mit 90 ccm Wasser verdünnt. Man läßt absetzen und filtriert.

Hansteins Anilinviolett: Eine gesättigte Lösung von gleichen Teilen Fuchsin und Anilinviolett in Spiritus.

Kaliumhydroxydlösung: 1 g Kaliumhydroxyd in 5 ccm Wasser gelöst.

Salzsäure . . . vom spez. Gewicht 1,124, also 25 % HCl.

Konzentrierte

Schwefelsäure	"	"	"	1,084,	"	97	"	SO ⁴ H ² .
Salpetersäure	.	"	"	1,185,	"	30	"	NO ³ H.
Essigsäure	.	"	"	1,041,	"	30	"	C ² H ⁴ O ² .
Spiritus	.	"	"	9,790,	"	99	"	C ² H ⁶ O.
Eisenchloridlösung								1+5.

γ. Die Präparation und Untersuchung der Objekte.

Ehe man zur Herstellung von feinen mikroskopischen Schnitten schreitet, orientiert man sich mittels der Lupe über die verschiedenen anatomischen Regionen der Organe, z. B. über die Dicke der Rinde, der Korkschicht von Wurzeln und Achsen, über die Verteilung der Gefäßbündel etc. Am besten stellt man sich an Achsen und Wurzeln dazu dreierlei Schnittflächen her, eine Querschnittfläche, eine radiale Längsschnittfläche und einige Tangentialschnittflächen aus verschiedenen Tiefen des Organes. Unter einer Querschnittfläche versteht man im allgemeinen eine Schnittfläche, welche rechtwinklig zur Wachstumsachse irgend eines Organes liegt. In Wurzeln und Achsen fällt die Wachstumsachse mit der Längsachse der Organe zusammen. Will man also eine Querschnittfläche z. B. an einer dicken Wurzel herstellen, so schneidet man sie zuerst mit dem Küchenmesser quer durch und bearbeitet dann die Schnittfläche so lange mit dem Skalpell, bis sie völlig eben und glatt ist und genau

senkrecht zu dem direkt unter ihr liegenden Stück der Wurzel orientiert ist. Eine solche Querschnittfläche trifft dann bei Achse und Wurzel, sowie bei den Nerven der Blätter auch die meisten der Zellen

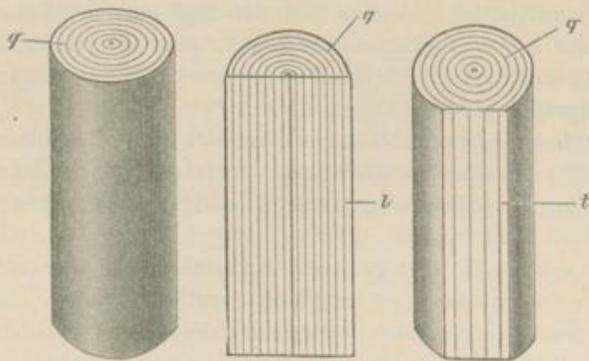


Fig. 1.

Schema dreier Achsenstücke mit Querschnittfläche *q*, radialer Längsschnittfläche *l* und Tangentialschnittfläche *t*.

genau quer und gestattet die beste Übersicht über die Anordnung der Zellformen. In der schematischen Abbildung der 3 angeschnittenen Achsenstücke bedeuten *q* die Querschnittflächen. Eine radiale Längsschnittfläche nimmt einen Radius der Querschnittfläche in sich auf und steht senkrecht auf der letz-

teren. Eine Wurzel ist also zur Herstellung einer derartigen Fläche genau in der Mitte, der Länge nach zu spalten, und die Spaltungsfläche ist zu glätten. Unter einer Tangentialschnittfläche versteht man im allgemeinen eine parallel der natürlichen Oberfläche der Organe liegende Schnittfläche. Die Tangentialschnittfläche wird bei einer Wurzel oder einer Achse so hergestellt, daß sie senkrecht zu einem Radius der Querschnittfläche und parallel der Wachstumsachse liegt. In Fig. 1 ist eine solche Schnittfläche mit *t* bezeichnet. Von Samen und Früchten stellt man sich eine Längsschnittfläche und eine Querschnittfläche her, um die verschiedenen Schichten wie Perikarp, Samenschale, Endosperm etc. auch so nochmals in ihrem Aussehen kennen zu lernen. Kleine Gegenstände, wie Samen, kleine Früchte oder auch Blätter lassen sich schlecht schneiden, wenn man sie frei mit den Fingern faßt, man klemmt sie deshalb am besten in einen Kork oder, wenn sie weich sind, in ein Stückchen trockenes Hollundermark ein und führt die Schnitte zugleich durch Objekt und Kork oder Hollundermark.

Hat man die Schnittflächen mit der Lupe untersucht, so schreitet man zur Herstellung von mikroskopischen Schnitten. Zu dem Zwecke legt man das Rasiermesser flach auf die Schnittfläche und zieht es über dieselbe möglichst flach weg, während man zugleich ein ganz dünnes Scheibchen von der Schnittfläche wegzuschneiden versucht. Derartig gewonnene Scheibchen nennt man mikroskopische Schnitte, und je nachdem sie von einer Querschnitt-, Längsschnitt- oder Tangentialschnittfläche gewonnen wurden, einen Quer-, Längs- oder Tangentialschnitt.

Zur mikroskopischen Untersuchung bringt man diese Schnitte, welche

um so dünner sein müssen, bei je stärkerer Vergrößerung sie untersucht werden sollen, auf einen Objektträger, zuerst in ein Tröpfchen Chloralhydratlösung, bedeckt sie mit einem Deckglase, läßt sie liegen, bis sie genügend aufgehellt sind, und untersucht sie dann zuerst mit schwacher, dann mit stärkerer Vergrößerung. Andere Schnitte legt man in Wasser, um auch den Inhalt der Zellen studieren zu können, oder in verdünntes Glycerin. Über die Anwendung der übrigen Reagentien findet man weitere Angaben in den Monographien der Drogen.

Sehr dünne Objekte, wie Blumenblätter, eignen sich nach Aufhellung mit Chloralhydrat oft zur direkten Beobachtung; auch die verschiedenen Häute, welche man beim morphologischen Zerlegen der Samen erhält, sind oft dünn genug für diese Verwendung.

Will man sicher sein, daß man in einem Schnitte nichts übersieht, so thut man am besten, wenn man eine möglichst sorgfältige Skizze desselben entweder mit dem Zeichenprisma oder aus freier Hand entwirft. Auf die Schönheit der Bilder kommt es dabei nicht an, nur suche man sich über die Natur eines jeden Elementes, welches man zeichnet, genau Rechenschaft zu geben. Meine Erfahrung hat mich übrigens gelehrt, daß jeder mit einigem Fleiß es zu einer genügenden Fertigkeit im Zeichnen bringen kann. Auf diese Weise kann man sich also über die Anordnung und im allgemeinen auch über die Form der Zellelemente orientieren.

Die so gewonnenen Kenntnisse genügen übrigens meist noch nicht, wenn es sich um Untersuchung eines Pflanzenpulvers handelt, dessen Echtheit und Güte man nachweisen will.

Will man das Pulver einer bestimmten Droge, deren Anatomie man bis zu dem eben besprochenen Punkte kennen gelernt hat, auf Echtheit und Reinheit prüfen lernen, so muß man noch weiter darauf ausgehen, die Zellelemente in der Form zu studieren, wie sie bei der Betrachtung des Pulvers gewöhnlich zur Anschauung kommen.

Von Wurzeln und Achsen und deren Teilen sprengt man Längsplitter aus verschiedener Tiefe des Gewebes los, maceriert sie in Kaliumchlorat und Salpetersäure, isoliert die Zellen und untersucht sie einzeln auf Form, Größe und Membranbau. Von den Korkschichten und der Epidermis stellt man Tangentialschnitte her und untersucht sie genauer u. s. w. Bei Objekten, wie die Samen, bei denen die Elemente der Samenschale, des Endosperms etc. häufig dünne Häute bilden, die sich beim Pulverisieren leicht voneinander abheben, ohne daß sich die Zellen, welche sie bilden, seitlich voneinander trennen, thut man oft gut, wenn man die verschiedenen Zellschichten durch Aufweichen in heißer Ätzkalilösung lockert und durch Schaben mit einem kleinen Skalpell oder einer Starnadel voneinander trennt und dann die Fetzen von der Fläche betrachtet. Hat man sich so noch eingehender mit allen Einzelheiten bekannt gemacht, so geht man schließlichs dazu über, echte Pulver der Droge von verschiedener Feinheit in Wasser, Chloralhydrat, Glycerin, Chromsäure, Anilinlösung zu bringen, alle Elemente aufzusuchen, welche man genau kennen gelernt hat,

sich zu merken, welche Zellen gewöhnlich im Zusammenhang bleiben und von welcher Seite sie gewöhnlich gesehen werden. Auch hier ist das Zeichnen der Elemente von großem Nutzen. Am besten zeichnet man die auffallendsten Zellformen bei einer bestimmten Vergrößerung mit dem Zeichenprisma. Zeichnet man dann die Elemente eines auf Reinheit zu prüfenden Pulvers der gleichen Droge genau bei derselben Vergrößerung, so kommen die Unterschiede der Form und Größe viel besser zur Geltung als bei direkter Vergleichung der mikroskopischen Bilder. Hat man so eine volle Kenntnis eines bestimmten Pulvers erlangt, so ist es leicht, jedes fremde Element in demselben aufzufinden. Eine andere Methode, mit Sicherheit ein Drogenpulver auf Verfälschung mit anderen Pflanzenpulvern zu prüfen, giebt es nicht.

II. Allgemeine Morphologie der Phanerogamen.

§ 1. Allgemeines über die äußeren Organe der Phanerogamen.

An den meisten phanerogamen Pflanzen findet man zur Blütezeit derselben als leicht zu unterscheidende, auch dem Laien sofort auffallende Organe die Wurzeln, den Stamm, die Laubblätter und die Blüten.

Die eingehende wissenschaftliche Betrachtung dieser Organe bei den verschiedenartigsten Pflanzen lehrt, daß Wurzeln, Stämme (besser Achsen genannt) und Laubblätter bei den allermeisten Pflanzen ganz gleiche Eigenschaften besitzen, so daß wir Merkmale aufstellen können, nach denen die drei Organe in den meisten Fällen leicht voneinander zu unterscheiden sind. Wurzeln, Achsen und Laubblätter, deren Eigenschaften solche sind, die den meisten dieser Organe zukommen, nennt man normale (typische) Wurzeln, Achsen oder Laubblätter.

Gegenüber diesen einfachen Organen der Pflanze, erscheint bei wissenschaftlicher Betrachtung die Blüte als ein aus verschiedenen einfachen Organen zusammengesetztes Organ, welches nicht in Parallele mit Achse, Wurzel und Blatt zu stellen ist. Es zeigt sich, daß die Blüte aus einer Achse, aus laubblattähnlichen Gliedern (Kelch-, Blüten-, Staub-, Fruchtblättern) und aus zwei von den bisher genannten in ihren Eigenschaften völlig verschiedenen und leicht zu definierenden Organen, den Pollenkörnern und den Samenknospen, zusammengesetzt ist.

1. Die fünf wichtigsten Organe der Phanerogamen.

Es hat sich danach als zweckmäßig für die wissenschaftliche Betrachtung der Phanerogamen herausgestellt, fünf wesentlich voneinander verschiedene Hauptorgane (wichtigste Organe) in den Vordergrund der morphologischen Betrachtung zu stellen. Diese sind: a) Wurzel, b) Achse (Stamm oder Stengel), c) Laubblatt, d) Pollenkorn, e) Samenknospe.

Wenn wir uns nach charakteristischen Kennzeichen und Unterscheidungsmerkmalen dieser fünf Organe der Phanerogamen umsehen, so ist zuerst zu betonen, daß diese, sollen sie einigermaßen durchgreifend sein, vom allgemeinen botanischen Standpunkte gegeben werden müssen.

Von diesem Standpunkte aus lassen sich danach folgende wichtigste Kennzeichen für die fünf wichtigsten äußeren Organe der Phanerogamen aufstellen, welche also auch bei der Betrachtung und Charakterisierung der Drogen zuerst zu benutzen sind, nach welchen man zuerst zu bestimmen hat, ob eine Droge eine Wurzel, eine Achse, ein Laubblatt genannt werden muß oder mehrere dieser Organe enthält. Samenknospe und Pollenkorn kommen bei den Drogen nur insofern in Betracht, als sie einen Bestandteil der Blüte bilden.

a) Die normale Wurzel (Hauptwurzel oder Nebenwurzel) ist ein cylindrisches Gebilde. Ihr Vegetationspunkt liegt an der Spitze, ist aber bedeckt von einer Wurzelhaube. Sie besitzt in ihrem primären Zustande stets einen charakteristischen anatomischen Bau (Radiales Gefäßbündel, Endodermis, primäre Rinde, Wurzelhaare etc.). Sie trägt niemals Blätter. Ihre Zweige entstehen stets endogen. Die Wurzel ist positiv geotropisch. Ihre physiologische Funktion besteht in erster Linie, solange sie sich im primären Zustande befindet, in der Aufsaugung der Bodennahrung, später dient sie, wie die Achse, nur als Leitungsorgan für die Bodenflüssigkeit und die von den Blättern erzeugten Nährstoffe. In zweiter Linie dient die normale Wurzel zur Befestigung der Pflanze im Boden.

b) Die normale Achse ist gleichfalls ein cylindrisches Gebilde. Sie besitzt einen frei an der Spitze liegenden Vegetationspunkt. Ihr anatomischer Bau ist im primären Zustande charakteristisch und weicht von dem der Wurzel weit ab. Die Zweige der Achse entstehen stets exogen aus oberflächlich gelegenen Zellschichten des Mutterorgans. Die normale Achse erzeugt und trägt Blätter. Die physiologische Funktion der Achse besteht hauptsächlich in der Leitung aller Nährstoffe nach den Organen, welche sie trägt (z. B. Wurzeln, Blätter, Samenknospe).

c) Das normale Laubblatt ist ein flächenförmig ausgebreitetes Gebilde. Der Vegetationspunkt des Laubblattes liegt nicht an der Spitze desselben, vielmehr bilden sich die Zellen an der Spitze des Blattes frühzeitig aus, während an der Basis des Blattes die Zellvermehrung und das Zellwachstum längere Zeit fort dauert. Die Anatomie des Laubblattes ist eine charakteristische. Die Zweige der Blätter entstehen wie die der Achse exogen. Das Laubblatt erzeugt und trägt keine Achsen. Die physiologische Funktion des Laubblattes besteht hauptsächlich in der Assimilation des Kohlenstoffes; es ist das wichtigste Assimilationsorgan der Pflanze.

d) Das Pollenkorn ist ein kugelförmiges, seltener cylindrisches, nur aus zwei oder mehreren von einer gemeinsamen derben Haut umschlossenen Zellen bestehendes Gebilde, welches die zur Befruchtung der Eizelle dienende männliche Geschlechtszelle erzeugt. Die Pollenkörner entstehen meist im Innern des Gewebes blattartiger Organe (in anormalen Fällen im Innern von Achsenorganen).

e) Die Samenknospe ist ein sehr kleines, rundliches, aus hauptsächlich meristematischem Gewebe bestehendes Gebilde, in welchem die Eizelle entsteht. Sie bildet sich entweder an Achsen oder an Blattorganen, stets exogen. Die Samenknospe entwickelt sich nach

der Befruchtung zum Samen, die Eizelle der Samenknospe zum Embryo. Pollenkorn und Samenknospe kann man als hauptsächliche, geschlechtliche Fortpflanzungsorgane zusammenfassen und den hauptsächlichen Vegetationsorganen, den Wurzeln, Blättern und Achsen gegenüberstellen.

2. Übergangsformen zwischen den Hauptorganen der Phanerogamen.

Versucht man nach den angegebenen Eigenschaften der normalen Organe der phanerogamen Pflanzen alle Organe der äußerst zahlreichen Arten dieser Pflanzengruppe zu bestimmen, so findet man, daß es, wenn auch selten, doch auch Organe giebt, welche weder zu den normalen Wurzeln noch zu den normalen Achsen oder Laubblättern gerechnet werden können, da ihnen Eigenschaften zweier oder dreier dieser Hauptorgane zugleich zukommen. So z. B. giebt es Gebilde, welche die physiologische Funktion der Assimilation des Kohlenstoffes besitzen, welche in ihrer äußeren Gestalt den Laubblättern gleichen, welche auch den anatomischen Bau von Blättern besitzen können, oder auch den von Achsen, aber Blüten, also Achsen erzeugen. Derartige Übergangsformen hat man Phyllocladien genannt. Man findet sie z. B. bei manchen Kakteen, Euphorbiaceen, Liliaceen und Koniferen. Ebenso giebt es Organe, welche die meisten Eigenschaften der Wurzeln besitzen und doch die physiologische Funktion der Laubblätter haben, so z. B. finden wir solche bei *Angrecum funale*, einer Orchidee u. s. w.

Erwähnt mag hier noch sein, daß bei *Neottia nidus avis* einzelne der mit Wurzelhaube versehenen Wurzeln über den Boden treten und dort unter Abwerfung der Wurzelhaube und Anlage von Blättern zu einer beblätterten Achse werden können.

3. Aus normalen Anlagen der Hauptorgane hervorgehende, von den Hauptorganen in äußerem, innerem Baue oder Funktion abweichende Organe.

Umgestaltete Hauptorgane.

Als eine sehr häufige Erscheinung findet man an den phanerogamen Pflanzen Organe, welche in ihrer Entwicklungsgeschichte, ihrer relativen Stellung an der Pflanze und ihrem inneren und äußeren Baue bis zu einem gewissen Zeitpunkte ihrer Entwicklung einem oder dem anderen Hauptorgane der Pflanzen gleichen, dann aber entweder auf einem niederen Standpunkte der Entwicklung stehen bleiben oder in einer eigenartigen Weise ihre Entwicklung fortsetzen, um sich zu Organen auszubilden, welche schließlich von allen Hauptorganen in vielen und neuen Eigenschaften abweichen. Derartige Gebilde nennt man umgestaltete oder metamorphosierte Hauptorgane.

a) Umgestaltete Wurzeln. Die Wurzelanlagen sind so charakteristisch in ihrem Baue, daß wir fast nie im Zweifel sein können, ob eine betreffende Organanlage Wurzelanlage ist und daß das daraus weiter hervorgehende Organ also als umgestaltete Wurzel zu betrachten ist. Die Umgestaltung kann schon vor der Fertigstellung des normalen primären Baues beginnen, wie z. B. bei der Orchisknolle, oder nach Fertigstellung, wie z. B. bei der Knolle von *Ranunculus ficaria*, oder auch erst während

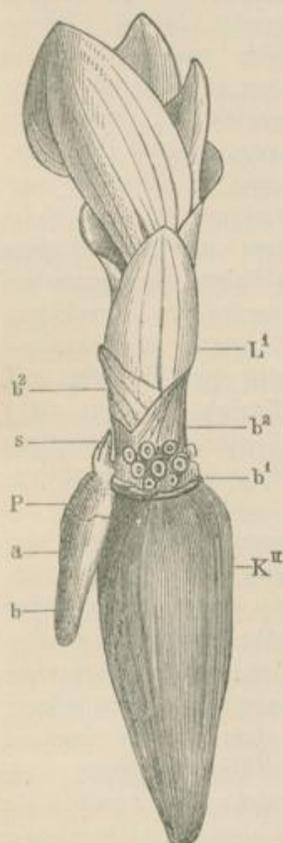


Fig. 1a.

Am 19./12. geerntete Pflanze von *Orchis purpurea* mit alter (K^{II}) und junger (a) Wurzelknolle. L^I jüngstes Laubblatt, b^I und b^{II} Scheidenblätter (Niederblätter). (Arth. Meyer gez.)

des sekundären normalen oder anormalen Dickenwachstums (Calumbawurzel und Jalapenwurzel. Siehe dort die Abbildungen.) Die häufigste und einfachste Form der Wurzelumgestaltungen ist diejenige, welche man als Wurzelknolle bezeichnet. Wurzelknollen sind im allgemeinen anormal stark knollenförmig verdickte Wurzeln, welche als Reservestoffbehälter dienen, wobei meist die Verdickung des Organes auf anormal starker Entwicklung der parenchymatischen Elemente in den verschiedenartigsten Regionen der im primären oder sekundären Zustande befindlichen Wurzel zurückzuführen ist. Als Beispiel für die Wurzelknollen kann die in Figur 1a dargestellte Knolle von *Orchis purpurea* dienen. Die Wurzelknollen sind mit den normalen Wurzeln durch Übergänge, die fleischig verdickten oder rübenförmigen Wurzeln etc., verbunden. Eigentümliche, durch Funktion und anatomischen Bau, von den normalen Wurzeln etwas abweichende Wurzelumgestaltungen sind die Luftwurzeln vieler Orchideen, Arroiden u. s. w. und die Haftwurzeln und Kletterwurzeln, die Atmungswurzeln (z. B. von *Avicennia*, *Sonneratia*), die Schwimmwurzeln (z. B. bei *Jussiaea*). Ferner gehören hierher die endogen entstehenden Saugwurzeln (Haustorien) mancher Parasiten. Auch zu Dornenwurzeln können die Wurzelanlagen sich ausbilden, wie wir sie z. B. bei Species von Palmengattungen, *Acanthoriza* und *Iriarteia*, finden.

b) Umgestaltete Achsen. Auch die Achsen können zuerst, oft unter mehr oder weniger weitgehender Verkümmern der an ihnen sitzenden Blätter, zu Knollen umgewandelt werden. Eine solche Achsenknolle ist z. B. die Kartoffel, welche das verdickte Ende einer mit sehr kleinen Schuppenblättern besetzten, unterirdisch wachsenden Achse ist, ferner die Knolle von *Smilax China* (*Radix Chinae*,

Fig. 2), welche die verdickte Basis einer Achse ist, von *Arum maculatum*, von *Crocus sativus*. Als Übergänge von den normalen Wurzeln zu den Achsenknollen sind die fleischig verdickten Rhizome (z. B. von *Iris*)

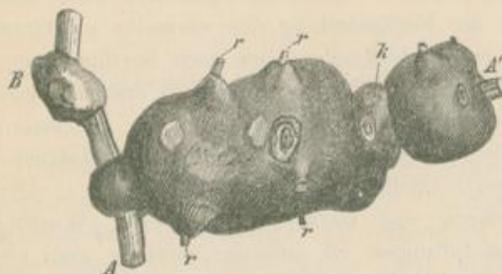


Fig. 2.
Achsenknolle von *Smilax China L.* A relative Hauptachse, A' oberer, nicht verdickter Teil des sonst abgeschnittenen Zweiges der Achse A. r Wurzeln, k Knospen des verdickten, unteren Teiles der unterirdischen Achse A'.
(Abbildung aus Archiv d. Pharmacie, 1881.)

zu betrachten, welche ebenso wie die Knollen als Reservestoffbehälter dienen. Unter Rhizom versteht man eine unterirdische, Blattorgane tragende Achse. Häufig werden auch Achsen zu Dornen z. B. bei *Gleditsia triacantha L.*, ferner zu Ranken, z. B. bei *Passiflora*. Es mag noch bemerkt sein, daß es gelingt, auch solche Achsen einer knollenbildenden Pflanze, die in normalem

Verlauf der Entwicklung niemals zu Knollen werden, zu veranlassen, daß sie sich zu Knollen umwandeln. So z. B. gelang es Vöchting durch Verdunkelung der oberirdischen Achsenteile der Kartoffel, die Achsen junger Seitenknospen der oberirdischen Zweige, die also unter normalen Verhältnissen zu gewöhnlichen, mit Laubblättern besetzten, schlanken Zweigen geworden wären, zur Umwandlung in Knollen zu veranlassen.

e) Umgestaltete Laubblätter. Die verschiedenartigsten und wichtigsten Umgestaltungen erfahren die Laubblätter, das heißt also, wie schon angedeutet, meristematische Anlagen, welche ihrer Stellung, ihrer Anatomie, dem inneren und äußeren Bau ihrer ersten Entwicklungsstadien nach sich wie die Anlagen, welche wirklich zu normalen Laubblättern werden, verhalten, bleiben in sehr häufigen Fällen entweder auf einer niederen Entwicklungsstufe stehen oder entwickeln sich in einer von der normalen Form abweichenden Weise weiter. Die Blätter: Die wichtigsten Umgestaltungen der Laubblätter sind diejenigen, welche wir zweckmäßig wegen ihrer noch sehr nahen entwicklungsgeschichtlichen und anatomischen Beziehung zu den normalen Laubblättern als Blattorgane oder einfach als Blätter mit den Laubblättern zu einer engeren Organgruppe zusammenfassen. Es sind dies die Keimblätter, die Nieder- und Hochblätter, die Kelch- und Kronenblätter, die Staubblätter und die Fruchtblätter. Die Keimblätter, Niederblätter, Hochblätter, aber auch die Kelchblätter, Kronenblätter und Fruchtblätter können einen sehr verschiedenen morphologischen und anatomischen Bau besitzen, welcher aber fast immer dem der jüngeren oder älteren Laubblätter nahe verwandt ist. Als die hauptsächlichsten Merkmale für diese Organe hat man ihre relative Stellung an der Pflanze und ihre Funktion gewählt. Besser sind durch ihren Bau die Staubblätter charakterisiert, welche in ihrer fertigen Gestalt von den Laubblättern am

meisten unter allen Blattorganen abweichen. Was man unter den verschiedenen Bezeichnungen der Laubblätter-Umwandlungen zu verstehen hat, ist kurz folgendes:

α) Normale Keimblätter (Kotyledonen) sind die schon im Samen relativ weit entwickelten ersten Blattorgane der Pflanze, welche entweder selbst als Reservestoffbehälter für die junge Pflanze dienen oder als Saugorgane ausgebildet sind, welche die Nährstoffe des Endosperms aufnehmen, übrigens sehr verschiedene Gestalt und Anatomie aufweisen können (z. B. das Scutellum der Gräser). *β*) Niederblätter werden die meist schuppenförmigen, farblosen oder braunen, seltener grünen Blattorgane genannt, welche häufig zwischen den Keimblättern und den Laubblättern an der ersten Achse der Pflanzen ausgebildet sind, oder auch an Zweigen der ersten Achse der Pflanze unterhalb der Laubblätter. Niederblätter sind häufig ganz rudimentäre, funktionslose Blattorgane, z. B. die Scheidenblätter an den Rhizomen von *Cureuma*, oder sie sind Schutzorgane für junge Organe der Pflanze, so z. B. die Schuppenblätter der Knospe der Fohlkastanie (siehe Fig. 13, *s s*) oder die Schuppenblätter der Laubknospen von *Gentiana lutea*, oder auch Reservestoffbehälter, wo sie dann fleischig werden, z. B. die fleischigen Schuppenblätter von *Dentaria digitata* L. *γ*) Hochblätter werden die den Niederblättern morphologisch und anatomisch ähnlichen, jedoch fast immer grün oder auch kronenblattähnlich gefärbten Blattorgane genannt, welche zwischen der Laubblattregion und den Blüten der Pflanzen eingeschaltet sind. Sie dienen als Schutzorgane der Blüten, teilweise auch zur Erhöhung der Auffälligkeit des Blütenstandes und dadurch zur Anlockung befruchtender Insekten. Hochblätter sind auch die Spathae der Araceen etc., die Paleae der Gramineen und Cyperaceen. Als Involukrum bezeichnet man eine dichte Zusammenstellung von Hochblättern unter der Blüte oder dem Blütenstande. Die Hochblätter erfahren häufig auch besondere Umgestaltungen zu Honigapparaten (Nektarien der *Maregraviaceen*), zu Flugapparaten (*Tilia*, *Carpinus* u. s. w.) *δ*) Als Perigon-, Kelch- und Kronenblätter bezeichnet man die Blattorgane der Blüte, welche die Staubblätter und Carpel umhüllen. Besteht die Blütenhülle aus gleichartigen Blättern, so nennt man die Blätter Perigonblätter, besteht sie aus zwei verschiedenartigen Blattorganen, so nennt man die äußeren Kelchblätter, die inneren Kronenblätter. *ε*) Die Staubblätter sind die Blattorgane, in welchen die Pollenkörner entstehen. *ζ*) Die Fruchtblätter (Carpelle) sind die oberhalb der Staubblätter an der Achse stehenden Blattorgane, welche sich am Aufbau des Perikarps beteiligen und meist die Samenknospen tragen.

Andere Umgestaltungen der Laubblätter. Außer den hier als Blätter zusammengefaßten Umgestaltungen des Laubblattes finden sich, allerdings viel seltener, auch noch andere. So kann sich z. B. die Blattanlage ganz oder teilweise zu einer Ranke umgestalten (*Lathyrus Aphaca*), ferner zu einem Dorn (*Berberis vulgaris*). Auch die Kannen von *Nepenthes*

gehören hierher. Die Umgestaltung zu Nektarien und zu Flugapparaten haben wir schon oben erwähnt.

4. Die Nebenorgane der Phanerogamen.

Außer den 5 Hauptorganen der phanerogamen Pflanzen und den genannten Umwandlungen finden wir noch eine Reihe an der äußeren Gliederung der Pflanze teilnehmender, nicht aus Anlagen der Hauptorgane hervorgehender Organe, welche als Anhängsel der Hauptorgane zu betrachten sind und verschiedenartigen aber meist einfachen Bau und eine verschiedenartige Entwicklungsgeschichte besitzen. Dazu sind zuerst die Haare, Zotten und Stacheln zu rechnen, welche als Schutzorgane der Pflanze dienen, ferner manche Nektarien und noch einige andere, gewöhnlich in den Lehrbüchern der Anatomie besprochene kleine Organe der Pflanze.

Diese kurze Charakteristik der wichtigsten Organe wird genügen, um einen allgemeinen wissenschaftlichen Überblick über dieselben zu geben und ihre Beziehungen zu einander klar zu legen, welche auch bei der späteren Betrachtung der einzelnen Drogen und ihres Baues im Auge behalten werden müssen.

§ 2. Die äußeren Organe als Glieder der Pflanze.

Bei Betrachtung der Gestalt und der Stellung der Organe der Pflanze läßt man zweckmäßigerweise deren Bedeutung als Organe (Funktion etc.) ganz außer acht und bezeichnet und betrachtet sie einfach als Glieder der Pflanze, als Gebilde, deren Gestalten und Stellung die Form der ganzen Pflanze bedingen. Organe gleichen Namens bezeichnet man als gleichartige Glieder, Organe ungleichen Namens als ungleichartige Glieder. Wurzeln und Blätter sind z. B. ungleichartige, alle Laubblätter und deren Umwandlungen sind gleichartige Glieder. Unsere Aufgabe wird nun sein, die Lage der ungleichartigen Glieder, also der Achsen, Blätter, Wurzeln und Samenknospen zu einander am Pflanzenkörper, die Stellung gleichartiger Glieder zu einander und die durch die Verbindung der verschiedenen Glieder entstehenden zusammengesetzten Glieder (Sproß, Blüte etc.) des Pflanzenkörpers kennen zu lernen. Diese Art der Betrachtung ist deshalb vorteilhaft, weil eine ganze Reihe von morphologischen Erscheinungen allen Organen der Pflanze gemeinsam ist und so für alle zugleich abgehandelt werden kann.

1. Die Verzweigung der Glieder der Phanerogamen.

Die Glieder der Pflanze sind im stande, sich zu verzweigen. Wir verstehen unter Verzweigung eines Gliedes die Erscheinung, daß dasselbe

an sich selbst gleichartige Glieder erzeugt. So z. B. vermag eine Wurzel in ihrem Innern neue Wurzelanlagen zu bilden, welche die Mutterwurzel durchbrechen und seitliche Anhängsel derselben darstellen; diese neuen

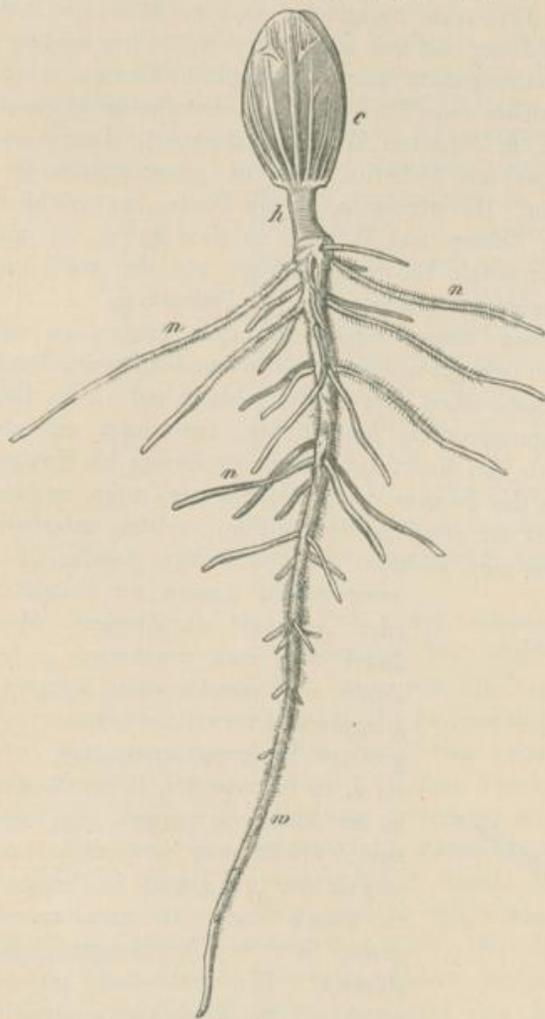


Fig. 3.

Keimpflanze der Kürbis-pflanze (*Cucurbita Pepo*). *w* Hauptwurzel; *n* Zweige der Hauptwurzel; *h* hypokotyles Glied; *c* Kotyledonen. (Nach Sachs).

Wurzeln (*n* Fig. 3) nennt man Zweige der Mutterwurzel (*w* Fig. 3). Ebenso vermag eine Achse sich zu verzweigen, indem sie Seitenachsen treibt, ein Blatt, indem es Blattabschnitte erzeugt. Für die Gestalt der durch Verzweigung eines Gliedes entstehenden Verzweigungssysteme ist zuerst die Entwicklungsfolge der Zweige der Glieder von Bedeutung. Die Glieder der Pflanze, welche an der Spitze weiter wachsen, also die normalen Achsen und Wurzeln unserer Pflanzen, erzeugen auch normaler Weise die Anlagen der Zweige an der Spitze und zwar so, daß der jüngste Zweig der jungen, wachsenden Spitze immer am nächsten steht, die ältesten der älteren Basis des Gliedes (siehe die Wurzel der Keimpflanze Fig. 3). Man hat diese progressive Entwicklungsfolge der Zweige kurz die akropetale genannt. Bei den Blättern, bei welchen die haupt-

sächlichste Zellvermehrung mehr an der Basis stattfindet, sodaß dort eine, zwischen Spitze und Basis liegende, Meristemzone (ein intercalärer Vegetationspunkt) längere Zeit erhalten bleibt, findet ebenfalls eine progressive Entwicklung der Zweige (das heißt eine solche, daß die jüngsten Zweige stets in der Nähe des Vegetationspunktes stehen) statt, aber dieselbe ist in normalen Fällen bezogen auf die ganze Blattanlage eine basipetale, d. h. die jüngsten Zweige des Blattes finden sich in der Nähe

der Basis des Blattes, die ältesten in der Nähe der Spitze. Außer der progressiven Entwicklung der Zweige eines Gliedes, die also entweder akropetal oder basipetal sein kann, kommt noch eine andere bei niederen Gewächsen (z. B. *Dietyota dichotoma*, *Selaginella*) vor, die dichotome Entwicklung von Zweigen. Bei dieser teilt sich die äußerste Spitze des wachsenden Gliedes (also der Vegetationspunkt) in zwei ganz gleiche Zweige, indem das wachsende Glied als solches seine Existenz vollkommen aufgibt (auch Teilung in mehrere Zweige, in derselben Weise, ist denkbar). Dichotome Entwicklung der Zweige ist mit Sicherheit für die phanerogamen Gewächse nicht nachgewiesen. Da wir es in diesem Buche hauptsächlich mit normalen verzweigten Achsen und Wurzeln zu thun haben, so sind für uns die progressive, akropetale Entwicklungsfolge und die nach derselben entstehenden Verzweigungssysteme allein von Bedeutung.

Ehe wir die Betrachtung dieser Systeme beginnen, müssen wir uns erst mit einigen Ausdrücken bekannt machen, welche man bei Beschreibung derselben benutzt. Das älteste Glied, dessen Betrachtung wir in die Beschreibung eines Verzweigungssystems hineinziehen, bezeichnen wir als relatives Hauptglied, die von ihm direkt entspringenden Zweige als Zweige erster Ordnung, die Zweige des Zweiges erster Ordnung als Zweige zweiter Ordnung u. s. w. Das Stück des relativen Hauptgliedes, welches unterhalb eines Zweiges steht und bis zum nächsten tieferen Zweige gleicher Ordnung reicht, nennen wir Fußstück

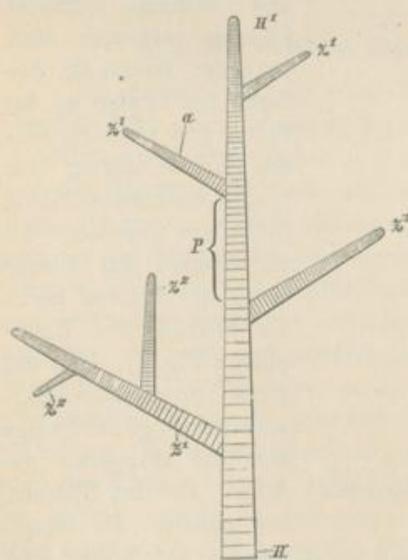


Fig. 4.

Schema einer monopodial verzweigten Achse.
 H bis H' relatives Hauptglied. Z¹ Seitenzweig
 erster, Z² Seitenzweig zweiter Ordnung.
 P Fußstück (podium) des Zweiges Z'a.

zweigungsformen kommen dadurch zu stande, daß das Hauptglied oder bestimmte Seitenzweige nach bestimmter Zeit in ihrem Wachstum gegen-

ung reicht, nennen wir Fußstück oder „podium“ des Zweiges. Man findet nun eine ungeheuer große Reihe von verschiedenen Verzweigungsformen verwirklicht, wenn man größere Verzweigungssysteme, wie sie z. B. in manchen Blütenständen in der Natur vorkommen, ins Auge fasst, welche sich aber schließlich (soweit sie, wie gesagt in Betracht zu ziehen sind) alle ganz naturgemäß aus der Verzweigungsform ableiten, die sich bei gleichmäßiger Entwicklung aller progressiv und akropetal entstehenden Zweige der verschiedenen Ordnung einer Hauptachse bildet, also derjenigen, deren Schema in Fig. 4 gegeben ist. Ein derartiges Verzweigungssystem finden wir z. B. in dem Achsensystem der Tanne vorzüglich durchgeführt. Diese abgeleiteten Verzweigungsformen kommen dadurch zu stande, daß das Hauptglied oder bestimmte Seitenzweige nach bestimmter Zeit in ihrem Wachstum gegen-

über anderen Zweigen zurückbleiben oder auch ganz aufhören zu wachsen oder absterben. Es sind vorzüglich zwei Arten von Verzweigungssystemen zweckmäßigerweise zu unterscheiden, die monopodialen und sympodialen. Bei den monopodialen Verzweigungssystemen ist das augenscheinliche Hauptglied des Systems in der That das einzige Hauptglied des Systems, bei den sympodialen ist das augenscheinliche Hauptglied des Systems aus Fußstücken der Zweige verschiedener Ordnung zusammengesetzt. Zu den monopodialen Verzweigungssystemen würde also das in Fig. 4 abgebildete gehören, während das Schema für ein sympodiales in Fig. 5 gegeben ist. Dabei bedeutet H das relative Hauptglied, H_s dessen Spitze, welche sich nur wenig weiter entwickelt hat und zur Seite gedrängt ist, Z^1 den Seitenzweig erster, Z^2 den Seitenzweig zweiter Ordnung. Sympodiale Verzweigungssysteme kommen hauptsächlich häufig bei den Rhizomen vor, deren oberirdische Achsen absterben, und deren Seitenzweige dann ihr Fußstück bald in der Entwicklung erreichen. So z. B. ist das Ingwerrhizom ein (schraubelartig entwickeltes), sowie das Rhizom der die Sarsaparille liefernden Smilaxarten ein (wickelartig ausgebildetes) Sympodium.

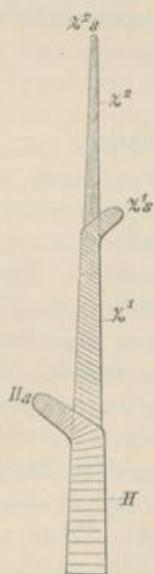


Fig. 5.

Schema eines sympodial verzweigten Gliedes. H bis H_s relatives Hauptglied. H_s Spitze des Hauptgliedes. Z^1 primärer, Z^2 sekundärer Zweig. Das scheinbare Hauptglied des sympodialen Systems ist aus dem Fußstücke H des Zweiges Z^1 , aus dem Fußstücke Z^1 des Zweiges Z^2 und aus dem Zweige Z^2 zusammengesetzt.

Von einem anderen Gesichtspunkte, welcher hauptsächlich bei den Blütenständen Anwendung fand, lassen sich die Verzweigungssysteme einteilen in 1) botrytische (racemöse) und 2) cymöse, zwischen welchen Kategorien es zahlreiche Übergänge giebt. Unter die cymösen Verzweigungssysteme werden alle diejenigen gerechnet, deren Hauptglied (potentiell) unbeschränkt wächst und Zweige in unbeschränkter (unbestimmter) Anzahl und akropetaler Folge erzeugt, welche sich wiederum in gleicher Weise verzweigen können. Zu diesen (stets monopodialen) Systemen gehören die als Traube, Ähre (Kolben, Kätzchen, Zapfen sind Ährenformen), Dolde, Köpfchen kurz bezeichneten Verzweigungssysteme, welche sich nur durch die verschiedenen Längen der Fußstücke und Zweige voneinander unterscheiden. Dagegen sind die cymösen Systeme dadurch charakterisiert, daß bei ihnen die Anzahl der entstehenden Zweige beschränkt ist, das Hauptglied sein Wachstum bald einstellt und bei weiterer Verzweigung der Zweige das gleiche Verhalten weiter fortgesetzt wird. Dazu gehören monopodiale und sympodiale Systeme. Man kann die cymösen Systeme weiter einteilen, je nachdem viele, zwei oder nur ein Zweig von der Hauptachse abgeht, in Pleiochasien, Dichasien und Monochasien, unter welche wieder eine ganze Reihe von

Unterformen gehören, denen die Systematiker besondere Namen gegeben haben.

Für die verschiedenen Formen der Blattverzweigung wenden die Systematiker ebenfalls besondere kurze Namen an. So z. B. nennt man ein Blatt, welches abgesehen von der Entwicklungsfolge seiner Glieder ein einfaches dichasiales Verzweigungssystem vorstellt, ein gedreites Blatt, geht die Trennung der Zweige nicht soweit, ein dreilappiges Blatt; verzweigte Blätter, welche sich von den dreiteiligen nur dadurch unterscheiden, daß sie statt zwei mehrere Seitenzweige tragen, unparig gefiederte Blätter u. s. w.

2. Die Anordnung der Glieder an der Pflanze.

Ein Glied der Pflanze kann lauter gleichartige Glieder tragen, eine Wurzel also z. B. nur Wurzelzweige oder auch ungleichartige unverzweigte oder verzweigte und sogar verschiedene Glieder nebeneinander, wie z. B.

eine Achse, welche Blätter trägt oder Blätter und Wurzeln. Wie man die Glieder, welche Zweige tragen, diesen Zweigen gegenüber als Hauptglied bezeichnet, so geschieht dies auch gegenüber den ungleichartigen Gliedern, welche ein Glied trägt. Trägt z. B. eine Achse Blätter, so bezeichnet man die Achse als relatives Hauptglied, die Blätter aber bezeichnet man als Seitenglieder des letzteren. Trägt ein Glied Zweige oder andere Seitenglieder (auch die Zweige einer Achse werden im allgemeinen als Seitenglieder derselben bezeichnet), so bestehen zwischen dem Hauptgliede und den Seitengliedern gewisse Beziehungen, deren Bezeichnung wir zuerst kennen lernen müssen. Die Fläche, welche an einem Hauptgliede von einem Seitengliede bedeckt wird, nennen wir Insertions-

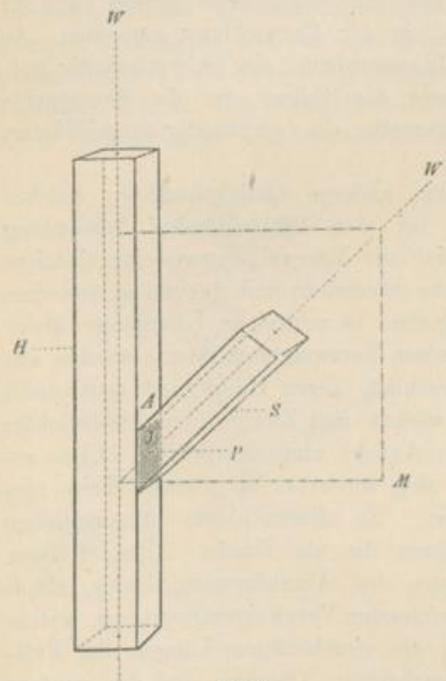


Fig. 6.

Schematische Darstellung eines Hauptgliedes *H* mit seinem Seitengliede *S*. *W* Wachstumsachse des Hauptgliedes. *W'* Wachstumsachse des Seitengliedes. *J* Insertionsfläche. *P* Insertionspunkt. *A* Achsel des Seitengliedes. *M* deutet die Lage der Medianebene an.

fläche. Blätter lassen bei ihrem Abfallen von den Achsen meist eine Narbe zurück, welche der Insertionsfläche des Blattes entspricht. Das

organische Centrum dieser Insertionsfläche, welches nur bei cylindrischen Seitengliedern dem geometrischen Mittelpunkte entspricht, nennen wir den Insertionspunkt. Schneiden wir z. B. einen Zweig einer Achse bis zu der Hauptachse hinab weg, so würde die Region des Marks des Zweiges mit dem Insertionspunkte zusammenfallen. Die Ebene, welche durch den Insertionspunkt so gelegt gedacht wird, daß sie die Wachstumsachse (die Linie, welche während des Wachstumes eines Gliedes von dessen Spitze durchlaufen wurde) des Haupt- und Seitengliedes in sich aufnimmt, nennen wir Medianebene. Die Region, welche dicht oberhalb der Insertionsfläche des Seitengliedes und innerhalb der Medianebene auf dem Hauptgliede liegt, nennen wir die Achsel des Seitengliedes. Die Blattachsel ist also die Region, in welcher wir gewöhnlich die Knospen der Seitenzweige angelegt finden. Stehen mehrere Seitenglieder an einem Hauptgliede, so bezeichnet man den Winkel, welchen die Medianebenen zweier Glieder miteinander bilden als den Divergenzwinkel, den Divergenzwinkel in Graden oder Teilen des Achsenumfangs ausgedrückt, als Divergenz der Glieder. Außerdem hat man in diesem Falle noch auf den Vertikalabstand, welcher durch die verschiedene Höhe, in der die Seitenglieder inseriert sind, zu stande kommt, Rücksicht zu nehmen.

Gehen wir nun zu den wichtigsten Formen der Stellung über, welche Seitenglieder an einem relativen Hauptgliede, also z. B. Blätter an einer Achse, Wurzeln an einer Achse, Seitenwurzeln an einer relativen Hauptwurzel einnehmen können, so sind zuerst zwei verschiedene Hauptformen zu unterscheiden: 1. die Einzelstellung, 2. die Wirtelstellung der Glieder.

1. Einzelstellung der Glieder findet statt, wenn jedes Seitenglied auf einer anderen Querzone des Hauptgliedes inseriert ist, also niemals zwei oder mehrere Glieder in gleicher Höhe am Hauptgliede stehen. Meist sind die in der Natur (vorzüglich bei Achsen und Blättern) vorkommenden Formen der Einzelstellung regelmässige d. h. je zwei aufeinanderfolgende Seitenglieder besitzen stets gleiche und gleichsinnige Divergenz. Wir wollen diese Form als normale bezeichnen. Als einfachste Form der normalen Einzelstellung ist diejenige zu betrachten, bei welcher die Wachstumsachsen der übereinanderstehenden Seitenglieder alle in eine Medianebene fallen. Dann bilden alle Seitenglieder eine Zeile an dem Hauptgliede, und da man eine solche Geradzeile auch als Orthostiche bezeichnet, so kann man auch sagen, die einfachste Form der Einzelstellung ist diejenige, bei welcher die Seitenglieder nur eine Orthostiche am Hauptgliede bilden. Eine derartige Stellung findet sich selten bei den höheren Pflanzen (Blütenachsen von *Polygonatum*, Blätter am Rhizome von *Marsilia*). Als zweiteinfache Form der normalen Einzelstellung ist die zweizeilig alternierende (wechselständige) Stellung zu bezeichnen. Hier stehen die Seitenglieder in zwei Orthostichen und zwar so, daß der Insertionspunkt des nächst höheren Gliedes immer in einer anderen Orthostiche liegt als die des nächst tieferen. Wenn wir das unterste Glied mit 1 bezeichnen, das nächst höhere mit 2 u. s. w., so liegen z. B. 1, 3, 5 und 7 in einer Or-

thostiche, 2, 4, 6, 8 in der anderen. Die Divergenz zweier aufeinanderfolgenden Glieder ist hier also 180° oder $\frac{1}{2}$ des Kreisumfanges. Diese Stellung kommt häufig bei monokotyledonen Gewächsen z. B. den Gramineen vor. Die Seitenglieder können nun ferner in drei und mehreren Orthostichen und nach demselben Prinzip geordnet stehen.

Derartige komplizierte Stellungen bezeichnet man am kürzesten nach der Divergenz (Außer bei Gliedern, deren Divergenz $\frac{1}{2}$ ist, lassen sich selbstverständlich zwei verschiedene Divergenzen, eine kleinere und eine größere feststellen, je nachdem man von links nach rechts oder von rechts nach links mißt; aus Zweckmäßigkeitsgründen versteht man unter der Divergenz in unseren Fällen jedoch immer die kleinere der beiden Divergenzen) zweier aufeinanderfolgender Seitenglieder und nennt sie im allgemeinen Spiralstellung, weil die Linie, durch welche man die Insertionspunkte der aufeinanderfolgenden Glieder miteinander verbinden kann, die Form einer Spirale annimmt. Man sagt dann z. B., wenn die Divergenz der aufeinanderfolgenden Glieder 120° ist, die Seitenglieder sind spiralgig mit der Divergenz 120° gestellt, oder besser, indem man die Divergenz in Teilen des Kreisumfanges ausdrückt, die Seitenglieder sind spiralgig nach $\frac{1}{3}$ gestellt. Diese letztere Bezeichnungsweise hat nämlich zugleich den Vorteil, daß man nach mathematischen Gesetzen aus derselben sofort ersehen kann, 1. wieviel Orthostichen vorkommen, denn der Nenner des Bruches muß deren Zahl stets ausdrücken, 2. wieviel mal man bei Konstruktion der Spirallinie von einem gegebenen Seitengliede aus das Hauptglied zu umkreisen hat, um bis zu dem nächsten Seitenglied derselben Orthostiche zu gelangen, in welchem das Ausgangsseitenglied steht, denn diese wird durch die Zahl des Zählers angegeben und 3. wieviel Seitenglieder auf diesem Wege berührt werden, denn die Zahl derselben muß wiederum der Zahl des Nenners entsprechen. Zu bemerken ist noch, daß man das relative Anfangsglied und die auf dem Wege bis zu dem nächsten Gliede derselben Orthostiche berührten Seitenglieder zusammen als einen Cyklus von Gliedern bezeichnet hat. Von den möglichen Formen der Spiralstellung kommt die $\frac{1}{3}$ (0,333 des Kreisumfanges) Stellung bei den an Achsen sitzenden Blättern der Monokotyledonen (Cyperaceen) und Dikotyledonen nicht gerade häufig, die $\frac{2}{3}$ (0,400) Stellung bei den an Achsen sitzenden Blättern der Dikotyledonen sehr häufig vor (Papilionaceenblätter, Rosaceenblätter). Der $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ nahestehende Divergenzen $\frac{3}{8}$ (0,375) ($\frac{3}{8}$ -Stellung z. B. bei Acacia) und $\frac{8}{21}$ (0,380), $\frac{5}{13}$ (0,384), $\frac{13}{34}$ (0,382) sind bei den Dikotyledonen ebenfalls zu finden.

Selten kommen bei Seitengliedern regelmässige Formen der Einzelstellung vor, bei denen die Divergenzen nicht gleich, oder wenigstens nicht gleichsinnig sind. Eine solche Stellung ist z. B. die, welche durch Näherung der beiden Orthostichen von zweizeilig alternierend gestellten Organen entstanden gedacht werden kann, und z. B. bei den Blättern von normalen Achsen vorkommt, welche auf der Erde hinkriechen. Besondere kurze Ausdrücke für derartige Stellungen hat man nicht angenommen.

2. Wirtelstellung (Quirlstellung) der Seitenglieder findet statt, wenn zwei oder mehrere Glieder in genau gleicher Höhe am Hauptgliede stehen. Auch die bei den Pflanzen vorkommende Wirtelstellung ist meist eine ganz regelmäßige, d. h. alle je zwei benachbarte Glieder eines bestimmten Wirtels besitzen die gleiche Divergenz. Je nach der Zahl der Glieder eines Wirtels unterscheidet man 2- (Divergenz 180°), 3- u. s. w. gliedrige Wirtel (2-, 3- u. s. w. zählige Quirle). Die Glieder von übereinanderstehenden gleichzähligen Wirteln können eine der Zahl der Wirtelglieder entsprechende Anzahl von Orthostichen bilden, dann nennt man die Wirtel opponierte Wirtel. Die Glieder übereinanderstehender Wirtel können ferner eine Zahl von Orthostichen bilden, welche doppelt so groß ist, als die der Wirtelglieder, wobei zugleich die Divergenz aller Orthostichen eine gleichmäßige ist; man sagt dann, die Wirtel alternieren oder die Wirtel sind dekussierte. Am häufigsten findet man die Glieder in 2-gliedrigen dekussierten Wirteln stehend, so z. B. stehen die Blätter der Labiaten und der Gentianeen. 4- und 5-gliedrige dekussierte Wirtel finden sich bei manchen Kompositen. Auch bei der Wirtelstellung kommen anormale Stellungen vor, wo die Glieder eines Wirtels also nicht alle gleiche Divergenz besitzen, wo aber dann gewöhnlich doch eine bestimmte Gesetzmäßigkeit im Baue der verschiedenen Wirtel herrscht.

3. Symmetrieverhältnisse der Diagramme der Organsysteme.

Das der Basis gegenüberliegende Ende des Organes bezeichnen wir als dessen Spitze. Die Linie, welche die Spitze eines Organes beim Heranwachsen desselben durchlief, nennen wir die Wachstumsachse (Wachstumslinie des Organes). Bei den Organen der höheren Pflanzen fällt im

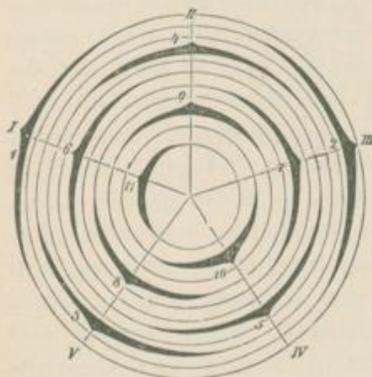


Fig. 7.

Diagramm eines Sprosses mit spiralig, nach $\frac{1}{3}$ geordneten Blättern.

besonderen Namen belegt worden, welche wir kurz erklären müssen.

Am besten übersieht man die in dieser Weise zu Tage tretenden

allgemeinen die Wachstumsachse mit der Längsachse der Organe zusammen, z. B. die Wachstumsachse der Achse ungefähr mit dem Mark, die Wachstumsachse der Blätter mit dem Mittelnerven u. s. w., und verbindet stets den Insertionspunkt eines Organes mit der Spitze desselben. Betrachten wir die Anordnung der einem bestimmten Gliede seitlich ansitzenden Organe in ihrer örtlichen Beziehung untereinander und zu der Wachstumsachse, ohne Berücksichtigung ihres vertikalen Abstandes an dem Hauptgliede, so treten eine Reihe von Beziehungen schärfer hervor und sind mit

Symmetrieverhältnisse, wenn man ein Diagramm der Organsysteme zeichnet. Ein Diagramm eines Gliedersystems ist die Projektion des letzteren auf eine zu dessen Hauptachse senkrechte Ebene, derart, daß alle Glieder des Systems nach ihrer gegenseitigen Lage ersichtlich werden. Ein derartiges Diagramm erhält man, indem man so viele konzentrische Kreise zeichnet als an einem Hauptgliede Seitenglieder in Einzelstellung oder so viel als an einem Hauptgliede Wirtel von Seitengliedern stehen und nun die Insertionspunkte (auch Insertionsflächen oder auch Querschnittsbilder) der Seitenglieder in ihrer Stellung zu einander und ferner so einträgt, daß das oberste Seitenglied in den innersten Kreis, das darunter folgende in den zweiten nach außen zu folgenden Kreis u. s. w. eingetragen wird. Als Beispiel eines solchen Diagramms mag das Diagramm einer mit spiralig nach $\frac{2}{3}$ gestellten Blättern besetzten Achse (Fig. 7) dienen.

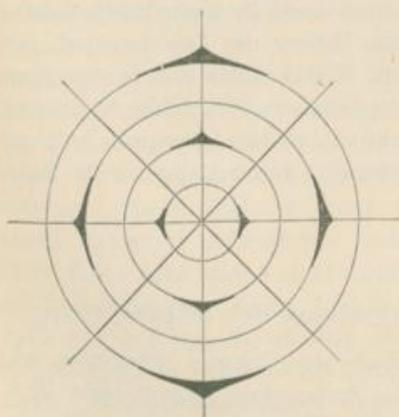


Fig. 8.

Diagramm eines Sprosses, dessen Blätter in zweigliedrigen, dekussierten Wirteln stehen.

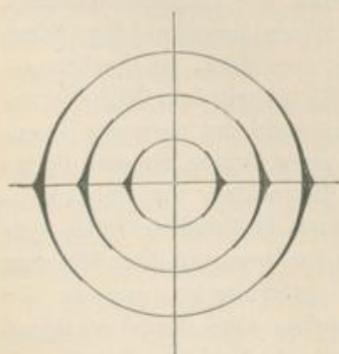


Fig. 8a.

Diagramm einer mit zweizeilig alternierenden Blättern besetzten Achse.

Würde man die Diagramme der einfachsten Gliedersysteme der phanerogamen Pflanzen betrachten, z. B. eine mit einfachen Zweigen besetzte Achse, eine mit Blättern besetzte Achse, eine verzweigte Wurzel der verschiedensten Pflanzen, so würde man finden, daß die Seitenglieder meist strahlig um die Wachstumsachse ihres Hauptgliedes angeordnet sind, daß die Gliedersysteme meist radiär gebaut sind. Unter radiären Gliedersystemen versteht man solche, deren Diagramm durch mindestens 3 Radian gleicher Divergenz in Abschnitte von annähernd gleichem morphologischen Wert zerlegt werden können. So z. B. läßt sich das Diagramm einer Achse, welche mit zahlreichen in zweigliedrigen dekussierten Wirteln stehenden Blättern besetzt ist (Fig. 8), durch 4 Radian gleicher Divergenz in 4 Abschnitte, welche morphologisch annähernd gleichwertig sind, da in jeder eine Blattzeile von annähernd gleicher Blattzahl steht, übrigens auch durch 8 Radian in 8 gleiche Abschnitte teilen. In ähnlicher Weise läßt sich das obige Diagramm (Fig. 7) durch 5 Radian zerlegen, das Diagramm einer mit zweizeilig alternierenden Blättern besetzten Achse (Fig. 8a) noch durch 4 Radian in 4 morphologisch gleichwertige Abschnitte zerfallen. Un-

logischerweise hat man wohl schon den zuletzt erwähnten einfachen Fall der radiären Systeme (das 4strahlige radiäre System) als bilaterales System bezeichnet. Diese Bezeichnung darf jedoch erst für ein System

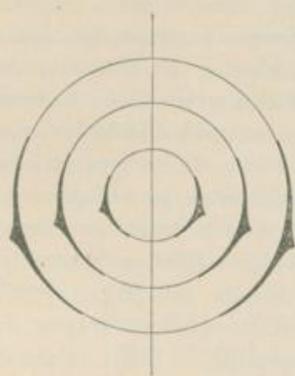


Fig. 9.
Diagramm eines bilateral gebauten Sprosses.

angewandt werden, dessen Diagramm nur noch durch zwei Radien gleicher Divergenz in morphologisch gleichwertige Abschnitte zerfällt. So z. B. sind die beblätterten Seitenachsen der Buche, deren Diagramm in Fig. 9 dargestellt ist, bilateral gebaut. Bilateral gebaute Blüten nennt man zygomorph. Als Beispiel einer zygomorphen Blüte mag Fig. 10 und 11 dienen. Es ist dabei zu bemerken, daß bei der Blüte die Anforderungen an die morphologische Gleichwertigkeit der durch die Radien begrenzten Abschnitte schärfer gestellt werden, und nicht nur die gleiche Stellung und Gleichartigkeit der Organe, sondern auch

deren völlig gleichartige Ausbildung für den radiären Typus gefordert wird. In der That sind bei der Blüte kleine Formänderungen der Blüten- teile oft von großer biologischer und physiologischer Bedeutung, und da die Morphologie sich stets der Physiologie anpassen muß, wenn sie Bedeutung für die Wissenschaft behalten will, so ist diese schärfere Fassung der Begriffe hier sehr angebracht.

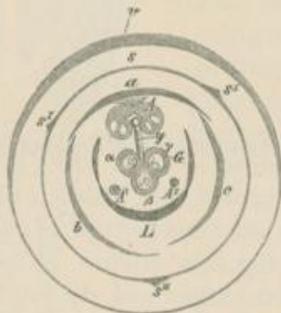


Fig. 10.



Fig. 11.

Fig. 10 Diagramm der in Fig. 11 dargestellten Blüte einer Zingiberaceae. *s* scheidenförmiges Vorblatt. *s* dreizähliger Kelch. *a, b, c* röhrenförmige Krone mit dreilappigem Saume. *A* Staubblatt. *A I, A II* rudimentäre Staubblätter. (Staminodien). *α, β, γ* die Fruchtblätter des Fruchtknotens *G*. *L* Labellum.

Manche Zweige aufrecht wachsender Hauptglieder (Blütenstand von *Myosotis*), viele auf der Erde hinkriechende Rhizome sind in der Weise mit ihren Seitengliedern besetzt, daß im letzteren Falle die dem Substrat, im ersteren die der Hauptachse zugewendete Seite morphologisch ganz

verschieden ist von der entgegengesetzten Seite des Hauptgliedes. In solchen Fällen bezeichnet man die dem Substrat oder der Hauptachse zugewendete Seite als Bauchseite, die entgegengesetzte als die Rückenseite und nennt solche Organsysteme dorsiventrale. Als Beispiel mag das Diagramm (Fig. 12) des mit Blättern und Wurzeln besetzten bilateralen Kalmusrhizoms dienen. Dort trägt nur die Bauchseite (*B*) Wurzeln, der Rücken (*R*) ist von den größeren Teilen der Blattinsertionsfläche bedeckt.

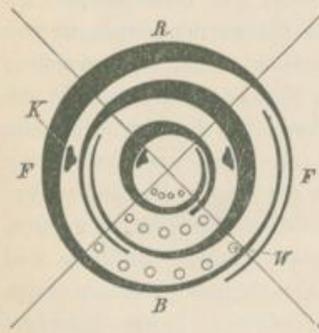


Fig. 12.

Diagramm des dorsiventralen Kalmusrhizoms. *R* Rückenseite. *B* Bauchseite. *F* Flanken. *K* Knospe. *W* Wurzel.

Man pflegt bei dorsiventralen Gliedersystemen die Diagramme durch 4 Radien gleicher Divergenz in 4 Quadranten zu zerlegen, von denen einer die Bauchseite in sich aufnimmt. Die Region der beiden seitlichen Quadranten wird dann als Flanke (*F*, Fig. 12) bezeichnet. Beim Kalmusrhizom tragen die Flanken die Knospen (*K*). Echte bilaterale Gliedersysteme können immer zugleich als dorsiventrale bezeichnet werden, da man an ihnen eine Bauch- und eine Rückenseite zu unterscheiden vermag. Dagegen braucht ein dorsiventrales Organ nicht bilateral zu sein, ist es aber in fast allen Fällen, welche in der Natur vorkommen. Die echte Bilateralität kann als der gewöhnlichste Fall der Dorsiventralität aufgefasst werden. Dorsiventral sind alle Organsysteme, deren Diagramm durch zwei Radien gleicher Divergenz in zwei morphologisch ungleichwertige Abschnitte geteilt werden können.

§ 3. Die beblätterten Achsen oder die Sprosse.

Die entwickelten Achsen tragen in fast allen Fällen in ihren Jugendstadien die Anlagen von Blattorganen oder entwickelte Blattorgane. Die Gesamtheit einer Achse (wobei dieselbe als relative Hauptachse eines Systems oder als Seitenachse auftreten kann) und der an ihr sitzenden Blattorgane (Niederblätter, Laubblätter, Blütenblätter u. s. w.) nennt man einen Sproß.

An einem Sproß bezeichnet man das zwischen den Insertionsflächen zweier in verschiedener Höhe an der Achse stehenden Blättern (also eventuell auch Blattwinkeln) liegende Stück der Achse als Internodium, das Längsstück (Querscheibe) der Achse, welche mit der Insertionsfläche des Blattes in Berührung kommt, als Knoten (Blattknoten). Die Knoten sind häufig etwas dicker als das Internodium und besitzen auch einen eigentümlichen anatomischen Bau. Die Internodien können sehr ver-

schieden lang sein oder auch völlig fehlen, wie man sagt, unentwickelt sein. In letzterem Falle stehen also die Insertionsflächen der Blätter dicht übereinander, Knoten schließt sich an Knoten. Die Blattorgane können an den Achsen alle die Formen der Stellung einnehmen, welche wir in den vorigen Kapiteln besprochen haben, vorzüglich also in Einzelstellung oder in Wirtelstellung stehen. Dabei ist zu bemerken, daß an einem Sprosse alle von dessen Basis (der mit seiner Insertionsfläche zusammenfallenden Region der Achse) bis zu dessen Spitze inserierten Blattorgane fast nie eine einzige Form der Blattstellung einhalten, vorzüglich dann nicht, wenn die Blattorgane des Sprosses nicht gleichartige Metamorphosen des Laubblattes, also verschiedenartig umgestaltete Laubblätter sind, wenn also die Basis des Sprosses z. B. Niederblätter, die Mitte Laubblätter, die Spitze Blattorgane der Blüte besitzt (Vorzüglich mit der Funktion der Blattorgane wechselt also häufig auch deren Stellung). Die Einzelstellung kann in Wirtelstellung übergehen und umgekehrt; findet Spiralstellung der Blattorgane des Sprosses statt, so kann die Divergenz der Blätter allmählich zu- oder abnehmen oder auch plötzlich sich ändern.

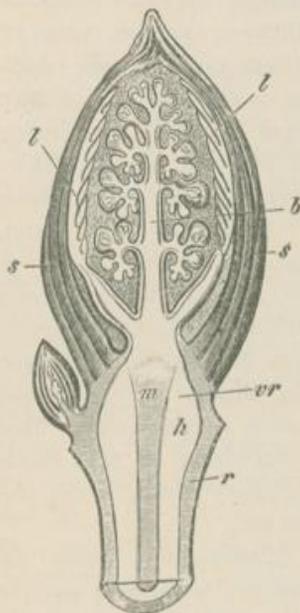


Fig. 13.

Längsschnitt durch eine Knospe der Rofskastanie (*Aesculus*). *s* Niederblätter (Knospenschuppen). *l* Laubblätter. *b* endständige Blütenstandanlage. *vr* Achse. (Abbildung nach Sachs.)

Eine eigentümliche Beziehung (welche vom biologischen Standpunkte jedoch leicht verständlich ist), besteht zwischen den Blättern der Sprosse und den Zweigen der Achse des Sprosses. In den allermeisten Fällen bilden sich nämlich die Anlagen der Zweige der relativen Hauptachse in den Achseln der jungen Blätter aus und behalten diese Stellung auch bei ihrer vollen Entwicklung bei. Die Achselstellung der Zweige der Achsen ist also als die normale morphologische Beziehung zwischen den Blättern eines Sprosses und den Zweigen des Sprosses zu bezeichnen. Nur in seltenen (anormalen) Fällen stehen die Zweige der Sprosse seitlich vom Insertionspunkte der Blätter oder rücken, in der Mediane des Blattes bleibend, weit am Internodium hinauf (Blütensprosse von *Sparganium*, *Streptopus amplexifolius*) oder auch auf den Blattstiel (*Thesium rostratum*). Normal ist es ferner, daß in jeder Blattachsel nur ein Sproß steht, doch finden sich auch hier anormale Fälle, wo mehrere Sprosse über- oder nebeneinander stehen. Seitensprosse entstehen übrigens auch in manchen Fällen frei an ihrem Hauptsprosse, so z. B. bei manchen Blütenständen, und ebenso braucht nicht jedes Blatt einen Sproß in seiner Achsel zu tragen; bei Kelchblättern und den

übrigen Blattorganen der Blüte treten sogar normaler Weise keine Sprosse in den Achseln auf. In Beziehung zu seinem Achselsprosse nennt man das Blatt, in dessen Achsel der Zweig des relativen Hauptsprosses steht, das Deckblatt des Seitensprosses. Bei den Monokotyledonen bezeichnet man weiter das erste Blattorgan, bei den Dikotyledonen die beiden ersten Blattorgane eines Seitensprosses als die Vorblätter des Sprosses. Sie

besitzen bei Sprossen, welche nur Laubblätter tragen, meist eine etwas andere Ausbildung als diese, sind oft Niederblätter und verhalten sich ähnlich bei den zu Blüten ausgebildeten Seitensprossen (sind dort Hochblätter); die Vorblätter der Dikotyledonen stehen dabei meist rechts und links von der Mediane des Seitensprosses, das Vorblatt der Monokotyledonensprosse nach der Achsel des Sprosses zu, zwischen Hauptspross und Seitenspross, mögen die darauf folgenden Blätter auch ganz andere Stellungsverhältnisse zeigen.

Ähnliche Beziehungen, wie sie zwischen den Sprossen und den Blättern bestehen, bestehen auch zwischen Blättern und Wurzeln, doch sind dieselben nicht so allgemein anzutreffen und deshalb weniger wichtig. Gewöhnlich treten Wurzeln an Rhizomen an den Internodien auf und zwar einigermassen in durch die Blattinsertion bestimmter Anordnung. In manchen Fällen entspringt z. B. je eine Wurzel in der Achsel, oder beiderseits von dem Blattinsertionspunkte entspringt je eine Wurzel (Junges Rhizom von *Valeriana officinalis*). Häufig stehen nur die dem Insertionspunkte zuerst entspringenden Wurzeln in deutlicher Beziehung zu dem Blattinsertionspunkte, spätere Wurzeln treten unregelmäßig gestellt auf.

Je nach den Blattorganen, welche die Sprosse zusammensetzen, bezeichnet man die Sprosse verschieden. Trägt die Achse nur Laubblätter oder Laub- und Niederblätter, so nennt man den Spross einen Laubspross; trägt sie Fruchtblätter oder Staubblätter (oder nur eins von beiden), zu denen

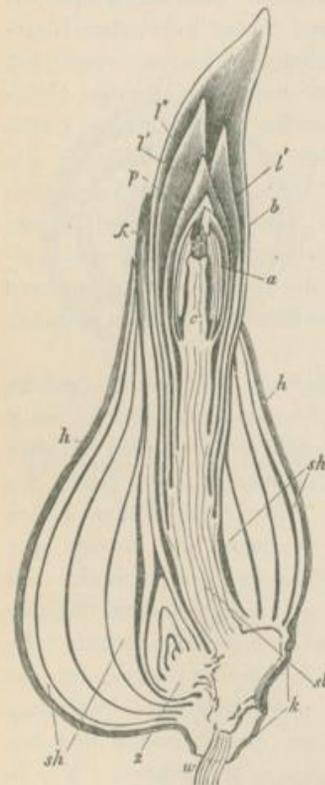


Fig. 14.

Längsschnitt durch eine austreibende Zwiebel von *Tulipa praecox*.

h braune Häute, die Reste der vorjährigen Niederblätter. k fleischiger Teil der Hauptachse der Zwiebel.

sh fleischig verdickte Niederblätter (Zwiebelschalen). st sich streckende Spitze der Hauptachse. l Laubblätter des sich streckenden Sprosssteiles.

a Staubblätter. c Fruchtblätter desselben Sprosses. z Seitenknospe des Sprosses, welche in der Achsel eines Niederblattes steht (junge Zwiebel).

(Abbildung nach Sachs).

sich auch noch Kron- und Kelchblätter gesellen können, so nennt man ihn Blüte; trägt die Achse aufer den zur Blüte gehörenden Blattorganen noch andere, so nennt man den Spross einen Blütenspross. Unentwickelte

Sprosse, deren Internodien also noch äußerst kurz, deren Blattorgane noch in den Jugendstadien ihrer Entwicklung befindlich sind, nennt man Knospen (siehe Fig. 13). Laubsprosse, welche sich in diesem Zustande befinden, nennt man Laubknospen; Blüten bezeichnet man in diesem Zustande als Blütenknospen. Es finden sich auch Knospen von Blüten sprossen, ja solche, welche weit verzweigte Sprosssysteme zusammengesetzt aus zahlreichen Laubsprossen und Blüten sprossen im Jugendzustande enthalten. Meist sind die äußersten Blattorgane der Knospe schuppenförmige Niederblätter oder Hochblätter, welche alle übrigen Organe fest einschließen und schützen. Eigentümlich umgewandelte, den Knospen nahestehende Sprosse oder Sprosssysteme sind die sogenannten Zwiebeln. Sie bestehen wesentlich aus einer meist fleischigen Achse, mit unentwickelten Internodien, welche besetzt ist mit fleischig verdickten Laubblattbasen oder fleischig verdickten Hoch- oder Niederblättern, welche als Reservestoffbehälter und zugleich als Schutzorgane der von ihnen eingeschlossenen jungen Laub- oder Blüten sprosse dienen (siehe Fig. 14).

§ 4. Normale Folge und Stellung der Organe an der ganzen Pflanze.

Wir finden schon in dem Samen der Phanerogamen das kleine Pflänzchen relativ weit ausgebildet, mit mehr oder weniger weit entwickelter, mit Keimblättern (Kotyledonen), mit Wurzel und oft schon mit Laubblattanlagen versehener Hauptachse, eingehüllt in Nährgewebe (Endosperm etc.) und Samenschale, Hüllen, welche das von der Mutterpflanze isolierte Tochterpflänzchen, der Keimling oder Embryo, als erste Nährsubstanz und als Schutzmittel von der Mutterpflanze mitgenommen hat. Während beim Keimen des Samens der Embryo zum Keimpflänzchen heranwächst, verzehrt er das Endosperm und wirft die Samenschale ab. Dabei bilden sich die (bei den Dikotyledonen gegenständigen) Keimblätter weiter aus und die Achse des Keimpflänzchens, die wir zum Unterschiede von den später auftretenden Zweigen derselben am besten als Keimachse oder auch absolute Hauptachse der Pflanze bezeichnen, streckt sich meist erst unterhalb, dann auch oberhalb der Keimblätter (*c*, Fig. 17). Das unterhalb der Keimblätter liegende Stück der Keimachse bezeichnet man als hypokotyles Glied (*h*, Fig. 17). Die direkte Fortsetzung des hypokotylen Gliedes bildet die Keimwurzel, die man auch, zum Unterschiede von allen andern später auftretenden Wurzeln als Hauptwurzel bezeichnet. Während sich die Hauptwurzel verzweigt, also Hauptwurzelzweige bildet, erzeugt der oberhalb der Keimblätter liegende Teil der Keimachse (die epikotyle Achse) neue Blattorgane. Diese können sofort Laubblätter sein (Fig. 18 *b'*) oder auch Niederblätter, welche dann gewöhnlich nach und nach in Laubblätter übergehen (Fig. 19 *c*, *d*). Wächst die

Keimachse weiter, ohne sich zu verzweigen und schreitet dann an ihrer Spitze zur Ausbildung einer normalen und vollkommenen Blüte, mit welcher die Spitze des Keimsprosses abschließt, so können sich zwischen den Laubblättern und den Blütenblättern nur noch Hochblätter ausbilden, und wir würden dann an einer schematisierten (die wichtigsten Blattorgane tragenden) Pflanze folgende Teile unterscheiden: Die Hauptwurzel (Keimwurzel Fig. 20 *K W*), den Keimspross (*E H* und *H A*). Letzterer trägt die Keim-



Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 15. Keimpflänzchen von *Gentiana lutea*, dessen Kotyledonen noch in der Samenschale stecken.

Fig. 16. Weiter entwickeltes Keimpflänzchen von *Gentiana lutea*. *K* Keimblätter. *P* erster Laubblattwirtel.

Fig. 17. Junges Keimpflänzchen von *Aconitum Napellus*. *c* Kotyledonen. *h* hypokotyles Glied. *r* Hauptwurzel.

Fig. 18. Älteres Entwicklungsstadium des Keimpflänzchens von *Aconitum Napellus*. *r* Hauptwurzel. *r'* Hauptwurzelzweig. *h* hypokotyles Glied (unterhalb der Kotyledonen liegender Teil der Hauptachse). *c* Keimblätter. *s'* erstes, *c* zweites an dem epikotylen Teile der Hauptachse, dicht am Vegetationspunkte stehendes Laubblatt.

blätter (*c*), deren Fußstück der unterste Teil der Hauptachse, das hypokotyle Glied (*H A*) ist, darauf folgend die Niederblätter (*N*), die Laubblätter (*L*) und die Hochblätter (*H*). Die Internodien dieses Achsenstückes können kurz oder lang sein, und die Blattorgane können die verschiedenartigste Stellung einnehmen. Das Ende des Sprosses, welches zu Blüten (*B*) umgebildet ist, besitzt dagegen normaler Weise ganz verkürzte Internodien, und die Blattorgane stehen dort häufig in Wirteln, sonst in ganz

dichten Spiralen. Eine bezüglich ihres Sproßsystems so einfache Pflanze, wie wir sie uns hier konstruiert haben, deren Keimsprousende also schon in eine Blüte umgewandelt wird, nennt man eine einachsige Pflanze. Häufig kommt es vor, daß eine einachsige Pflanze Seitensprosse verschiedener Ordnung erzeugt, welche ebenfalls in eine Blüte endigen können, diese bezeichnet man dann als Bereicherungssprosse der einachsigen (resp. n -achsigen) Pflanze. Eine solche einachsige, meist Bereicherungssprosse erzeugende Pflanze ist z. B. *Erythraea centaurium*.

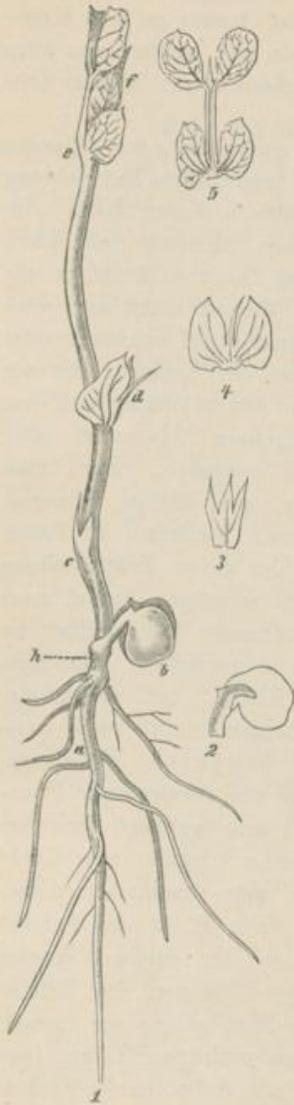


Fig. 19.

Junges Pflänzchen von *Pisum sativum* (Erbsen). 1a Keim- oder absolute Hauptwurzel. 1h hypokotyles Glied der Keim- oder absoluten Hauptachse. 1b und 2 Keimblätter oder Kotyledonen 1c bis e epikotylar Teil der Keim- oder absoluten Hauptachse. 1c, d, e, f und 3, 4, 5 Blätter. 3 und 4 Niederblätter. e und 5 erstes Laubblatt.

Arthur Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde

Viel häufiger als die einachsigen Pflanzen sind 2-, 3-, 4-, n -achsige Pflanzen, d. h. solche, bei welchen sich erst die Spitze von Seitensprossen 1^{ter}, 2^{ter}, 3^{ter}, n ^{ter} Ordnung in Blüten umwandelt; zweiachsige Pflanzen, bei welchen also die Keimachse nicht in eine Blüte endigt, wohl aber schon die Seitenachse erster Ordnung, sind z. B. *Viola tricolor* und *Veronica hederifolia*. Kehren wir wieder zu der einachsigen Pflanze zurück, so ist zuerst zu bemerken, daß schon an ihr die verschiedensten Organe ganz verschiedene Umgestaltungen erleiden können. Die Keimwurzel kann sich z. B. zur Knolle umbilden, ebenso das hypokotyle Glied, oder Internodien der epikotylen Achse oder einige dieser Teile zusammen. Die Blattorgane des schließlich blühenden Keimsprouses können nur Niederblätter oder nur Laubblätter oder Laubblätter und Hochblätter oder andere Metamorphosen des Blattes sein. Alle diese Gesichtspunkte gelten auch bei den Bereicherungssprossen; auch sie können sich z. B. zu Rhizomen, Knollen, Dornen etc. umgestalten, auch sie können die verschiedensten Blattorgane tragen. Das Gleiche hat auch für die Seitensprossen der mehrachsigen Pflanzen Geltung. Von großer Bedeutung für die Morphologie der Pflanze ist ferner die Frage, welcher Zweig eines absterbenden Sprosses die Vegetation hauptsächlich fortsetzt, ob derselbe näher oder entfernter von der Basis des oben absterbenden Sprosses, ob er in der Achsel eines Laubblattes, Nieder-

blattes, Hochblattes etc. steht. Bezüglich der Keimwurzel ist noch zu bemerken, daß dieselbe der Pflanze während der ganzen Lebenszeit erhalten bleiben kann oder auch früher oder später absterben kann. In letzterem Falle fast immer, aber auch sonst meist treten an dem Keimspresse oder an dessen Seitensprossen neue Wurzeln auf, welche man dann als Nebenwurzeln bezeichnet. Auch diese Nebenwurzeln können Umgestaltungen erleiden (Aconitum).

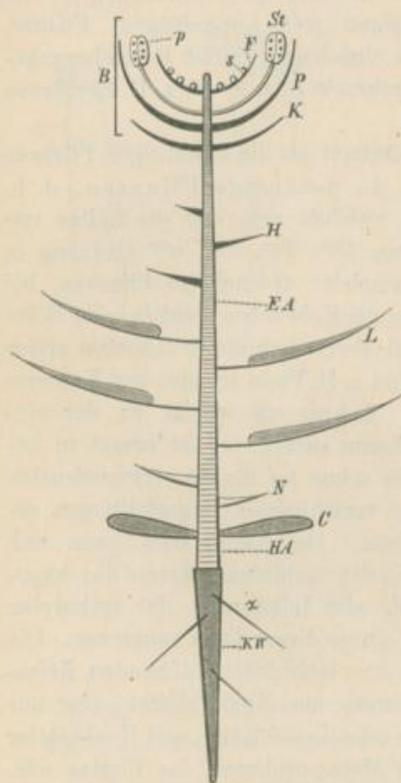


Fig. 20.

Schema einer einachsigen Pflanze, ohne Bereicherungssprosse. *KW* Keimwurzel oder Hauptwurzel mit 3 Zweigen *Z*. *HA* und *EA* die Hauptachse oder Keimachse, *HA* hypokotylar, *EA* epikotylar Teil derselben. *C* Kotsylodonen. *N* Niederblätter. *L* Laubblätter. *H* Hochblätter. *B* Blüte. *K* Kelchblätter. *P* Kronenblätter. *St* Staubblätter. *F* Fruchtblätter. *s* Samenknospen. *p* Pollenkörner.

Absterben ganzer oberirdischer Laub- und Blüten sprosse im Winter für mehrjährige Pflanzen häufig sehr entscheidend für den morphologischen Aufbau des Sproßsystems der Pflanze u. s. w.

Wie die Form und die Stellung der Organe, so sind auch die besprochenen Verhältnisse der Aufeinanderfolge der Organe für die Individuen

Eine ganze Reihe von Pflanzen machen die geschilderte Entwicklung ihres Körpers in einem Jahre oder in einer noch kürzeren Zeit durch und sterben dann vollkommen ab. Derartige Pflanzen nennt man einjährige, andere, bei welchen 2 (oder *n*) Jahre von der Keimung bis zur Blüten- und Fruchtbildung und dem darauf folgenden Absterben aller ihrer Teile vergehen, nennt man zwei- (resp. *n*-) jährige Pflanzen. Viele Pflanzen schließen ihr Leben nicht mit der ersten Fruchtbildung ab, sondern vermögen darauf noch eine unbestimmte Zeit weiter zu wachsen und periodisch oder fortwährend Blüten zu entwickeln. Solche Pflanzen nennt man ausdauernde Gewächse. Einjährige, mehrjährige und ausdauernde Pflanzen müssen sich bezüglich der Folge und Art ihrer Organe, wie leicht einzusehen, sehr voneinander unterscheiden. So z. B. ist die Schutzbedürftigkeit der jungen Sprosse mehrjähriger Pflanzen im Winter ein für die Morphologie der Sprosse einer Pflanze wichtiger Faktor; denn das periodische Auftreten von Niederblättern (Knospenschuppen) ist dadurch bedingt; ebenso ist die Entstehung von Achsensympodien durch

ein und derselben Pflanzenspecies wesentlich gleich, und man ist danach im stande, für jede Species ein zusammenhängendes Schema der Entwicklungsgeschichte des normalen morphologischen Baues zu entwerfen.

§ 5. Die Adventivsprosse und Adventivwurzeln.

Wie wir gesehen haben, läßt sich für jede Pflanzenspecies ein Schema der normalen Morphologie feststellen; für Folge und Stellung aller Organe lassen sich bestimmte einfache Regeln angeben. In einzelnen Fällen sieht man jedoch neben den nach den Regeln der Morphologie gestellten Wurzeln und Sprossen solche an der Pflanze auftreten, für deren Stellung und Folge sich keine bestimmte Regel finden läßt, oder deren Stellung mit den Regeln der Morphologie nicht übereinstimmt; derartige Wurzeln und Sprosse nennt man Adventivwurzeln und Adventivsprosse. Bei fast allen Pflanzen läßt sich 1. unter anormalen Lebensbedingungen die Entstehung von Sprossen und Wurzeln an anormalen Orten der Pflanze beobachten. Trennen wir z. B. ein Laubblatt von der Pflanze los und legen es auf feuchte Erde, so treten häufig an denselben Wurzeln auf, welche dann also an einem Orte stehen, an dem sie während des normalen Entwicklungsganges der Pflanze nie entstanden wären. Man findet aber auch weiter 2. noch Adventivsprosse und Adventivwurzeln, welche im normalen Lebensgange jedes Individuums einer Species auftreten und sogar ganz bestimmte, aber anormale Stellung einnehmen können. So bilden sich stets an den Wurzeln von *Psychotria Ipecacuanha* unregelmäßig gestellte Sprosse; ebensolche finden sich auf den Wurzeln der Pappel. Bei *Cardamine pratensis* bilden sich im Laufe der Entwicklung an den unteren Laubblättern Adventivsprosse in akropetaler Folge, an jedem Fiederblättchen da, wo die Seitennerven in den Mittelnerv des Blattes einmünden. Ebenso bilden sich an diesen Stellen Adventivwurzeln. Bei manchen Pflanzen treten ferner an dem hypokotylen Gliede der Keimflanze, unterhalb der Kotyledonen Adventivsprosse auf, so z. B. bei *Linaria vulgaris*. Auch an anderen Achsentheilen entstehen häufig Adventivsprosse. So kann man z. B. die accessorigen Sprosse, welche neben dem einen normalen Sprosse in der Achsel des Deckblattes bei *Carpinus betulus* etc. und die kollateral angelegten zahlreichen Sprosse in den Achseln der Zwiebelblätter des Knoblauchs entstehen, als Adventivsprosse bezeichnen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß der Begriff der Adventivbildungen kein scharf umgrenzter ist, daß wir auch bei der Anwendung des Wortes immer klar darüber sein müssen, daß dasselbe nur einen bequemen Ausdruck für die von dem normalen Schema abweichenden Fälle bildet.

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

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.

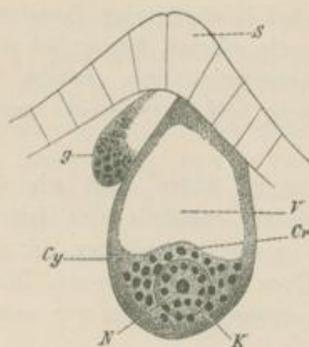


Fig. 21.

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

(Abbildung nach Schimper.)

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, mäsig 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 fruchtragenden 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.

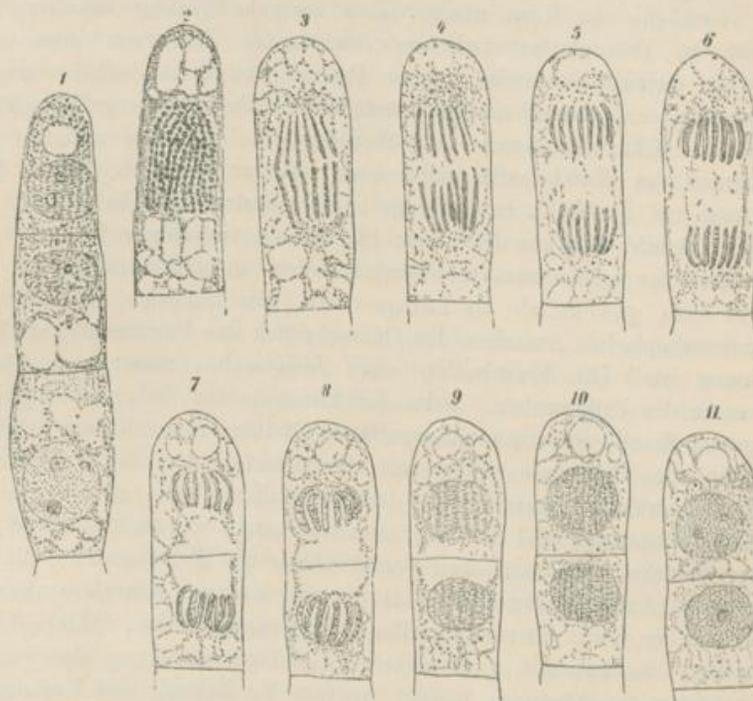


Fig. 22.

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, schließlic 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, Intercellularräume 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 Intercellularräume 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 schließlich 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 auszeichnen 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 Hülfe 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

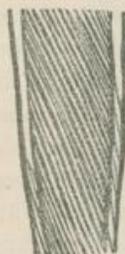


Fig. 23.

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

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 Tatsache 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

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 verschieden 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

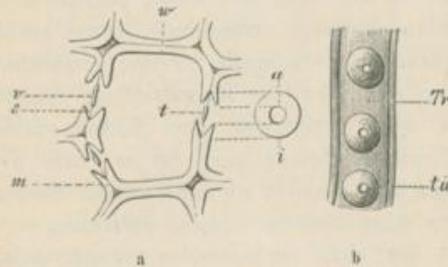


Fig. 24.

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. *v* Ansicht der äußeren Kanalöffnung; *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

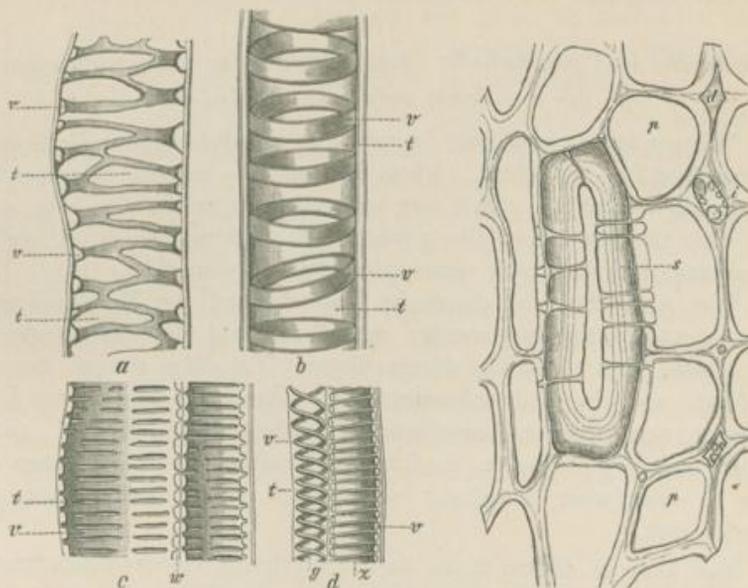


Fig. 25.

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. *r* 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*, *y* 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.

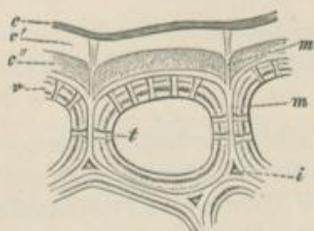


Fig. 27.

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. *e* 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 besitzen, 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 scheiden kann, in denen aber sicher in chemischer Beziehung verschiedene Lamellenarten zusammengeworfen 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 Proteinstoffe, 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 Steinmufs. 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 Kategorieen 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 schließlic 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 Oxalatkrystalle 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, außer 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.

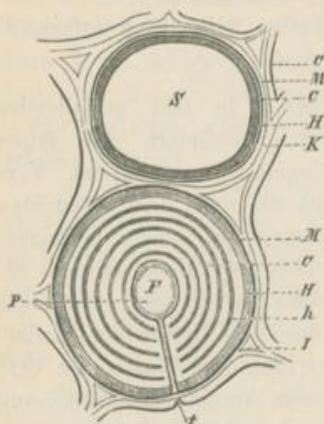


Fig. 28.

Querschnitt einer sklerotischen Faser (*F*) und eines Sekretrschlauches (*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-

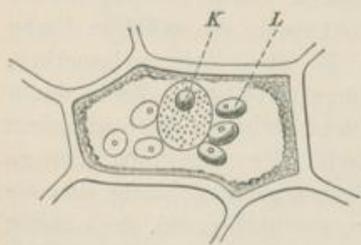


Fig. 29.

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

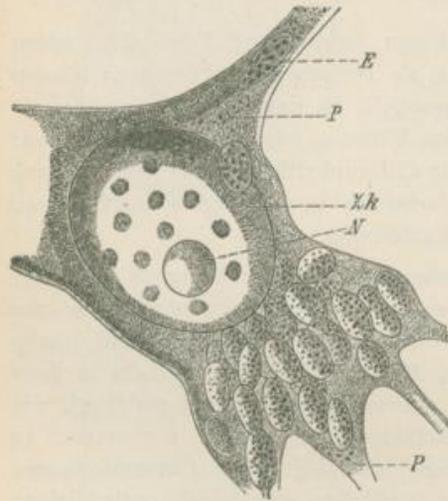


Fig. 30.

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

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 Perikarprien, 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.

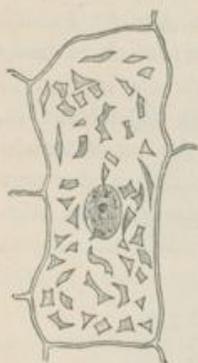


Fig. 31.

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

540 fach 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.

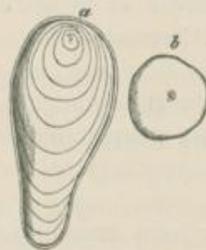


Fig. 32.

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

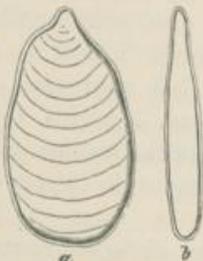


Fig. 33.

Fig. 33. Skizze eines Stärkekorns aus dem Rhizome von *Curcuma 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 aufsafs.

Die Schichtung und Form der Stärkekörner steht im engsten Zusammenhang 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);

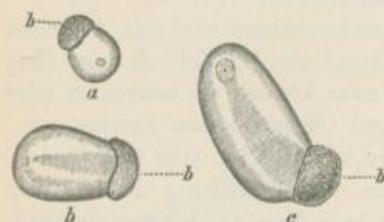


Fig. 35.

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, 3).

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 Jodjodkaliumlösung 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 (Chloralhydratlösung wird auf fein zerriebenen Jod stehen gelassen und ein Tropfen der Jodsplitter enthaltenden Lösung auf das Präparat gebracht), durch welche die Stärkekörner zugleich verquollen und gefärbt werden.

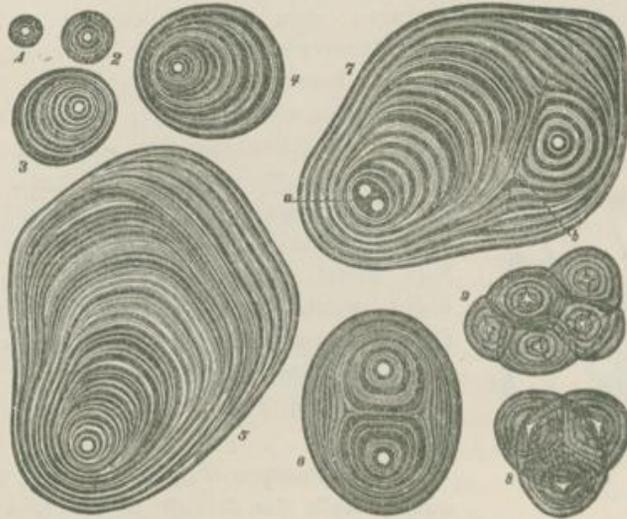


Fig. 36.

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 Alterwerden 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).

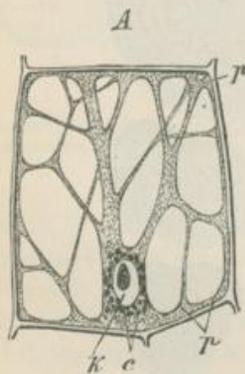


Fig. 37.
Lebende Zelle aus einem
Haare des jungen Blatt-
stiemes von *Equisetum agreste*.
k Zellkern. c Chromato-
phoren. p Cytoplasma.
190fach vergr.
(Nach Zimmermann.)

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 Orchideknolle, 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*

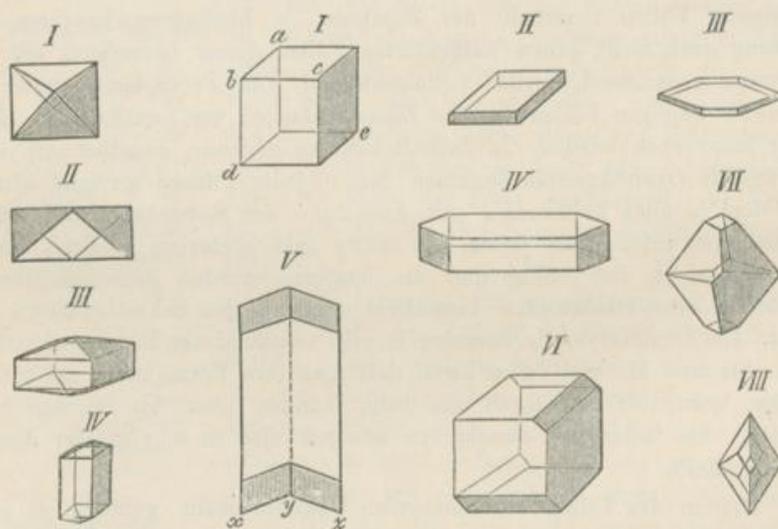


Fig. 38.

Fig. 39.

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

590fach 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 Zwillingsene. 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 Sphärökrystallen 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 größere Tropfen von in Wasser unlöslichen Flüssigkeiten nicht selten im Cytoplasma zu liegen. Außer den Zellsaftvakuolen finden sich also mit andern

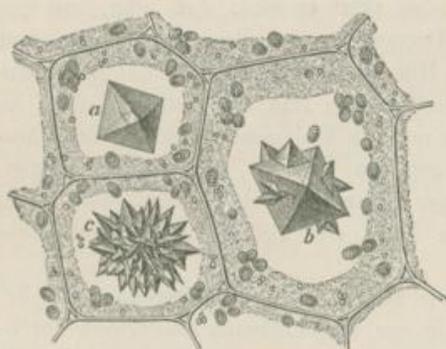


Fig. 40.

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 Druse *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 trocknen, 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, unbehofften 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 hauptsächlichliche 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 zeitlebens 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 bezeichnete 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 protoplasmführenden 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 Irisrhizomes 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. Interzellularräume 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 zusammentreten, 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 Umeristem 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 Aufsen-

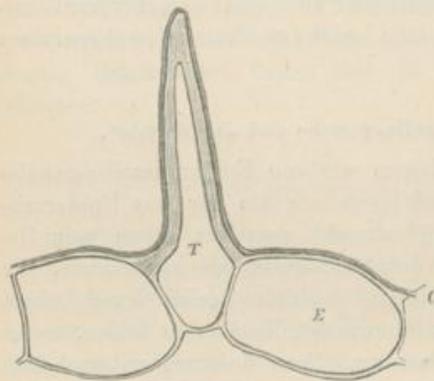


Fig. 41.

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 abnormalen 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 umgibt. Die Elemente, welche diese Schicht hauptsächlich aufbauen (also die später zu erwähnenden Kurzzellen ausgenommen), nennen wir Endodermiszellen 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

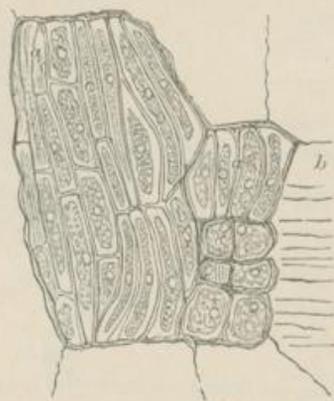


Fig. 42.

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.

180fach vergr.

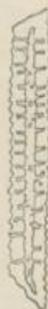


Fig. 43.

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*,

5*

Smilax, Aconitum Napellus, die Elemente der Hypodermis der Wurzel von Smilax, die Endodermzellen der Gefäßzylinderscheide 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.

e) 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

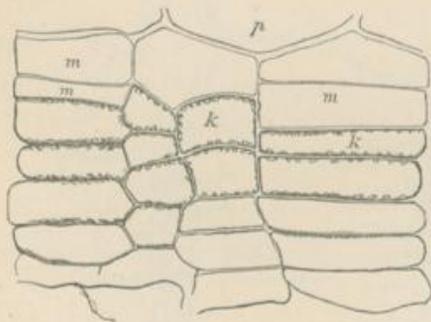


Fig. 44.

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

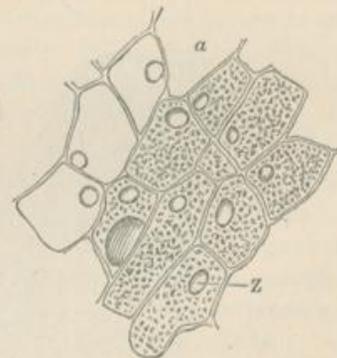


Fig. 45.

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 Libriformfasern oder Holzfasern sind Sklerenchymfasern.)

Wir fassen unter dem Ausdrücke Sklerenchymelemente alle diejenigen Zellen zusammen, welche sich auszeichnen durch eine starke Wandver-

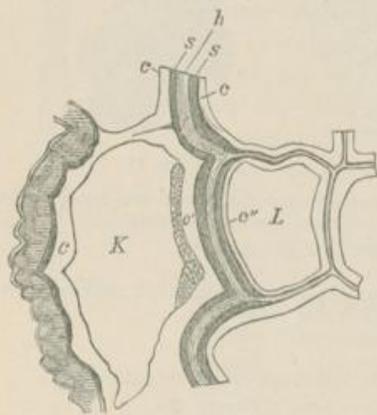


Fig. 46.

Radialer Längsschnitt durch 2 Korkzellen von *Gentiana lutea*.

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

700fach vergr.

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

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

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

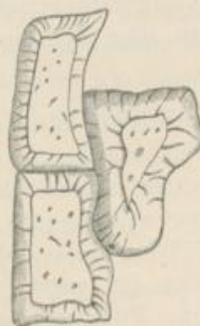


Fig. 47.

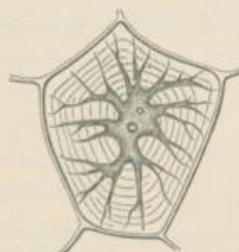


Fig. 48.



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 Akonitknolle dienen. Die Sklerenchymzellen kommen vereinzelt oder zu einem Gewebe verbunden im Pflanzenkörper vor und bilden im letzteren Falle nur sehr kleine Interzellularräume. 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, a von
außen gesehen.
t Tüpfel, w Wand.
l Lumen.
150fach 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 Sklerenchymfaserewebe zeichnet sich vor allen anderen Zellgeweben durch seine große absolute Festigkeit aus. Stränge von 1 qmm Querschnitte 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 officinale* 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.

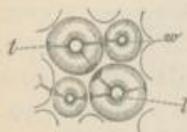


Fig. 51.
Querschnitt durch ein Stückchen des Sklerenchymfaser-gewebes des Holzes von Guajacum.
w Wand, l Tüpfel,
l Lumen der Sklerenchymfaser.

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 Schleinhüllen 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. 1870.)

c) Milchsatzzellen 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 Milchsatzzellen 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

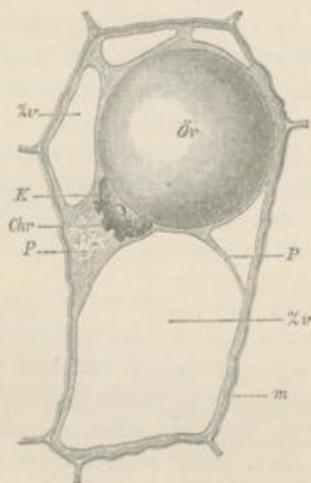


Fig. 53.

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

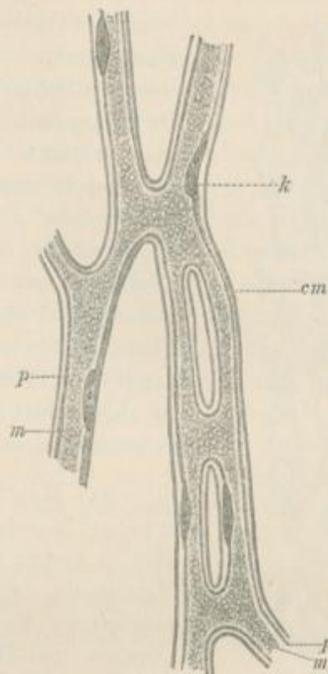


Fig. 54.

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 Milchsäfte 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 (*Musa*arten), 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

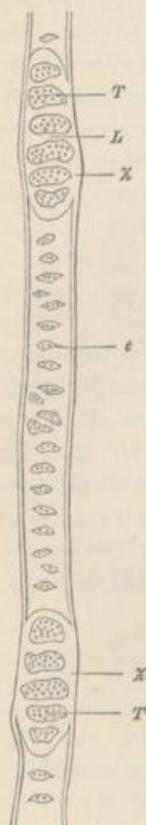


Fig. 55.

Zellwand eines Stückes einer isolierten Siebröhre von *Tilia grandifolia*. *s* 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. *L* Zwischen den Tüpfeln liegende dickere Leisten der Zwischenwand.
250fach vergr.

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-

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

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 zusammengedrückt. 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.

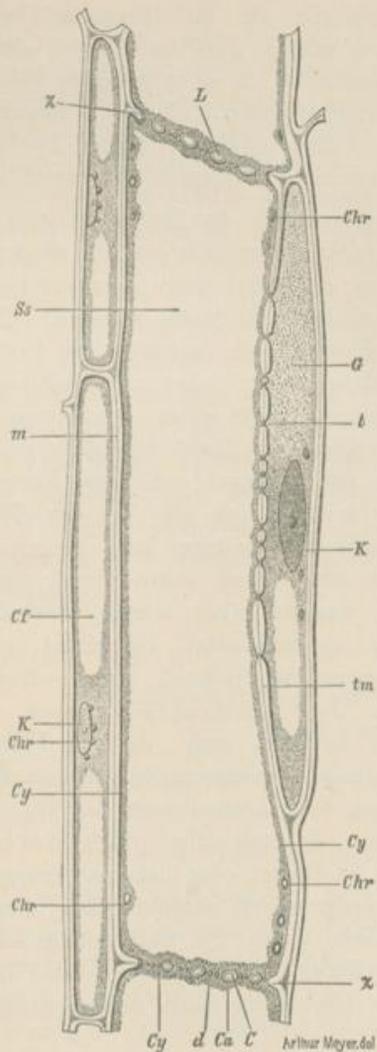


Fig. 56.

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).

S 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.

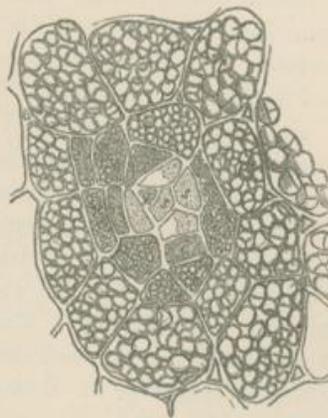


Fig. 57.

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

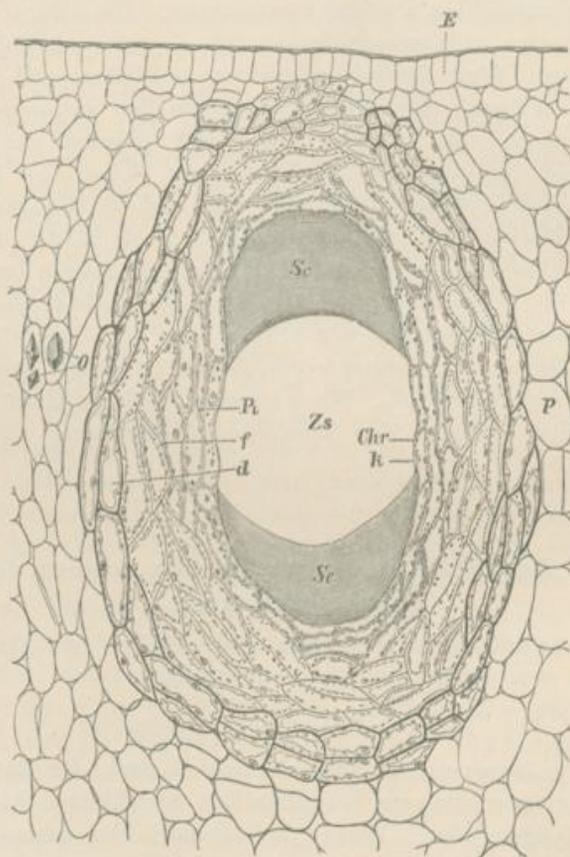


Fig. 58.

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

Sc Sekret. *Zs* wässrige Flüssigkeit. *P* 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 Sekretröpfchen ausge-

schieden, und zugleich tritt langsame Lösung der den entstehenden Interzellularraum begrenzenden Zellen ein, so daß bald die mit Cytoplasma, Zellkern und Chromatophoren versehenen Protoplasten der innersten Zellen freiliegen und die direkte Hülle des Sekrettropfens 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) Interzellulare 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 Interzellularräume abgeschieden. Diese Interzellularräume 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 Interzellularräume von einer einfachen (selten mehrfachen) dichten, ohne Interzellularräume 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 hie und da leicht erkennbare Chromatophoren enthält, von den umgebenden Zellen unterscheiden. Diese Zellschicht nennt man das Epithel der interzellularen Sekretbehälter. Die innere Wand der Epithelzellen berührt direkt das Sekret des Interzellularraumes, dessen Innenraum keinen Protoplasten, selbst kein Cytoplasma enthält. Die interzellularen Sekretbehälter sind wie die normalen luftführenden Interzellularräume schizogenen Ursprunges. Als Beispiel ihrer Entwicklung und ihres Baues wollen wir die normalen interzellularen 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 interzellularen Sekretgänge der Fichte. Diese Mutterzellen besitzen einen großen Zellkern und dicht gekörnelttes 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

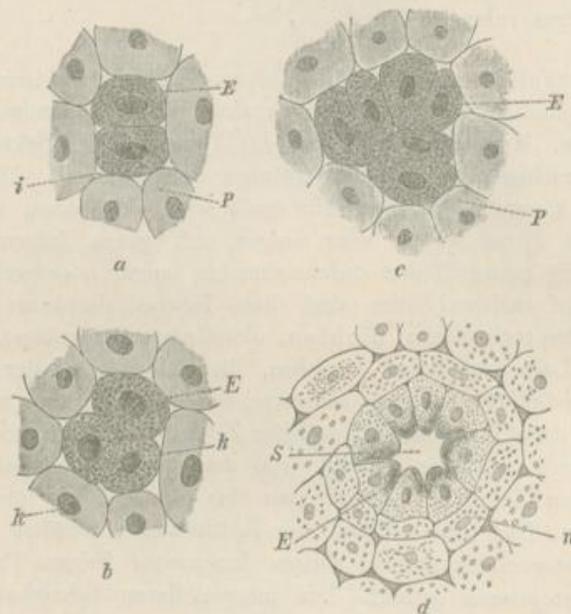


Fig. 59.

Entwicklung eines interzellularen Sekretganges aus der Laubknospe der Fichte.

Querschnittsbilder 300 fach 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 hysterogenen (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 *Irisrhizoms* 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 (lysigenen 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 hauptsächliche biologische Funktion der meisten

6*

luftführenden Intercellularräume 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 Meristenhöcker, die Anlagen der Blätter. Bei der Weiterentwicklung der Pflanze erhalten die Spitzen aller Achsenzweige durch Teilung des ursprünglichen Vegetationspunktes der primären Achse ebenfalls gleichgebauten 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 schließlic 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 Endodermzellen bestehende Wurzelhypodermis. Die Hypodermis

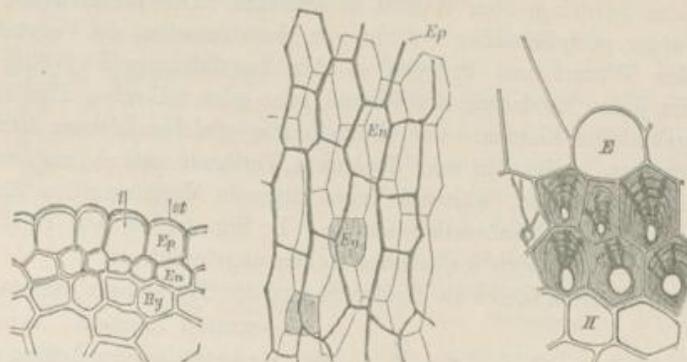


Fig. 60.

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.

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

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

wird nur an den Stellen, wo sich Spaltöffnungen über ihr in der Epidermis

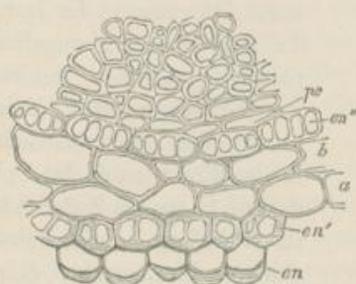


Fig. 63.

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.

befinden, von Intercellularräumen durchbrochen. 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).

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 Verbands 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 Korkschicht tritt. Die Entstehung der Korkschicht beginnt mit der Entwicklung einer Meristemschicht durch Teilung der Epidermiszellen selbst, wie bei der Achse von *Solanum Dulcamara* oder durch Teilung einer ihr ungefähr parallel laufenden Schicht von Parenchymzellen. Meist nimmt die Meristemschicht in der direkt unter der Epidermis liegenden Zellschicht ihren Anfang, wie bei *Psychotria Ipecacuanha* (Fig. 65), seltener entsteht sie aus einer tiefer liegenden Parenchymschicht, so wie es z. B. bei *Punica Granatum* der Fall ist. Ist diese Meristem-

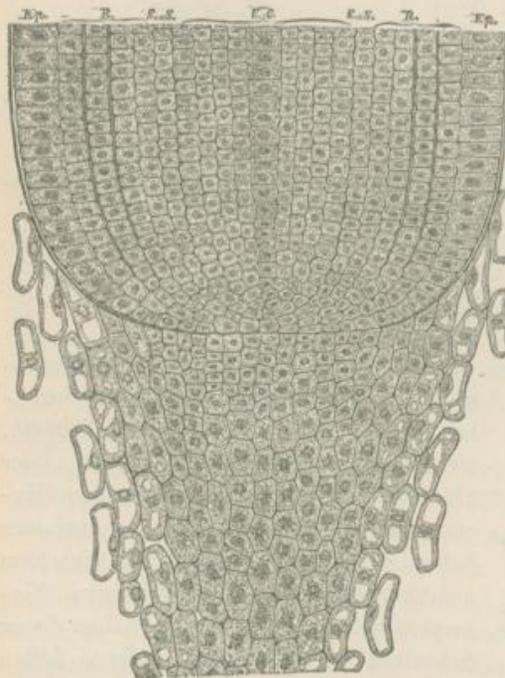


Fig. 64.

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

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

schicht entstanden, die man, wie gesagt, das Phellogen genannt hat, so bilden sich die jeweilig äußeren Zellen der Schicht 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

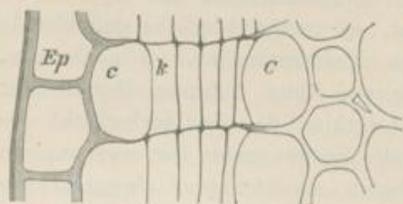


Fig. 65.

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.

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 Korkhypoderme 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 Korkhypoderme oder allein gehen aus dem Phellogen hervor. In manchen Fällen entsteht die Korkhypoderme aus einer unter dem Phellogen liegenden besonderen Parenchymschicht. Als Beispiel für diesen letzteren Fall mag die Korkhypoderme 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

Korkschiebt. 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 Korkschiebt 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 Korkschiebt 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 Korkschiebt 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 Gewebeschichten unter der Endodermis ein Periderm erzeugt haben, welches bei wiederholter Peridermbildung schließlich unter den Borkenschuppen herläuft und sich an die Korkschiebt 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 Tracheenstränge 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 Laubblattumwandelungen. Auch in die Samenknospe dringen Zweige des Tracheenstrangsystems ein, deren Verlauf bei der Besprechung des Baues der Samen genauer auseinandergesetzt wird.

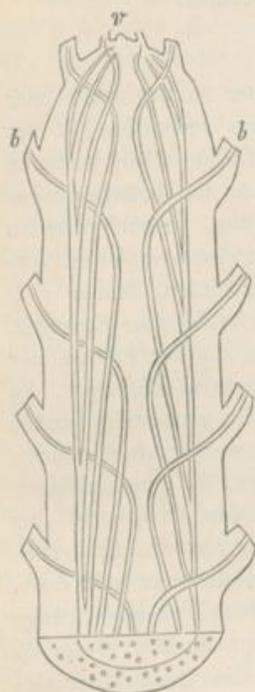


Fig. 66.
Schema des Tracheenstrang-
verlaufs bei
Aspidistra elatior.
r Vegetationspunkt. b Blatt-
basen.

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, schließlic in die Blätter selbst eintretend. In den Knoten sind die senkrecht verlaufenden Stränge meist durch regelmäsig 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.

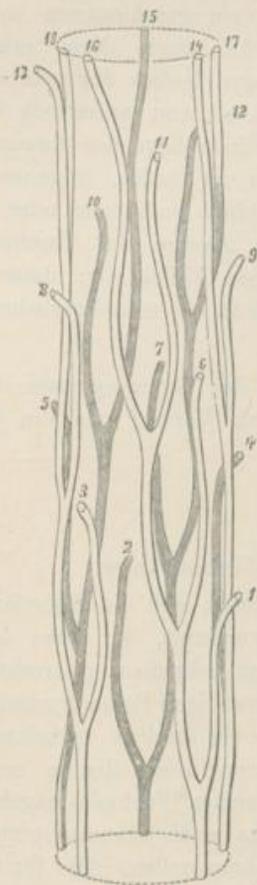


Fig. 67.

Fig. 67. Schema des Tracheenstrangverlaufes im Stengel von *Iberis amara*. Die Blätter sind am Stengel spiralg nach $\frac{1}{13}$ 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.)

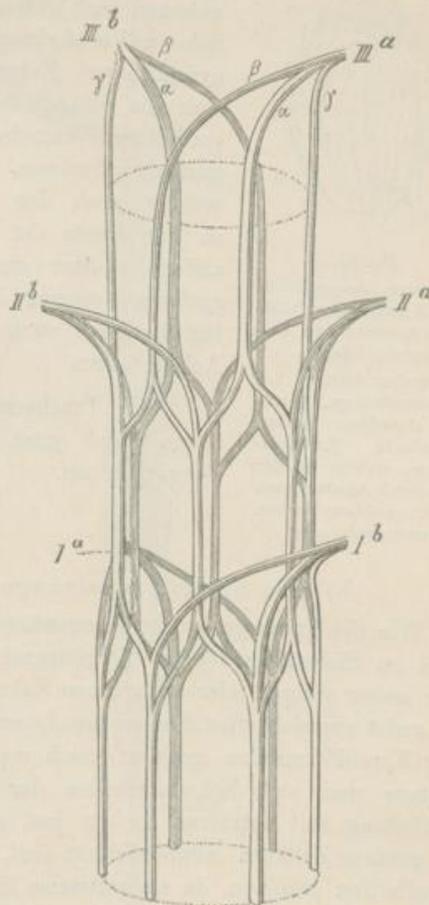


Fig. 68.

Fig. 68. Perspektivisch dargestelltes Schema des Tracheenstrang-Verlaufes im Spross 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 Parenchymschicht: 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 Orbanche Rapum.

b 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 hie 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 aufser einigen oder zahlreichen Siebröhren und schmalen, gestreckten, mit meist zugeshärften 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 aufserhalb 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

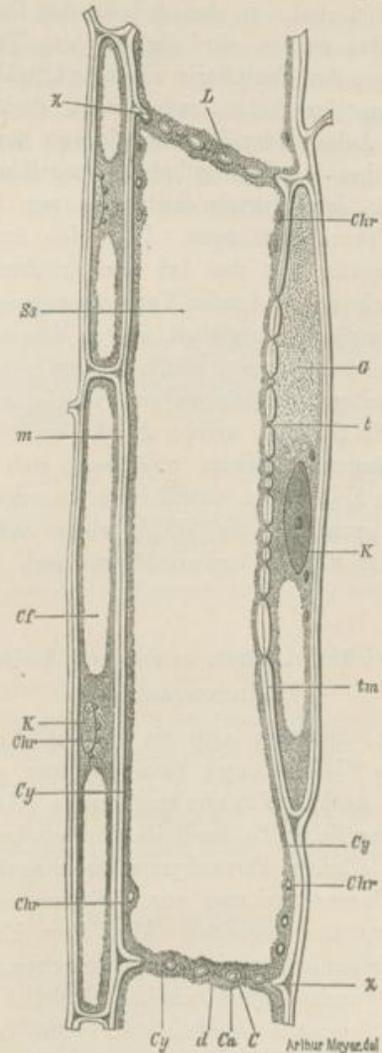


Fig. 70.

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).

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.

Arthur Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde.

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),

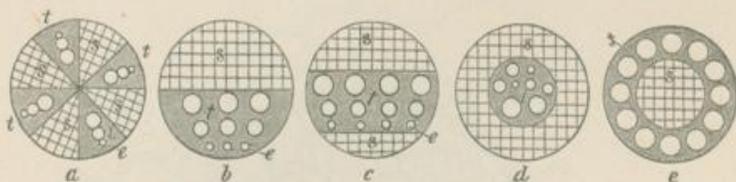


Fig. 71.

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 hohlcylindrischen 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

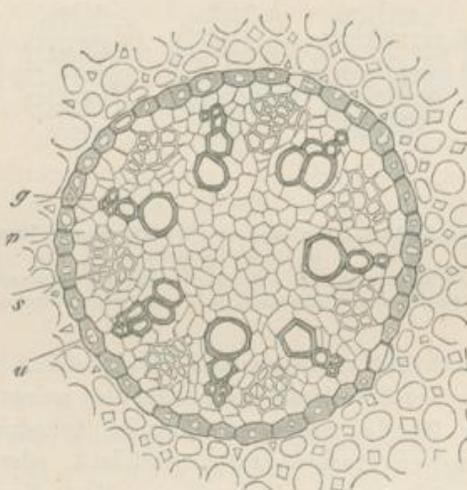


Fig. 72.

Querschnitt durch das siebenstrahlige Leitbündel einer Nebenwurzel von *Primula Auricula* und eine kleine Partie des dasselbe umgebenden Rindenparenchyms.
 u Leitbündelscheide (Endodermis) mit einigen unverdickten Durchlafszellen. 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 Innenraume des Bündels zu. Es sind

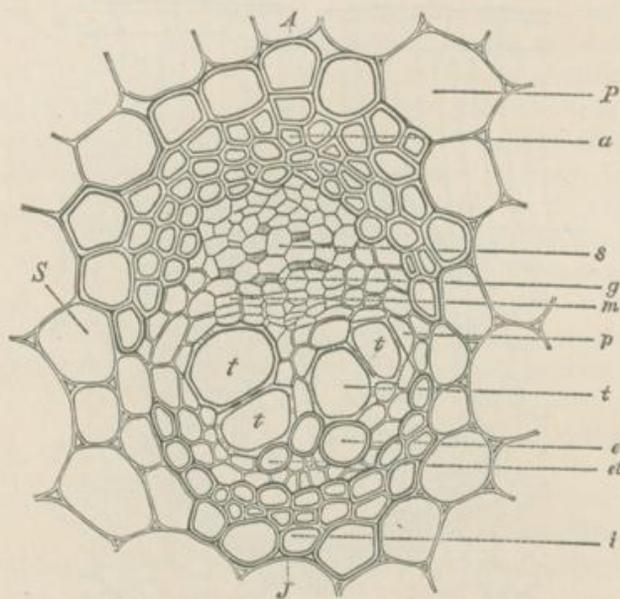


Fig. 73.

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-

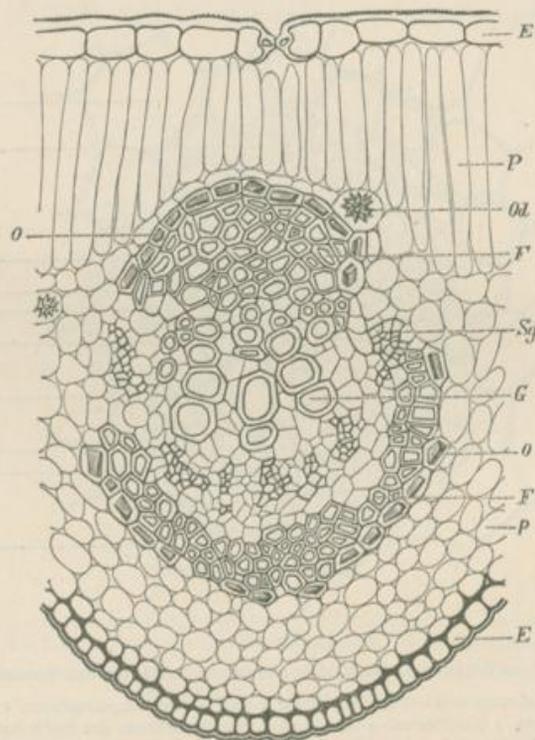


Fig. 74.

Gefäßbündel des Mittelnerves 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

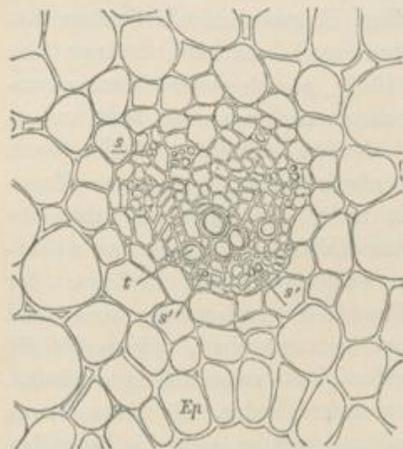


Fig. 75.

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 große Festigkeit der zu festigenden Organe erreicht wird und zwar stets in dem Sinne, wie es die Biologie der betreffenden Organe augenscheinlich vom Zweckmäßigkeitsstandpunkte 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 zulieft. 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 zweckmäßig 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 große 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 Iförmigen 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 Blattnerve, in der Längsrichtung der Nerven verlaufend. Man vergleiche z. B. hierzu die Blattnerve 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 unzuweckmäßig 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 Drüsenschuppen, welche bei den Nebenapparaten besprochen werden.

Als hauptsächlichste 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 Drüsenschuppen 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 Eukalyptusblatte. 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 Gefäßcylinders 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 gröfsere 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 Gefäfsbündeln, 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 Gefäfsbündeln befindliche Parenchym, als genügend berücksichtigt, aufser 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 Gefäfsbündel 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 Gefäfsbündelsystems umgebende ganze innere Parenchymmasse wird Parenchym des Gefäfszylinders genannt. Das Parenchym des Gefäfszylinders ist in der Mitte (wenn es dort nicht zerstört ist) gewöhnlich grofszellig; die Gröfse der Elemente nimmt aber in der Nähe des Rindenparenchyms gewöhnlich stark ab, so dafs eine relativ kleinzellige Parenchymmasse des Gefäfszylinders an die innerste grofszelligere 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 Außenrinde. Es bildet wie bei den Monokotyledonen einen Hohlzylinder. Das Parenchym, in welchem die

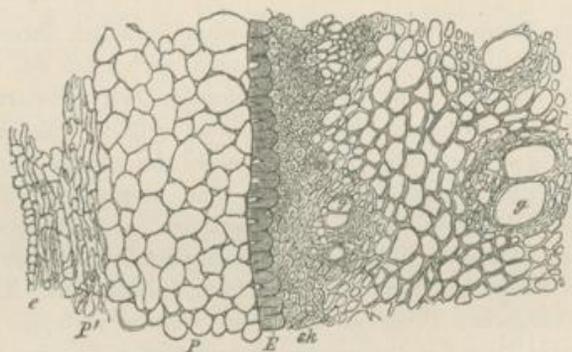


Fig. 76.

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. *sk* 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

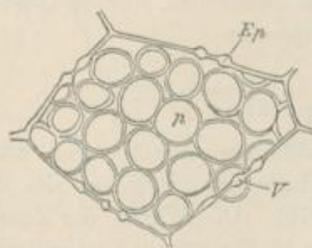


Fig. 77.

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

netzförmig gestaltetes System, von je nach der Biologie der betreffenden Pflanze sehr verschiedenartig umfangreicher Ausbildung. Hauptsächlich verläuft das System in dem Parenchymgewebe der Pflanze. 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 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

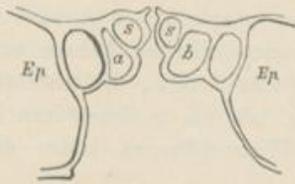


Fig. 78.

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

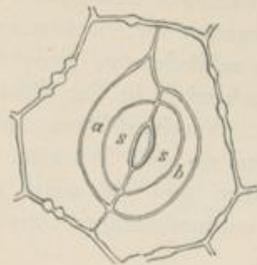


Fig. 79.

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

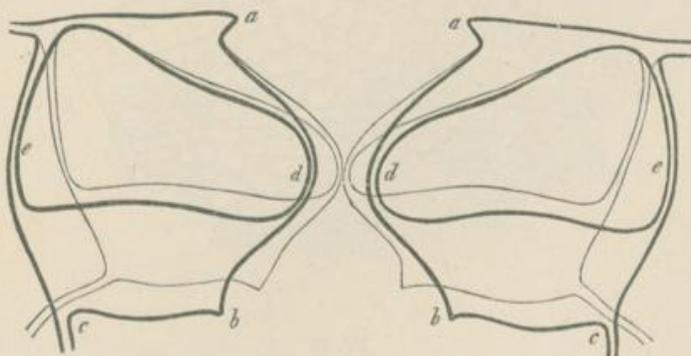


Fig. 80.

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

daß 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-

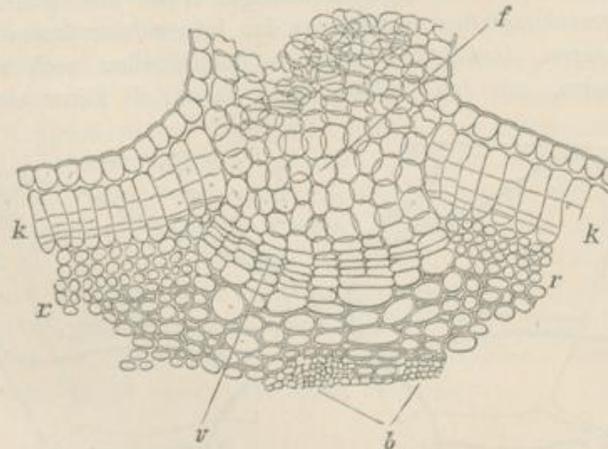


Fig. 81.

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. *v* Verjüngungsschicht. *r* Hypodermis der Rinde.

cellen sind kleine, linsenförmige oder ähnlich gestaltete, auch nach außen als kleine Höcker hervortretende Anschwellungen des Periderms, deren Gewebe sich von dem übrigen Peridermgewebe durch Interzellarräume auszeichnen, mittels deren das System der luftführenden Interzellarräume 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.



IV. Spezielle Morphologie und Anatomie
der
äußeren Organe der Pflanze
und
Pharmakognosie der als Drogen verwendeten Pflanzenteile.

§ 1. Die Samen.

1. Allgemeine Morphologie und Anatomie der Samen*),
der Angiospermen.

Unter Samen versteht man, wie wir schon sahen, die in ganz jugendlichem Zustande befindliche Pflanze samt den noch von ihrer Mutterpflanze herstammenden Hüllen und Nährgeweben, soweit sie aus der Samenknospe hervorgingen.

Das morphologische Verständnis des Samens und die Definition der verschiedenen Teile desselben hängen so eng mit der Entwicklungsgeschichte des Samens zusammen, daß es zweckmäßig ist, letztere voranzustellen. Vorzüglich ist es nötig, daß man im Auge behält, wie sehr der feinere Bau des Samens sich ändert, je nachdem der Samen aus einer gerad-, gegen- oder krummläufigen Samenknospe hervorging.

Die Samenknospe ist eines der 5 Hauptorgane der Pflanze, welche wir unterschieden. Man kann sie leicht als sandkorngroße Gebilde finden, wenn man den Fruchtknoten einer Mohnblüte, einer Hyacinthe u. s. w. durchschneidet. Ihre Entwicklungsgeschichte ist eine einfache. Die Samenknospe bildet sich stets als eine exogene meristematische Wucherung der jungen Fruchtblätter oder der jungen Blütenachse (siehe Fig. 82). Es beteiligen sich am Aufbaue des anfangs hervortretenden kleinen Gewebehöckers zugleich mit der Epidermis Zellen des unter ihr liegenden Gewebes, ähnlich wie bei der Entstehung eines Achsenzweiges oder der

*) Die Entwicklung des Samens der Gymnospermen ist bei Fructus Juniperi genau geschildert und wird das dort Gesagte nach der Auseinandersetzung über die Samen der Angiospermen ohne weiteres verständlich sein.

meisten Blätter. Je nach der definitiven Gestalt, welche die Samenknope haben soll, vermehren und wachsen die Meristemzellen der verschiedenen

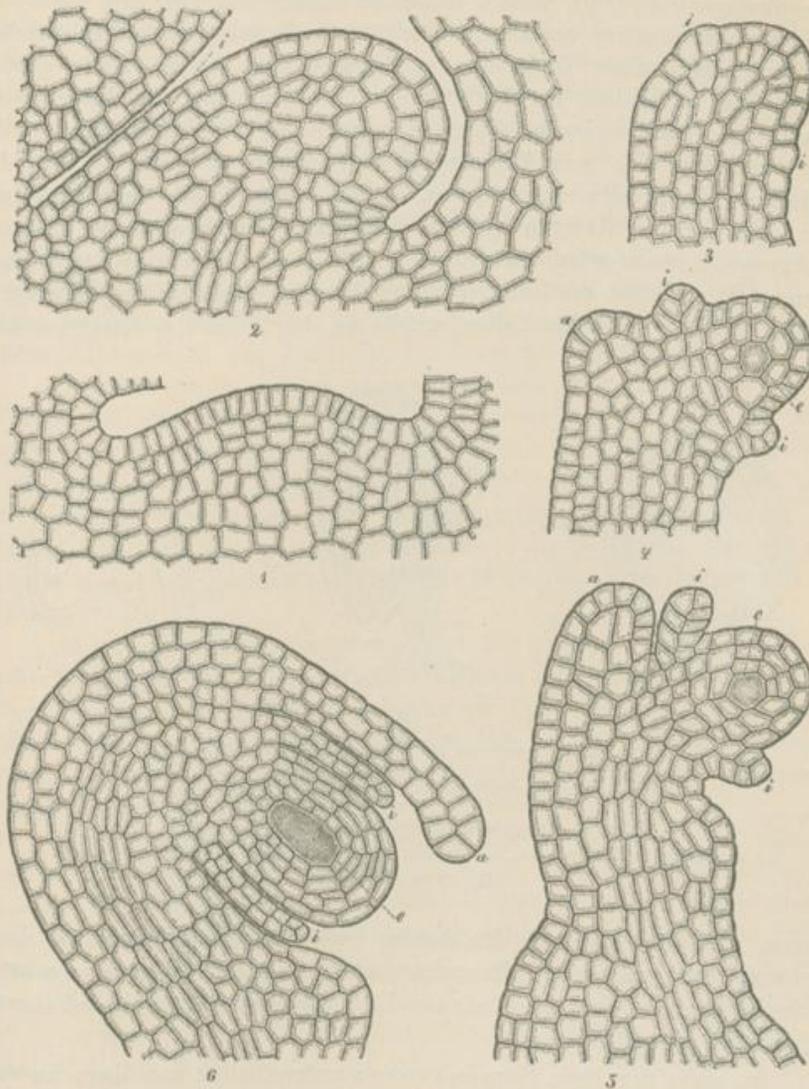


Fig. 82.

Entwicklung der anatropen Samenknope von *Oenothera biennis* L.

1 Querschnitt der jungen Placenta. 2 Querschnitt der älteren Placenta. 3 Längsschnitt einer jungen, aus dem Placentagewebe durch Teilung und Wachstum hervorgegangenen Samenknopeanlage mit den Mutterzellen *i* des inneren Integumentes. 4 Längsschnitt einer etwas älteren Samenknope; — *i* Anlage des inneren, *a* Anlage des äußeren Integumentes, *e* Zelle des Gewebes, welche später zum Embryosack wird. 5 noch ältere, 6 fast vollendete Samenknope

Regionen der Anlage verschieden stark, so daß die Umrißform sich successive ändert, wie aus der Fig. 82 ersichtlich. Sind mehrere Integumente vorhanden, so entsteht hierbei das innerste meist zuerst, alle als

ringförmige Wucherungen der Basis des Gewebehöckers, dessen Spitze zum Nucellus wird. Eine Meristemzelle, welche der Spitze der jungen Samenknospe nahe liegt, wächst besonders kräftig und wird zum Embryosack, welcher übrigens bei seinem Wachstum mehr oder weniger zahlreiche Meristemzellen seiner Umgebung verdrängen kann, was soweit gehen kann, daß schließlich der Embryosack fast direkt an das Integument grenzt, das Nucellusgewebe fast ganz zerstört ist. Der Embryosack teilt sich, nachdem sich sein Zellkern in 8 Tochterkerne geteilt hatte, in 7 Zellen. Die größte dieser Zellen, welche einen durch Verschmelzung von zwei Tochterzellkernen entstandenen Kern erhält, behält den Namen Embryosack; besser würde man für diese Zelle einen besonderen Namen einführen, sie vielleicht zur Unterscheidung von dem Embryosack „Nährsack“ nennen können. 3 nackte Zellen, welche an der Spitze des Embryosackes

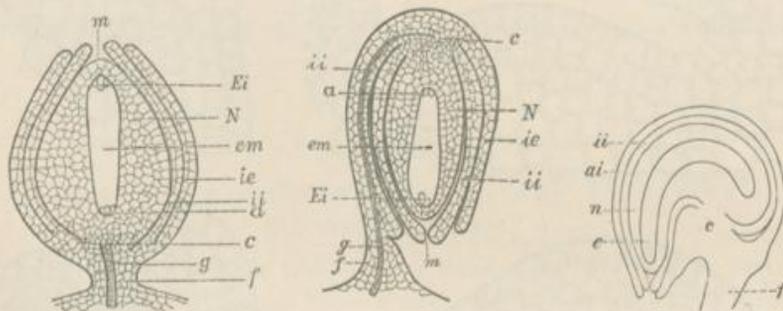


Fig. 83.

Fig. 83. Längsschnitt durch eine atropine Samenknospe.

Fig. 84.

Fig. 84. Längsschnitt durch eine anatropous Samenknospe.

Fig. 85.

Fig. 85. Kampylotropous Samenknospe (*Beta vulgaris*).

f Funikulus. e Embryosack. n Nucellus. ii inneres und ai äußeres Integument.
(Fig. 85 30fach vergr.)

liegen, sind zum Ei und den beiden Gehülffinnenzellen geworden, die 3 anderen, meist mit einer Zellmembran umgebenen Teilzellen der Embryosackzelle liegen am unteren Ende des Embryosackes und werden als Gegenfüßlerinnen bezeichnet.

An einer fertigen Samenknospe unterscheidet man dann im vollkommensten Falle folgende wichtige Teile, welche wir zuerst an der einfachsten Form der Samenknospe kennen lernen wollen, an der anatropous Samenknospe. Das Gebilde sitzt mit einem kleinen Stiele dem Fruchtblatte oder der Blütenachse an, welchen man als Stiel oder Funikulus (Fig. 83 f) der Samenknospe bezeichnet. Dieser Stiel trägt direkt eine etwa eiförmige Gewebemasse, den Nucellus (N), in welchem als große Zelle der Embryosack (em) liegt, in dessen oberes Ende die kleine Eizelle (Ei) und die beiden Gehülffinnen, in dessen Basis die Gegenfüßlerinnen (a) hineinragen. An der Basis des Nucellus entspringen zwei

(oder nur eine, wie bei *Oenanthe* und übrigens bei den meisten sympetalen Dikotyledonen) dünne, aus Zellgewebe bestehende, den Nucellus dicht becherförmig umschließende Hüllen, das innere (*ii*) und das äußere Integument (*ie*), welche oben eine feine Öffnung über der Spitze des Nucellus lassen, die Mikropyle (*m*). Nucellus und Integumente bestehen aus Meristemzellen, nur im Funikulus verläuft ein kleines Gefäßbündel (*g*), welches etwa in der Insertionshöhe der Integumente endigt.

Die eben beschriebene einfachste Form der Samenknospe, die atrope oder orthotrope oder geradläufige, ist nicht die am häufigsten vorkommende Form. Die meisten Samenknospen sind anatrop. Eine anatropische Samenknospe ist in Fig. 84 abgebildet. Bei ihr ist der Stiel am Rande des äußeren Integumentes inseriert, so daß die Mikropyle neben dem Funikulus liegt. Das Gefäßbündel durchläuft den Stiel und das äußere Integument und dringt bis zur Basis des Nucellus vor.

Seltener als die beiden anderen ist eine dritte Form der Samenknospen, welche man als kampylotrope bezeichnet hat. Bei den kampylotropen Samenknospen (welche z. B. bei den Caryophyllen, Gramineen vorkommen), sind der Nucellus und der Embryosack gekrümmt; die Lage der Mikropyle ist dieselbe wie bei den anatropen Samenknospen. Es giebt schließlich Übergänge zwischen den 3 Hauptformen, wie wir eine solche z. B. bei *Colchicum autumnale* finden, die man hemianatrop nennt.

Aus diesen Samenknospen entsteht der Samen, sobald die Eizelle, nach Eindringen des Pollenschlauches bis zum Nucellus, durch Eindringen eines Zellkernes des Pollenschlauches in das Ei und durch Verschmelzung des Zellkernes des Eies und desjenigen des Pollenschlauches befruchtet worden ist. Der Befruchtungsprozeß bringt sonst keine sichtbare Änderungen in dem Baue der Samenknospe hervor.

In dem befruchteten Samen beginnt die Eizelle sofort die Teilungen und das Wachstum, durch welche die Eizelle schließlich zu der jungen Pflanze, dem Embryo, wird. Gehülffinnen und Gegenfüßlerinnen sterben ab, der Embryosack teilt sich hingegen ebenfalls in zahlreiche Zellen, indem er zugleich heranwächst, und das so aus der Nährsackzelle entstehende Gewebe, welches am besten Embryosackgewebe genannt wird, wird entweder vom wachsenden Embryo verdrängt und zerstört, oder es bleibt bis zur Reife des Samens erhalten und füllt sich dabei, zu einem Nährgewebe, dem Endosperm, werdend, mit Reservestoffen. Das Gewebe des Nucellus wächst anfangs auch mit, wird aber doch meist bald verdrängt und zerstört, selten entwickelt es sich weiter und füllt sich mit Nährstoffen, dann nennt man es Perisperm. Es kann auch teilweise mit zum Aufbaue der Samenschale dienen, welche sich jedoch meist nur aus den Zellgeweben der Integumente entwickelt.

Im vollkommensten Falle, in dem also alle Teile der Samenknospe sich weiter entwickelt haben, würden wir also an einem reifen Samen folgende Hauptteile unterscheiden können:

1. die Samenschale (*S*) (Fig. 86 u. 87),
2. das Perisperm (*P*),
3. das Endosperm (*E*),
4. den Embryo (*K*).

Untersucht man den Samen von außen, also die Oberfläche der Samenschale, so findet man ferner an vielen Samen bestimmten Regionen der Samenknospe entsprechende Stellen des Samens durch Färbung und Struktur vor der übrigen Samenschale ausgezeichnet und man hat diese, um eine einfache Beschreibung des Samens zu ermöglichen, mit besonderen Namen belegt.

1. Findet man bei allen Samen die Narbe des Samenknospen- oder eigentlich Samenstieles (*N*, Fig. 86 und 87). Dieselbe liegt bei ana-

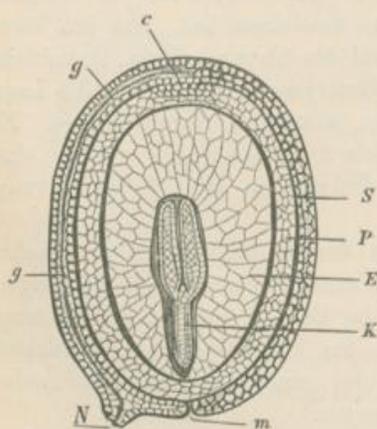


Fig. 86.

Schema des Längsschnittes eines aus einer anatropen Samenknospe hervorgegangenen Samens.

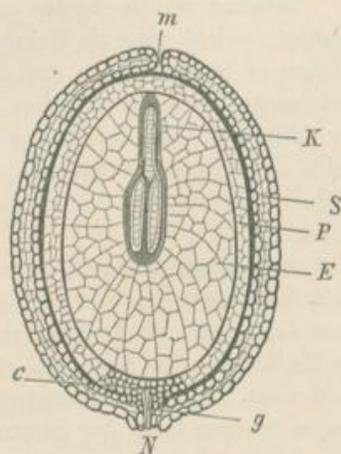


Fig. 87.

Schema des Längsschnittes eines aus einer atropen Samenknospe hervorgegangenen Samens.

tropen Samen meist in der Nähe der Mikropyle, bei atropen Samen der Mikropyle gegenüber. Man nennt diese Stielnarbe den Nabel des Samens.

2. Ist bei vielen Samen die Region der Mikropyle an der Färbung oder als äußerst kleine Öffnung noch aufzufinden. Man bezeichnet dann diese Stelle als Samenmund oder auch als Mikropyle (*m*).

3. In manchen Fällen sind die Zellen derjenigen Region der Samenschale, in welcher das Gefäßbündel, welches dem Funikulus der Samenknospe entstammt, endigt, wo die Samenschale aus dem Nucellusgewebe oder Funikulungewebe gebildet wurde, wo ferner die Integumente am Nucellus inseriert sind (siehe *c* in Fig. 83 und 84). — besonders aus-

gebildet oder gefärbt. Hat eine solche auffallende Ausbildung stattgefunden, so bezeichnet man die organische Basis des Samens als Chalaza oder Hagelfleck. Bei atropen Samen fällt die Chalaza stets mit dem Nabel zusammen (c, Fig. 87), bei den anatropen Samen liegt sie häufig dem Nabel gegenüber (c, Fig. 86).

4. Bei den anatropen Samen findet man meist die Region der Samenschale, in welcher das aus dem Funikulus eintretende Gefäßbündel in der Samenschale bis zur Nucellusbasis verläuft, als besonders gefärbte oder auch erhabene Linie ausgebildet. Ist dies der Fall, so bezeichnet man diesen von dem Nabel bis zur Chalaza des anatropen Samens verlaufenden Streifen als Raphe oder Nabelstreifen.

In seltenen Fällen bilden sich an dem Samen anormale Anhängsel aus, welche man je nach ihrer Form mit besonderen Namen belegt. Hierher gehört der Arillus. — Mit dem Namen Arillus bezeichnet man flächenförmig entwickelte, die Samenschale umhüllende Auswüchse, welche von den verschiedensten Stellen des Integumentes, z. B. der Mikropyle, Raphengegend, oder des Funikulus ausgehen können. Einen Arillus finden wir z. B. bei der Muskatnuss und bei dem Kardamomensamen, bei den Samen von *Evonymus europaeus*, bei dem gymnospermen *Taxus*. Ferner ist hier die Karunkula, eine an der Mikropyle liegende, hügelartige, fleischige Wucherung (z. B. des Ricinussamens) zu erwähnen.

Zum besseren Verständnisse des Samens wird es beitragen, wenn wir auf die vier Hauptteile des Samens noch etwas näher eingehen.

Als Samenschale faßt man am zweckmäßigsten alle diejenigen Zellschichten des Samens zusammen, welche zum Schutze des Embryo und eventuell des Nährgewebes des Samens dienen, legt also das Hauptgewicht auf die physiologische und biologische Funktion dieser Zellschichten. Sehen wir von den seltenen Fällen, in welchen an dem isolierten Samen noch Teile des Perikarps fest haften bleiben (siehe z. B. die Perikarphaut des Samens von *Citrullus Colocynthis* in der Monographie von *Fructus Colocynthis* und die aus dem Perikarp hervorgegangenen Teile der Samenschale von *Juniperus communis*) ab, so können sich am Aufbaue der so definierten Samenschale die Integumente, das Nucellusgewebe und das Embryosackgewebe beteiligen. Gewöhnlich liefert das Embryosackgewebe oder das Nucellusgewebe oder beide nur dadurch in vielen Fällen schützende Schichten, daß ihre Zellen zu dichten Häuten zusammenfallen, welche sich den gut ausgebildeten Zellschichten der Integumente dicht anlegen. So z. B. finden wir bei dem Samen von *Citrullus Colocynthis* unter der dicken Region der Samenschale, welche nur aus dem äußeren Integumente hervorging, noch zwei dünne Häutchen, welche dem Samen ganz dicht anliegen und welche sicher nur als Schutzschichten, nicht als Nährgewebe in Betracht kommen. In beiden Häutchen ist je nur eine Zellschicht noch gut erhalten, die übrigen sind zur glasigen Haut zusammengefallen. Die äußere (*Pe*, der Figur von *Fructus*

Colocynthidis) ging aus dem Nucellusgewebe, die innere (*En*) aus dem Embryosackgewebe hervor. Bei den Samen von *Foeniculum capillaceum* geht die nur eine gut entwickelte Zelllage enthaltende Samenschale aus dem einen Integument und dem Nucellus (den Resten des Nucellusgewebes) hervor. In selteneren Fällen aber entwickeln sie sich auch zu sehr vollkommen ausgebildeten Schutzschichten des Samens. So z. B. bildet sich das Nucellusgewebe der Samenknospe von *Myristica fragrans*, des Muskatnufsbaumes, zu einer hochentwickelten Schutzschicht des Nährgewebes und des Embryos aus. Solche aus dem Nucellus eventuell dem Embryosackgewebe hervorgegangene auffallendere Schutzgewebe bezeichnet man am besten als Hüllperisperm, resp. Hüllendosperm. Häufig geht die Samenschale nur aus den beiden oder auch nur einem Integumente allein hervor. So z. B. ist die Samenschale des Leinsamens nur aus den beiden Integumenten der Samenknospe entstanden (das Nucellusgewebe der letzteren wurde völlig zerstört). Im allgemeinen kann die Samenschale eine höhere und niedrigere Entwicklung besitzen. Samen, welche vom ganzen Perikarp umhüllt bleiben, zeigen gewöhnlich eine wenig entwickelte Samenschale. Als Beispiel möge die Samenschale der Umbelliferen, die Samenschale von *Piper Cubeba*, *Laurus nobilis*, dienen. Jedoch auch viele aus dem Perikarp herausfallende Samen besitzen eine einfach gebaute Samenschale. So finden wir z. B. die Samenschale von *Colchicum autumnale* nur aus zusammengefallenen parenchymatischen Elementen bestehend. Dagegen ist schon die Samenschale von *Papaver somniferum* komplizierter gebaut, wenn sie auch sehr zart ist. Gewöhnlich ist die Samenschale der aus dem Perikarp herausfallenden Samen kompliziert gebaut, ihre Zellschichten sind sehr eigenartig entwickelt, häufig zu sehr festen Geweben geworden. Vorzüglich erfährt die äußere Epidermis und die unter ihr liegende Schicht oft die eigentümlichste Ausgestaltung. So z. B. geht die Epidermis der Samen von *Strychnos Nux vomica* in eine dichte Schicht langer Haare über, ebenso die Epidermis der Samen von *Gossypium herbaceum* und *Salix* oder in kurze, weite Haare, wie bei der Mandel. Bei *Linum usitatissimum*, *Plantago Psyllium* (Floh-samen), *Pyrus Cydonia*, *Alonsoa*-Arten bilden die Epidermiszellen leicht verquellende Membranen aus, welche bei Wasserzutritt zum Samen verquellen und den letzteren mit einer Schleimschicht umgeben, die ihn am Substrate befestigt und das Austrocknen des Samens verhindert (dieselbe biologische Funktion besitzen die verquellenden Zellen in den 4 Spalten der Koloquintensamen, welche Spalten im übrigen der Keimwurzel den Austritt erleichtern werden). Sehr häufig wird die Epidermis zu einer festen Schicht von mechanischen Zellen der verschiedenartigsten Form. Dahin gehört die eigentümlich gebaute äußere Epidermis von *Trigonella faenum graecum*, die Epidermis des Vanille-Samens, des Samens von *Capsicum annum*. Nicht selten übernehmen auch weiter innen liegende Zellschichten die Festigung der Samenschale, während die Epidermis zart bleibt, wie z. B. bei der Samenschale von *Myristica*

fragrans, wo die palissadenartigen, festigenden Zellen aus der inneren Epidermis des äußeren Integumentes hervorgehen.

Das aus dem Funikulus in den Samen eintretende Gefäßbündel bleibt in vielen Fällen einfach, unverzweigt und reicht dann bis zur Chalaza. So findet sich bei anatrophen Samen also häufig eine einfache linienförmige Raphe (*Semen Faeni graeci*). In anderen Fällen aber entsteht in der Samenschale ein System von zahlreichen Gefäßbündeln. So verhält es sich z. B. bei der Mandel und bei dem Samen von *Myristica fragrans*; in letzterem Falle erhält auch das Hüllperisperm ein Gefäßbündelsystem, welches mit dem Gefäßbündel des Funikulus zusammenhängt. Am Schlusse der Betrachtung der Samenschale muß noch eine seltener vorkommende Erscheinung erwähnt werden, von welcher wir ein Beispiel bei dem Kardamomensamen finden. Es ist dies die Umwandlung der Spitze der Integumente in ein Samendeckelchen. Man findet solche Samendeckelchen, welche sich beim Keimen des Samens lösen und so dem Würzelchen den Austritt erleichtern, hauptsächlich bei den Monokotyledonen, aber auch bei zahlreichen Dikotyledonen (*Marantaceen*, *Sparganien*, *Lemna*, *Elatine hexandra*, *Reseda virescens*).

Als Perisperm bezeichnet man das in ein Nährgewebe verwandelte Gewebe des Nucellus. Ich machte schon oben darauf aufmerksam, daß das Nucellusgewebe sehr häufig völlig zerstört wird, so daß man im reifen Samen keine Spur desselben mehr auffinden kann, und daß es ferner zum Aufbaue der Samenschale beizutragen vermag und dann zweckmäßig als Hüllperisperm bezeichnet werden kann. In nicht gerade häufigen Fällen geht aus dem meristematischen Gewebe des Nucellus ein Gewebe hervor, welches bezüglich seiner physiologischen Funktion und seines anatomischen Baues dem Endospermgewebe gleicht, welches wir nachher näher besprechen wollen, dann nennt man diesen Teil des reifen Samens Perisperm. Hier und da ist ein solches Perisperm in ganz rudimentärer Form vorhanden, d. h. es sind nur einige wenige Schichten von Perispermgewebe entwickelt, dann ist es nicht immer leicht zu entscheiden, ob man in der That ein Nährgewebe vor sich hat, oder ob der Inhalt des Gewebes aus Stoffen besteht, welche zum Schutze des Embryos bestimmt sind. Hier liegen eben die Übergänge zwischen Hüllperisperm und Perisperm. In anderen Fällen ist Perispermgewebe reichlich entwickelt. So finden wir z. B. bei *Chenopodiaceen*, *Caryophyllaceen*, *Nymphaeaceen* reichlicher entwickeltes Perisperm, sehr kräftig entwickeltes bei den *Scitamineen*. Von unseren Drogen ist der Samen von *Piper Cubeba*, mit schwächer, der Samen von *Elettaria Cardamomum* mit stärker entwickeltem Perisperm zu nennen.

Als Endosperm bezeichnet man das Embryosackgewebe, wenn sich dasselbe mit Nährstoffen füllt, also zu einem Nährgewebe wird. Auch das Endosperm kann sehr verschieden reichlich entwickelt sein. Bei *Linum usitatissimum* z. B. bildet es nur einen dünnwandigen Sack um

den Embryo, bei *Colchicum*, *Myristica fragrans*, *Strychnos Nux vomica* besteht die Hauptmasse des Samens aus dem Endosperm. Bei der Mandel (wahrscheinlich auch bei dem Samen von *Brassica nigra*) ist das Nährgewebe des Endosperms nur auf eine Zellschicht reduziert. Gänzlich fehlt das Endosperm dem Samen der Vanille.

Sehr verschiedenartig ist der Bau und Inhalt der Zellen des Endosperms (ähnlich verhält sich das Perisperm). Die Zellwände der Endospermzellen können sehr zart sein, wie bei *Papaver somniferum*, oder dickwandig und dabei feiner oder gröber getüpfelt, wie z. B. bei *Strychnos Nux vomica* und bei der Ölpalme (Fig. 88 und 89). Die Zellwand kann

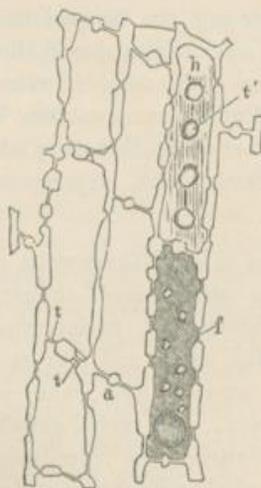


Fig. 88.

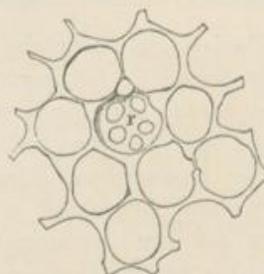


Fig. 89.

Längsschnitt und Querschnitt durch die Endospermzellen von *Elaeis guineensis* L. (Ölpalme).

dabei die verschiedenartigste chemische Natur besitzen; sie kann z. B. widerstandsfähig gegen Wasser sein oder mehr oder weniger leicht quellbar (die Wände der Endospermzellen von *Strychnos* quellen ziemlich leicht, ebenso die von *Colchicum*). Charakteristisch für das Endospermgewebe ist dabei in den allermeisten Fällen das Fehlen der Interzellularräume im Endosperm.

Als charakteristische Inhaltsbestandteile der Endospermzellen und als Reservestoffe derselben findet man Stärkekörner und Aleuronkörner (Proteinkörner, über welche wir am Ende dieses Kapitels Näheres mitteilen wollen) oder auch Aleuronkörner und fettes Öl oder auch alle drei Körper nebeneinander. Stets enthalten die Endospermzellen dabei lebendes Plasma mit einem Zellkerne und meist schwer erkennbare farblose Chromatophoren.

In ganz seltenen Fällen (z. B. bei *Crinum capense*) zerstört das wachsende Endosperm Samenschale und Embryosackgewebe und bildet

schließlich als chlorophyllführendes, mit Intercellularräumen versehenes Gewebe die äußerste Schicht der großen Samen.

Der Embryo ist also das aus der Eizelle hervorgegangene, mehr oder weniger weit entwickelte Pflänzchen.

Wir sahen, daß die Eizelle in den Embryosack vorgewölbt, in der Nähe der Mikropyle der Samenknospe saß, also stets an der organischen Spitze der Samenknospe, gegenüber der späteren Chalazaregion des

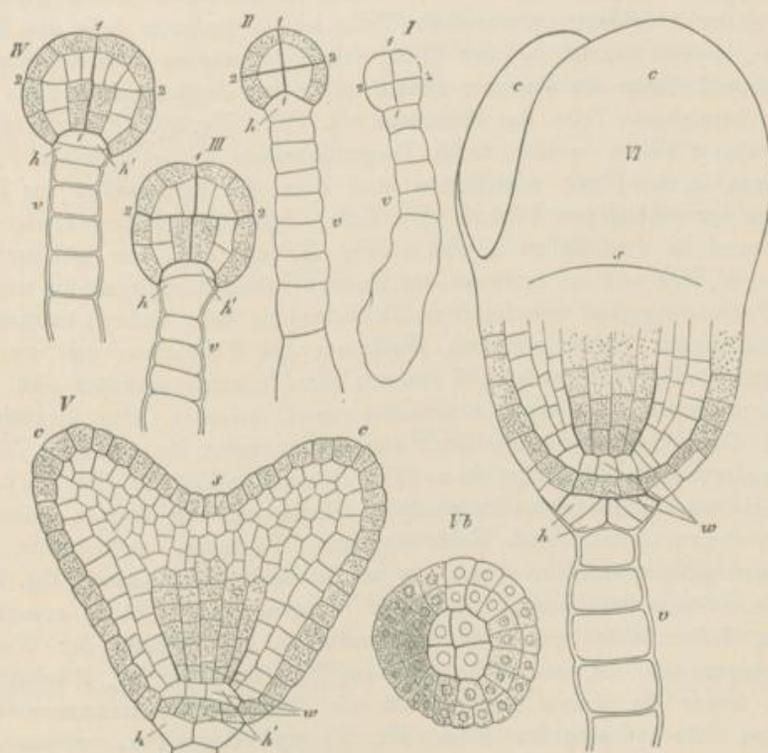


Fig. 90.

Darstellung der Keimbildung von *Capsella Bursa pastoris* nach Handzeichnungen Hansteins. Entwicklungsfolge von I—VI (Vb Wurzelende von unten gesehen); I, I—2, 2, die ersten Teilungen der Scheitelzelle des Verkeims; h h' die Hypophyse, v Vorkeim, c Cotyledonen, s Scheitel der Achse, w die Wurzel.

Dermatogen und Plerom sind dunkel gehalten.

Samens. Nach der Befruchtung umgibt sich die Eizelle mit einer Cellulosemembran, streckt sich fadenförmig gerade aus und teilt sich durch mehrere Querwände. Die Endzelle dieses Zellfadens und die zweite Zelle desselben teilen sich dann, wachsen allein weiter und bilden sich so in dem Embryo um, dessen Achsenteil stets an dem der Anheftungsstelle des Zellfadens abgekehrten Teile, dessen Wurzel sich an dem der Anheftungsstelle zugekehrten Teile des Embryo findet. Betrachten wir

ganz kurz die Entwicklung des dikotylen Embryos von *Capsella Bursa pastoris* an der Hand der von Hanstein herrührenden Abbildung, so werden wir uns über die im fertigen Samen vorliegenden Verhältnisse klar werden.

Die befruchtete Eizelle der kampylotropen Samenknope von *Capsella* wächst also zuerst zu einem mehrzelligen (etwa aus 6 Zellen bestehenden) Zellfaden heran, dessen Endzelle bald kugelig anschwillt und sich durch Längs- und Querwände in 8 Zellen teilt. Dieser Zustand ist in Fig. 90, I im Längsschnitt (alle Figuren bis V stellen Längsschnitte vor) dargestellt. Die in der Abbildung untere große Zelle ist die hinterste Zelle des Zellfadens, welche direkt mit der Wand des Embryosackes zusammenhängt. An dem Aufbaue des Embryos nimmt außer dem Zellkugelchen noch die mit *z* bezeichnete Zelle des Zellfadens teil. Wie Fig. 90, II zeigt, teilen sich die 8 Zellen weiter durch Tangentialwände in je 2 Zellen. Die äußeren, in der Figur schattierten sind dann die Mutterzellen der Epidermis der zukünftigen Pflanze. Die Zelle *z* teilt sich ferner durch eine Querwand in zwei Zellen *h'* und *h* (Fig. III und IV), von welcher die obere, *h'*, sich mit am Aufbaue des Embryo beteiligt, während die untere als Verbindungsglied zwischen dem Zellfaden und dem Embryo betrachtet werden kann. Unter weiterem Wachstum des Kugelchens und zweckentsprechenden, fortgesetzten Teilungen der Zellchen gestaltet sich der Embryo weiter aus, wobei er zunächst zuerst dreieckig, dann herzförmig wird. Dabei liefern, wie aus den Figuren hervorgeht, die 4 unteren Zellen des ursprünglichen Zellkugelchens (Fig. I) und die Zelle *h'* (Fig. IV) das Material zum Aufbaue des hypokotylen Gliedes und der Wurzel, während die 4 oberen Zellen durch Zellteilung und Wachstum das Gewebe des Achsenvegetationspunktes (Fig. V, *s*) und der beiden Keimblätter (Fig. V, *c*) bilden. Schon bald lassen sich in der Wurzelanlage die Zellen erkennen, deren Teilprodukte später zu dem centralen Gefäßbündel der Wurzel werden; es sind die, welche im centralen Wurzelteile der Fig. V schattiert sind, ferner die, deren Teilprodukte die Wurzelhaube zusammensetzen werden (die schattierten *h' w*, Fig. V) und diejenigen, welche das Rindenparenchym der Wurzel aufbauen werden (die nicht schattierten, mit *w* bezeichneten der Fig. V). In Fig. VI ist der in der Entwicklung weiter vorgeschrittene Embryo, im unteren Teile im Längsschnitt, im oberen in seinen körperlichen Umrissen dargestellt. Fig. 91 stellt dann einen medianen (der Fig. V entsprechend geführten) Längsschnitt durch den ganzen, immerhin noch sehr jungen Embryo dar, in welchem die genetischen Beziehungen zwischen den verschiedenen Zellschichten nicht durch Schattierungen hervorgehoben sind. Nach dem dargestellten Stadium teilen sich die Zellen, unter Wachstum des ganzen Gebildes noch weiter, und noch ehe der Embryo völlig ausgewachsen ist, gehen die bis dahin im rein meristematischen Zustande befindlichen Zellchen des Gebildes teilweise und mehr und mehr in den definitiven Zustand über. Vorzüglich bildet sich der centrale Meristemstrang der Wurzelanlage zum radialen

Gefäßbündel aus, während auch in den Keimblättern ein System von Gefäßbündelehen aus den Meristemzellen entsteht. Die Wurzel wächst schließlich wie eine normale Nebenwurzel weiter in die Länge, die Keimblätter füllen sich mit Reservestoffen

und nehmen bald (sich zugleich umbiegend) den ganzen Innenraum des Samens ein. In Fig. 92 ist der Samen mit dem völlig entwickelten Embryo dargestellt. Letzterer erfüllt die Samenschale völlig und ist jetzt umgebogen, so daß die Keimblätter (c) der Wurzel und dem hypokotylen Gliede anliegen.

Die ausgebildeten Embryonen der reifen Samen der monokotyledonen und dikotyledonen Gewächse besitzen nun folgenden Bau.

Die dikotyledonen Embryonen besitzen mehr oder weniger lange Wurzeln, welche direkt in das hypokotyle Glied übergehen (Wurzel und hypokotyles Glied bezeichnet man gewöhnlich als Würzelchen des Embryos), als dessen Spitze der Vegetationspunkt des epikotylen Achsenteiles oder eine kleine, gestreckte epikotyle Achse erscheint. Das hypokotyle Glied trägt 2 gegenständige Keimblätter, das über den Kotyledonen sitzende Achsenstück häufig schon kleine Blattanlagen. Im letzteren Falle (wie bei *Vicia Faba*, *Phaseolus* etc.) bezeichnet man das epikotyle Achsenstück mit seinen Blattanlagen, also den epikotylen Sproß, wohl als Plumula. Bei den normal entwickelten Embryonen können alle diese Teile eine sehr verschiedenartig weit gehende Ausbildung erlangen. Ein häufiger Fall ist es, daß sich die

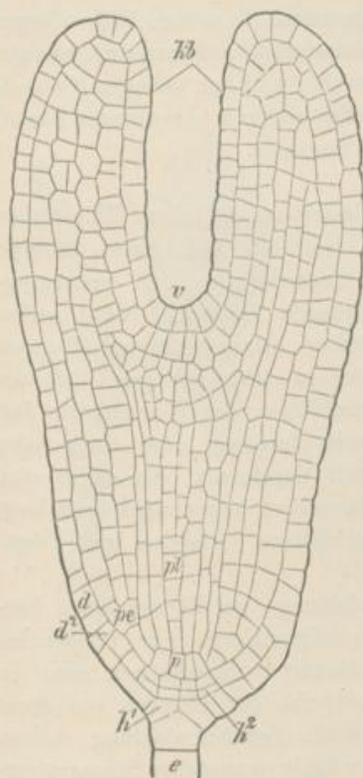


Fig. 91.

Ziemlich weit in der Entwicklung vorgeschrittener Embryo von *Capsella Bursa pastoris* im Längsschnitte.

k_1 Keimblätter. v Vegetationspunkt der Achse. e oberste Zellen des Zellfadens (Embryoträgers). k_1 und k_2 Wurzelhaubenanlage. d und d' Anlagen der Epidermis von Achse und Wurzel. p und pe Anlage der primären Rinde der Wurzel. pl Anlage des radialen Gefäßbündels der Wurzel.

300fach vergr.
(Nach Hanstein.)

Keimblätter relativ stark entwickeln, dabei fleischig werden und dieselben Reservestoffe speichern, wie sie das Endosperm enthalten kann. In Samen mit derartigen Embryonen ist dann gewöhnlich kein Nährgewebe entwickelt. Als Beispiele mögen die Mandel, deren Kotyledonen die Hauptmasse des Samens ausmachen, der Samen von *Laurus nobilis* mit seinem sehr kleinen Würzelchen und die Bohne dienen. Viel weniger kräftig,

aber doch noch fleischig sind die Keimblätter von *Linum usitatissimum* entwickelt. In anderen Fällen sind die Keimblätter dünn, laubblattartig, wie z. B. bei *Brassica nigra*, *Tilia*, *Rhamnus* und noch viel mehr bei *Strychnos Nux vomica*. Bei *Pimpinella Anisum* ist das Würzelchen fast genau so groß, wie beide Keimblätter zusammen. In vielen Fällen liegen die Keimblätter mit ihrer ebenen Innenfläche glatt aufeinander, weniger häufig sind sie gefaltet (*Brassica nigra*) oder hin und her gebogen (*Convolvulus arvensis*, *Fagus silvatica*) oder knitterig gebogen (*Theobroma Cacao*) oder umeinander gewickelt (*Chimonanthus fragrans*).

Häufig liegen die Keimblätter mit der Achse und dem Würzelchen

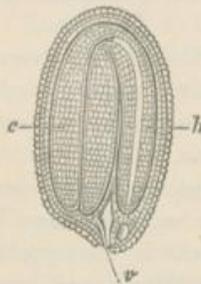


Fig. 92.

Längsschnitt durch den reifen endospermfreien Samen von *Capsella Bursa pastoris*.

c Keimblätter. h hypokotyles Glied und die als seine direkte Fortsetzung erscheinende Wurzel. r Gefäßbündel des Funikulus.

Die kleine Kugel über der Wurzelspitze ist die Basalzelle des Embryoträgers.

(Nach Strasburger).

gleichgerichtet, so daß der ganze Embryo gerade ist. So finden wir es z. B. bei *Amygdalus*, bei *Pimpinella Anisum*. Nicht selten ist der ganze Embryo etwas gekrümmt (*Papaver somniferum*) oder so stark gebogen, daß die Spitzen der Keimblätter die Wurzelspitze fast berühren (*Spinacia oleracea*), oder mehr oder weniger eingerollt (*Capsicum*), oder es ist auch dies Würzelchen scharf umgebogen und liegt neben den Keimblättern (*Brassica* und *Trigonella*) u. s. w.

Die Entwicklung des dikotyledonen Embryos kann im allgemeinen sehr verschieden weit im reifen Samen vorgeschritten sein. In seltenen Fällen bleibt der Embryo auf einer sehr niederen Stufe der Entwicklung stehen. So finden wir den Embryo mancher Schmarotzergewächse, z. B. *Orobanche*, *Cuscuta*, *Balanophora*, noch in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung, ohne Kotyledonen, ohne fertige

Wurzelanlage, als rundlichen Gewebekörper im reifen Samen.

In anderen Fällen besteht der Embryo noch ganz aus meristematischem Gewebe, und der Vegetationspunkt ist nur als kaum erkennbarer Höcker vorhanden, die Lage der Gefäßbündel noch nicht oder kaum an der besonderen Gestalt der Meristemzellen erkennbar. In den Fällen weit vorgeschrittener Entwicklung findet man dagegen fast jede Zelle des Embryo, mit Ausnahme der des Wurzel- und Stammvegetationspunktes definitiv ausgebildet, wenn auch noch sehr zart und klein, nur der Vergrößerung bedürftig; Siebstränge, Gefäße schon ausgebildet. In seltenen Fällen findet man sogar schon neben der Hauptwurzel Seitenwurzeln im Embryo angelegt.

Als anormale Erscheinungen ist ferner noch die ungleiche Entwicklung der beiden Keimblätter zu erwähnen, wie wir sie z. B. bei *Citrus aurantium*, *Ficaria ranunculoides*, *Dryopalanops Camphora* etc.

finden und die Entwicklung von mehr als 2 Keimblättern wie bei *Psittacanthus* und *Persoonia*. (Bei den Gymnospermen ist das Auftreten mehrerer Keimblätter ein häufiger Fall.)

Der normale Monokotyledonenembryo besitzt nur ein Keimblatt, welches die direkte Fortsetzung der Wurzel und des unter dem Vegetationspunkt der Achse liegenden hypokotylen Gliedes bildet. Der Vegetationspunkt der Achse ist in einer seitlichen, horizontalen Spalte des Gebildes versteckt, von der Keimblattbasis überdeckt.

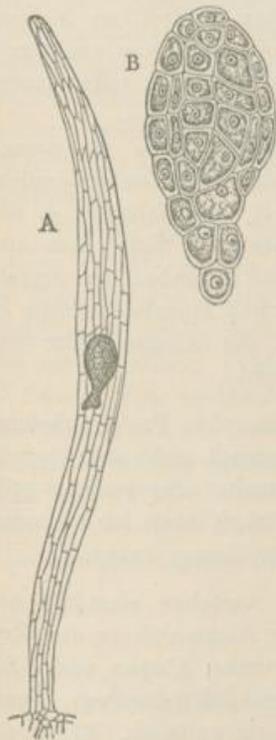


Fig. 93.
Samen A und Embryo B von
Wulfschlaegia, einer westindischen
saprophytischen Orchidee
aus der Gruppe der Neottiinen.
(Nach Johow.)

Gewöhnlich stellt der monokotyledone Embryo ein kleines cylinderförmiges Gebilde dar, auf dessen einer Seite der Spalt als zarter Streifen sichtbar ist. Erst, wenn man den Embryo der Länge nach median durchschneidet, oder den ganzen Embryo durch Behandlung mit Kalilauge oder Chloralhydrat durchscheinend macht, findet man den Vegetationspunkt. Auch die monokotyledonen Embryonen können im reifen Samen mehr oder weniger weit in der Entwicklung vorgeschritten sein. Sehr wenig entwickelt finden wir sie z. B. bei den Orchideen. In Fig. 93 ist der Samen und Embryo einer Orchidee dargestellt. Im allgemeinen sind die monokotyledonen Embryonen im Samen weniger weit entwickelt, als die dikotyledonen Embryonen und liegen fast in allen Fällen eingebettet in ein reichliches Nährgewebe.

2. Die Aleuronkörner (Aleuron, Proteinkörner, Klebermehl).

Eigentümliche, nur in den trocknen Nährgeweben und dem Embryo der Samen, aber dort in allen Fällen vorkommende, feste Inhaltkörper der Zellen sind die Aleuronkörner. Sie sollen, da sie für die Charakterisierung der Samen nicht unwichtig sind, hier kurz besprochen werden.

Die Aleuronkörner entstehen in dem Cytoplasma der jungen Samen, indem sich in diesem mit wässriger Flüssigkeit gefüllte Vakuolen bilden, aus denen sich, wenn die am kompliziertesten zusammengesetzten Aleuronkörner daraus entstehen, kurz vor der Reife zuerst Oxalatkryställchen, dann Globoide, ferner Krystalloide und schließlich die Grundmasse ausscheiden, welche letztere die zuerst genannten Formbestandteile einhüllt. Die ausgeschiedenen Massen erfüllen im trocknen Samen die Vakuolen-

höhlung völlig und sind selbstverständlich stets vom Cytoplasma ringsum eingeschlossen.

Es sind die Aleuronkörner, wie man sie in den trockenen Samen findet, im allgemeinen rundliche oder ovale oder auch unregelmäßig geformte, meist farblose Körnchen von etwa 1 bis 50 Mikromillimeter (0,001 bis 0,05 mm) Durchmesser, deren Lichtbrechungsvermögen ähnlich dem der Stärkekörner ist. Von diesen Körnchen liegen in dem Cytoplasma einer Zelle meist sehr zahlreiche, annähernd gleich große oder auch sehr verschiedenen große; oft findet sich zwischen zahlreichen kleinen Körnern ein sehr großes oder einige sehr große, die man dann unnötigerweise mit dem besonderen Namen „Solitäre“ bezeichnet hat; selten findet sich nur ein einziges sehr großes Aleuronkorn in jeder Zelle.

Wie gesagt, lassen sich an den am kompliziertesten zusammengesetzten Aleuronkörnern 4 verschiedene Bestandteile unterscheiden. 1. Die Grundmasse, 2. die Proteïnkristalloide, 3. die Globoide, 4. die Kalkoxalatkrystalle. Nur bei wenigen Aleuronkornarten findet man alle 4 Formbestandteile in einem Korn vereinigt, häufig ist neben der Grundmasse noch ein oder sind noch zwei der 3 übrigen Formbestandteile in einem Aleuronkorn aufzufinden; selten bestehen die Aleuronkörner der Samen nur aus Grundmasse oder aus einem Globoide.

1. Die Grundmasse besteht aus einer amorphen Proteïnsubstanz, welche bei den verschiedenen Aleuronkörnern chemisch nicht stets gleichartig zu sein scheint. Sie löst sich fast stets mehr oder weniger vollständig, wenn man die Schnitte in Wasser einträgt, stets leicht, wenn man die Aleuronkörner mit sehr verdünnter Ätzkalilösung behandelt.

2. Die Krystalloide der Aleuronkörner bestehen ebenfalls aus Proteïnstoffen, welche nicht bei allen Species der Aleuronkörner dieselben Reaktionen zeigen, also verschiedenartige, chemische Körper sind. Sie besitzen die Form von Krystallen, unterscheiden sich aber von diesen durch ihre Quellbarkeit. In kaltem Wasser sind sie unlöslich, löslich dagegen alle in schwacher Kalilauge und verdünnter Essigsäure. Viele Krystalloide sind schwach doppelbrechend (z. B. *Papaver somniferum*, *Myristica fragrans*); eine geringe Zahl von Species sind isotrop (*Linum usitatissimum*).

3. Die Globoide sind meist rundlich, oft auch unregelmäßig geformte Massen, die schwächer lichtbrechend wirken als die anderen Bestandteile des Aleuronkornes. Sie bestehen aus einem Magnesiumcalcium-Doppelsalze einer gepaarten Phosphorsäure mit organischem Paarling und lösen sich weder in kaltem noch heißem Wasser, noch in verdünnter Kalilauge, sind dagegen in verdünnter Essigsäure löslich.

4. Die Kalkoxalatkrystalle sind meistens Drusen, selten Hendyoëder, Tafeln oder Nadeln und liegen meist frei in der Grundmasse, selten in den Globoiden.

Alle Bestandteile der Aleuronkörner sind als Reservestoffe zu betrachten, welche bei der Keimung des Samens zur Verwendung gelangen sollen. Selbst das Oxalat wird häufig dabei mit gelöst und verbraucht.

Zur Beobachtung der Aleuronkörner verfährt man am besten folgendermaßen. Zuerst legt man dünne Schnitte der Nährgewebe oder Kotyledonen direkt in Olivenöl auf den Objektträger und sieht dann die Umrisse der Aleuronkörner deutlich, die Globoide wegen ihres geringen Lichtbrechungsvermögens als Hohlräume im Aleuronkorne, die größeren Oxalatkrystalle undeutlich, deutlich bei Anwendung des Polarisationsmikroskopes. Läßt man Schnitte 24 Stunden in einer alkoholischen Sublimatlösung liegen, so widersteht dann die Grundmasse in den meisten Fällen der Einwirkung des Wassers, und man kann die Form der Aleuronkörner, also auch der Grundmasse, in im Wasser liegenden Präparaten beobachten.

Um die anderen Formbestandteile der Aleuronkörner deutlich zu erkennen, zieht man die Schnitte mit Chloroform aus und legt sie dann in einen Tropfen Wasser auf den Objektträger. Krystalloide, Globoide und Oxalatkrystalle treten nun deutlich hervor. Die Krystalloide (eventuell die nur in seltenen Fällen ungelöst bleibende Grundmasse) löst man nun mit etwas ganz verdünnter Kalilauge weg, wäscht dann mit Wasser nach und behält so nur die Globoide übrig. Setzt man jetzt 1prozentige Essigsäure zu den Schnitten, so lösen sich auch die Globoide und nur die Oxalatkrystalle bleiben erhalten und können unter dem Polarisationsmikroskope sehr leicht an ihrer starken Doppelbrechung erkannt, schließlic durch Salzsäure gelöst werden.

3. Die Samendrogen.

a) *Amygdalae dulces* und *Amygdalae amarae*.

Semen Amygdali. Mandeln.

Litteratur.

Verbreitung und Kultur: A. de Candolle, Géographie botanique 2 (1885) p. 888. A. de Candolle, Origine des Plantes cultivées 1883, p. 174. Boissier, Flora orientalis 2 (1872) p. 641. Casparin, Cours d'Agriculture, Paris. T. 4, p. 189. A. Hontum Schindler, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1881, S. 307. Christ, Pflanzenleben der Schweiz 1879, S. 101. Capus, Sur les plantes cultivées qu'on trouve à l'état sauvage ou subspontané dans le Thian-Schan occidentale; Ann. d. sc. nat. Bot. Sér. 7, T. 18, 1884, p. 278.

Chemie: Fleury, Annales de Chimie et de Physique 4, 1865, p. 38. Vohl, Dingl. polytechn. Journal 1871, S. 410. Flückiger and Hanbury, Pharmacographia 1879, p. 248. Lehmann, Dissertation, Dorpat 1874. Pelouze, Annales de Chimie et de Physique 45 (1855) p. 324. Portes, Neues Repertorium für Pharmacie, 4, S. 641 und 673. Ritthausen, Journal für praktische Chemie, Bd. 26, S. 440. Lehmann, Ein Beitrag zur vergleichenden Untersuchung über Vorkommen und Verbreitung des Amygdalins und Laurocerasins in den Drupaceen und Pomaceen etc., Pharmaceutische Zeitschrift für Rufsland 1885, S. 352. Robiquet et Boutron-

Arthur Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde.

Charlard, Annales de Chimie et de Physique (2) 44, p. 352, Journal de pharmacie (2) 23, 605. Wöhler und Liebig, Annalen der Chemie und Pharmacie 25, p. 175. Bette, Annalen der Chemie und Pharmacie 31, S. 211. Garnier, Journal de Pharmacie et Chimie 1884, p. 473. Thomé, Botanische Zeitung 1865, S. 240. Johannsen, Sur la localisation de l'emulsine dans les amandes, Annales des sciences naturelles Bot. 7. Sér. T. 6, No. 2, p. 118. Schimmel & Co., Bericht, 1887, Oktober, p. 45.

Stammpflanze: *Amygdalus communis* L. (*Prunus Amygdalus* Stokes), Rosaceae-Prunaeae.

Verbreitung: Wild, teilweise vielleicht verwildert, kommt der Mandelbaum vor in den warmen und trockenen Gegenden des Mittelmeergebietes, von Persien westwärts bis Kleinasien, Syrien und Algerien, ist ferner in Hochasien im westlichen Teile des Thianschan wild oder verwildert gefunden worden; der bittere Mandelbaum findet sich auch an der griechischen Küste. Als Urheimat des Mandelbaumes sind wahrscheinlich die milderer Gegenden des westlichen Asiens zu betrachten. Es ist nach Analogie mit anderen Kulturpflanzen nicht unwahrscheinlich, daß der bittersamige, hartschalige Mandelbaum der ursprünglichen wilden Form am nächsten steht.

Kultur: Der Mandelbaum wird jetzt in großer Ausdehnung vorzüglich in Südeuropa und Nordafrika kultiviert. Wie von allen alten Kulturpflanzen, so sind auch von dem Mandelbaum eine ganze Reihe von Spielarten gezüchtet, welche sich durch Form und Größe der Blätter, Farbe der Blüten etc. etwas, hauptsächlich aber durch Verschiedenheit der Fruchtschale und des Samens unterscheiden, auf deren Veränderungen der Mensch bei der Kulturauswahl eben fast allein Rücksicht nahm. Man unterscheidet Spielarten, deren Fruchtschalen dicker oder dünner sind, sehr harte und mächtige oder auch zartere, leichter zerbrechliche (Krachmandeln) Innenschichten (Steinschalen) besitzen etc. Ferner sind die Spielarten durch die Größe und Form der Samen, auch dadurch, daß manche beide Samen stets ausbilden, während andere meist nur einen Samen ausbilden und schließlich durch den Gehalt der Samen an Amygdalin oder das Fehlen des Amygdalins in den Samen unterschieden. Samen des Mandelbaumes, welche infolge ihres Amygdalingehaltes bitter schmecken, nennt man bittere Mandeln. Durchgreifende morphologische Merkmale zur Unterscheidung der kultivierten Spielarten des bitterfrüchtigen und süßfrüchtigen Mandelbaumes lassen sich nicht feststellen. In Italien werden die Wildlinge, welche man als Unterlage für die Pfropfreiser guter Varietäten der Mandel braucht, aus hartschaligen, einsamigen Mandeln gezogen. Aus diesen Samen gehen gewöhnlich wilde Mandelbäume, die nicht die Eigenschaft der Kulturrasse zeigen, welche man zur Aussaat verwendete, hervor. Man wartet deshalb, ebenso wie bei unserer Obstbaumzucht, nicht ab, was sie für Früchte tragen werden, sondern verpflanzt sie nach 3 bis 4 Jahren, wo ihre Stämme etwa 4 cm dick

sind, in die Mandelgärten und pflanzt sie mit Reiser von guten bitteren, süßen, hart- oder weichschaligen Varietäten. Der gepfropfte Baum giebt dann erst vom 15. Jahre an kleinere, jährlich wachsende Erträge; vom 30. bis 40. Jahre liefert er den Maximalertrag. Dieser beträgt dann ungefähr 50 l Früchte, welche 8 bis 9 l Samen liefern. Die Mandelpflanzungen legt man gern da an, wo vorher Oliven standen und umgekehrt.*)

Die süßen Mandeln werden vorzüglich von Südfrankreich, Italien (Apulien und Sicilien, meist kleine und dicke Samen), Spanien (Valencia-, Alicantemandeln, grobe, vorzügliche Ware), Portugal und Marokko in den europäischen Handel gebracht; die bitteren stammen hauptsächlich aus Nordafrika, Südfrankreich und Sicilien.

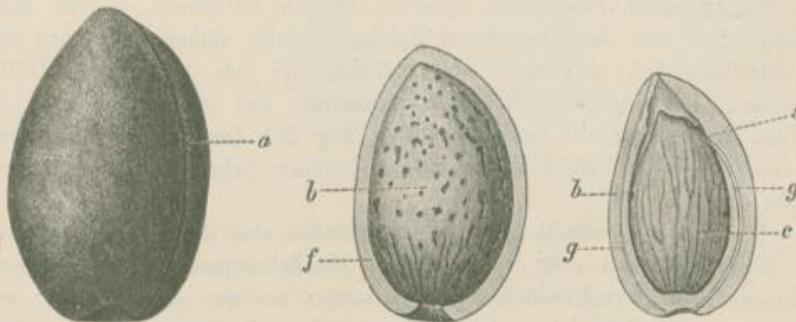


Fig. 94.

Fig. 95.

Fig. 96.

Fig. 94. Reife Frucht der Mandel in natürlicher Größe.

a die Furche, in welcher das Aufspringen des Exocarps erfolgt.

Fig. 95. Eine Frucht, von welcher die vordere Hälfte des Exocarps losgelöst ist.

b das Endokarp oder die Steinschale.

Fig. 96. Steinschale mit dem Samen. Die vordere Hälfte der Steinschale ist entfernt.

b Steinschale (Endokarp). g Gefäßbündel der Steinschale.

Das rechts gelegene Leitbündel liegt unter der Furche des Exocarps und tritt in den Stiel (s) des Samens ein, an welchem derselbe aufgehängt ist; es darf nicht mit dem Gefäßbündel der Raphe verwechselt werden.

Die Oporto-Malaga- und Valencia-Mandeln sind gewöhnlich in Körben oder Fässern verpackt, die anderen in Ballen von ungefähr 100 kg.

Morphologie: Die Frucht der Mandel (Fig. 94) ist eine trockene Steinfrucht mit filzig behaartem Perikarp (Fruchtschale), dessen äußerer Teil (das Exokarp, Fig. 95, f) im unreifen Zustande grün und hartfleischig ist, im reifen zu einer lederartigen, grüngelben, außen graufilzigen Haut eintrocknet, welche am Rande der Frucht aufreißt und sich von der Steinschale lösen läßt. Zu letzterer entwickeln sich die inneren Partien der Fruchtschale. Sie (das Endokarp Fig. 95 und 96b) ist mehr

*) Nach Mitteilungen meines Freundes R. Valiante in Neapel.

oder weniger hart und dick (bei der gewöhnlichen Art 4—5 mm) je nach der Spielart, von welcher die Frucht stammt. Innerhalb der innen mit glatter Wand versehenen Steinschale sitzt der Samen (Fig. 96c), die Mandel.

Gewöhnlich findet sich nur ein Samen in der Frucht, da in der Regel nur eine der beiden, in den Fruchtknoten enthaltenen Samenknospen sich ausbildet. Hie und da entwickeln sich jedoch auch beide Samenknospen, dann drücken die in ihrem Wachstum beengten 2 Samen an ihren Berührungsflächen gegeneinander und flachen sich an der Berührungsfläche ab.

Die Krachmandeln, welche nur als Nachtischfrüchte Verwendung finden und von Delikatesswarenhändlern und Drogisten geführt werden, sind Samen einer besonderen Spielart des Mandelbaumes, welche noch umhüllt sind von dem bei dieser Spielart relativ dünnen Exokarp der Fruchtschale oder, was meist der Fall ist, nur von der inneren Hälfte desselben. Die äußere Hälfte der Steinschale löst sich nämlich in der Region, in welcher die Gefäßbündel (*g*, Fig. 96) der Steinschale liegen, bei dieser Spielart leicht als zusammenhängende Schale von der inneren Hälfte ab.

Die in der Apotheke gebrauchten Mandeln sind dagegen die Samen des bitterfrüchtigen oder süßfrüchtigen Mandelbaumes ohne irgend ein Anhängsel der Fruchtschale. Diese Samen besitzen eine braune, von dunkleren, vertieften Adern durchzogene Außenseite, welche wie bestäubt erscheint. Die Form des Samens ist durch Fig. 97 dargestellt, welche den Samen von der breiten Seite zeigt. Weicht man die Samen eine Zeitlang in Wasser ein, so eignen sie sich besser zur Untersuchung ihres Baues, und man beobachtet folgendes leicht:

An der breiteren Seite (bei *Ch*) sieht man einen dunklen Flecken,

Erklärung der Tafel.

Der Samen von *Amygdalus communis*.

Fig. 97. Mandel, von außen gesehen. *Ch* Chalaza, *R* Raphe, *n* Nabel, *g* Gefäßbündel der Samenschale.

Fig. 98. Mandel, längs durchschnitten. *Ch* Chalaza, *s* Samenschale, *nc* Nucellusgewebe und Endospermreste, *e* Endospermgewebe, *w* Würzelchen der Keimpflanze, *oa* Anlage der oberirdischen Achse, *c* Keimblatt.

Fig. 99. Samenknospe in natürlicher Größe, kurz nach der Befruchtung.

Fig. 100. Dieselbe Samenknospe vergrößert, im Längsschnitte. *n* Nucellus, *ii* inneres Integument, *i* äußeres Integument, *S* Embryosack, *g* Leitbündel des Funikulus.

Fig. 101. Junger Samen, im weiter entwickelten Zustande, natürliche Größe.

Fig. 102. Der in Fig. 101 dargestellte junge Samen im Längsschnitte; Bezeichnungen wie bei Fig. 100, *E* Embryo.

Fig. 103. Fast ausgewachsener, jedoch noch nicht fertig entwickelter Samen, längsdurchschnitten, in natürlicher Größe. *Ss* Samenschale, andere Bezeichnungen wie bei Fig. 100 u. 102.

Fig. 104. Querschnitt durch die Samenhaut der Mandel, mittelst kalter Kalilauge etwas aufgeweicht. *E* äußere Epidermis, *p* Parenchym, *Ei* innere Epidermis der Samenschale, *N* zusammengedrückte Reste des Nucellusgewebes, eine fast homogene Haut bildend. *Es* rudimentäres Endosperm. 90fach vergr.

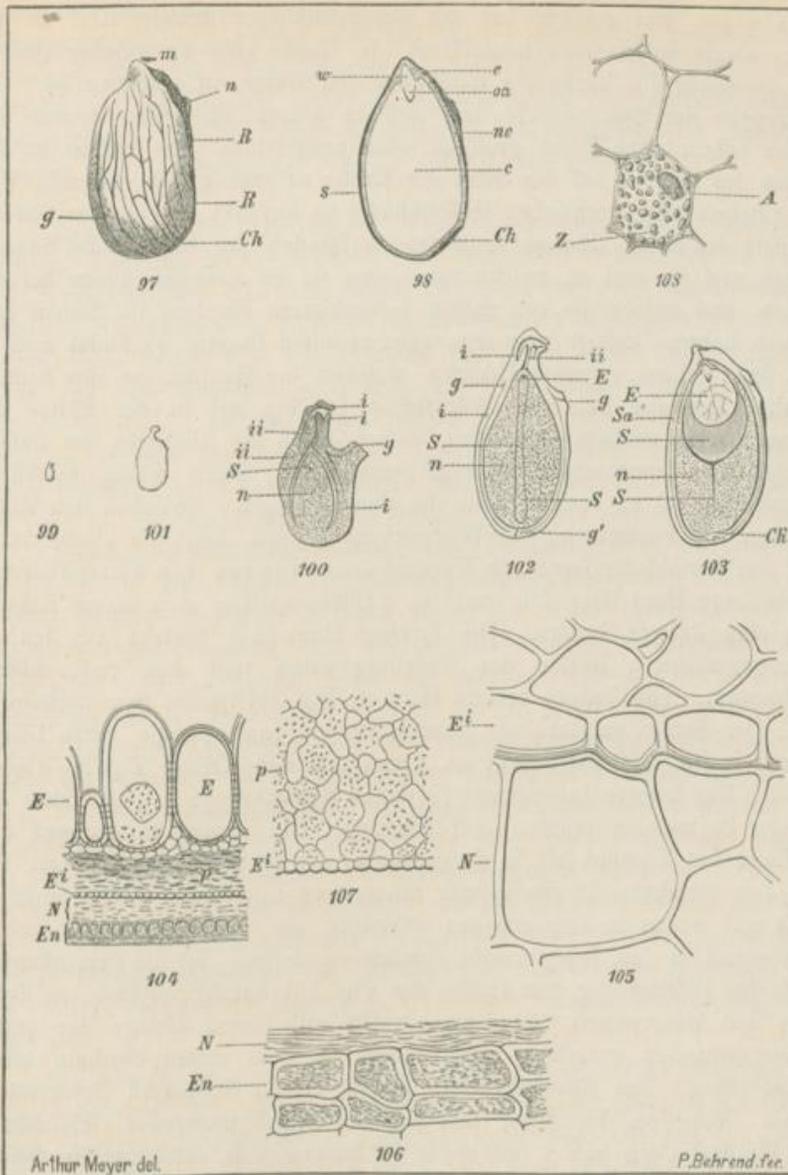


Fig. 105. Querschnitt durch die innere Epidermis der Samenschale (*Ei* Fig. 104) und die äußersten Zellen des Nucellusgewebes (*N*) aus der oberen Partie des in Fig. 103 dargestellten unreifen Samens. 670fach vergr.

Fig. 106. Innere, schon zusammengedrückte Partie des Nucellusgewebes desselben Samens (*n*, Fig. 103) mit 2 äußeren Schichten des Endosperms, von welchen *En* im reifen Samen erhalten bleibt. 670fach vergr.

Fig. 107. Innere Epidermis *Ei* der Samenschale und angrenzendes Parenchym *p*, aus einem noch nicht völlig reifen Samen. 90fach vergr.

Fig. 108. Stückchen aus einem mit Chloroform ausgewaschenen, in Glycerin liegenden Querschnitte des Parenchyms der Kotyledonen. Die eine der Zellen ist mit Inhalt gezeichnet. *A* großes Proteinkorn. *Z* Zellkern.

die Chalaza, von welcher aus ein unregelmäßiger dunkler Kiel an der einen Kante des Samens hinaufläuft, die Raphe (*R*), an welcher (bei *n*) nur schwierig die Narbe des Funikulus, der Nabel, zu erkennen ist. Die Mikropyle der Samenknospe hat sich in keiner am reifen Samen von außen erkennbaren Form erhalten oder ausgebildet. Sie würde an der Spitze des Samens auf der Seite der Raphe zu suchen sein (bei *m*). Von der Chalaza aus durchziehen Gefäßbündel (*g*, Fig. 97), Zweige des Gefäßbündels des in die Chalaza eintretenden Bündels der Raphe, die Samenschale, und sie sind es, welche von außen als die dunklen Adern hervortreten, und welche die von außen bemerkbaren Furchen im Samen veranlassen. Schält man den aufgeweichten Samen, so findet man in ihm den weißen, großen Embryo, welcher die Hauptmasse des Samens bildet. Derselbe hat sein Würzelchen (*w*, Fig. 98) in der Spitze des Samens, seine großen, fleischigen, außen durch die Abdrücke der Gefäßbündel der Samenschale furchig gezeichneten, innen wenig konkaven Keimblätter (*c*) im breiten Teile des Samens liegen. Zwischen den Kotyledonen, die Fortsetzung des Würzelchens bildend, liegt die kleine Achse mit den Laubblattanlagen, die Plumula (*o a*). Die von dem Keimpflänzchen abgehobene Haut läßt sich leicht in 2 Hüllen spalten, eine innere farblose und eine äußere braune. Die farblose Haut (*ne*) besteht aus den zusammengefallenen Resten des Nucellusgewebes und dem rudimentären Endosperm. Die äußere braune Haut (*s*, Fig. 98) ist die Samenschale.

Der Samen entsteht aus einer anatropen Samenknospe, deren Längsschnitt in Fig. 100 dargestellt ist, deren natürliche Größe Fig. 99 wiedergibt. Das äußere Integument (*i*) dieser Samenknospe ist sehr kurz und an der Spitze des inneren (*ii*) inseriert. Das innere Integument umschließt den Nucellus (*n*), in dessen Spitze der Embryosack (*S*) liegt. Das aus dem Funikulus in das äußere Integument eintretende Gefäßbündel (*g*) läuft erst etwas in dem ersteren aufwärts, um dann schließlich, scharf umbiegend, in dem Integumente abwärts zu steigen. Ist die Samenknospe, nach der Befruchtung, zur Größe der Fig. 101 herangewachsen, so findet man den Embryosack (*S*) langgestreckt mit einem Belege der ersten Endospermzellen versehen, den Embryo in dem ersten Stadium seiner Entwicklung. Das Nucellusgewebe besitzt keinen sichtbaren Reservestoffinhalt. Von dem bis unter den Nucellus hinabgestiegenen Gefäßbündel des Funikulus aus haben sich die in der Samenschale aufsteigenden Gefäßbündel schon teilweise gebildet. Embryo, Embryosack- und Nucellusgewebe wachsen nun miteinander weiter. Auch das Embryosackgewebe speichert keine festen Reservestoffe, wächst aber so energisch heran, daß es das Nucellusgewebe mehr und mehr einengt. Besitzt der Samen etwa die Größe der Fig. 103, so findet man, daß sich das Verhältnis zwischen den drei in der Samenschale (*Sa*) liegenden Gebilden gestaltet hat, wie es Fig. 103 darstellt. Schließlich drückt das heranwachsende Endosperm (*S*, Fig. 103) das Nucellusgewebe (*n*) völlig zur dünnen, fast strukturlos scheinenden Haut zusammen und wird selbst und gleichzeitig allmählich

durch den nun schnell wachsenden Embryo zu einer dünnen Schicht zusammengedrückt, welche sich dem mit ihr im organischen Zusammenhang stehenden Reste des Nucellusgewebes dicht auflegt. Die fast nur aus dem inneren Integumente entstandene Samenschale hat sich während der Zeit gebräunt, und die Reste des äußeren Integumentes sind, kaum erkennbar, mit der Spitze des Samens hochgehoben worden.

Anatomie: Die Samenhaut, welche wir vom Samen abtrennen können, zeigt uns im Querschnitte also drei leicht voneinander zu unterscheidende Partien. Die Samenschale (*E, p, Ei*, Fig. 104), das zusammengefallene Nucellusgewebe (*N*) und das rudimentäre Endosperm (*En*). Die Samenschale besitzt eine eigentümliche Epidermis, deren Zellen (*E*) sehr groß und sehr ungleich groß sind und auch ungleich stark verdickte Wände besitzen. An denjenigen Zellen, welche stark verdickte Wände besitzen, erkennt man leicht, daß alle Wandpartien, welche Nachbarzellen berühren, grob getüpfelt sind. Sie sind meist leer, doch enthalten sie, wie im unreifen Zustande des Samens stets, hier und da noch Stärke. Die Abwechslung verdickter und unverdickter Elemente in der Epidermis bewirkt, daß die starren verdickten Epidermiszellen leicht losgerissen werden können und den Eindruck eines der Samenoberfläche lose anhaftenden Pulvers machen. Die der Epidermis innen ansitzenden Parenchymzellen sind gewöhnlich noch gut erhalten, alle übrigen sind stark zusammengefallen. Untersucht man sie an fast reifen, aber nicht ausgetrockneten Samen, so findet man, daß sie fast kugelförmig sind, teilweise kurze Arme besitzen und also ein sehr lockeres Parenchym bilden, wie es in Fig. 107 dargestellt ist. Die Epidermis (*Ei*) der Innenseite der Samenschale ist kleinzellig, aber gut erhalten. Die Gefäßbündel, welche die Samenschale durchziehen, sind im Querschnitte meist elliptisch, und ihr längerer Durchmesser ist parallel mit der Samenoberfläche gerichtet. Sie bestehen aus einem kräftigen Strange von Spiraltracheen, einem gleich großen Siebröhrenstrange und werden von Oxalatzellen begleitet. An der Chalaza findet sich kleinzelliges Parenchym, dessen Wände braun gefärbt sind.

Das Nucellusgewebe (*N*), dessen Zellen im intakten Zustande die Form hatten, wie Fig. 105 *N* sie zeigt, ist, wie gesagt, zu einer fast homogenen Haut zusammengefallen. Im Endosperm (Fig. 104, *En*) ist, soweit es die Kotyledonen berührt, nur eine und zwar die äußerste Zellreihe erhalten, in der Nähe des Würzelchens jedoch (bei *e* der Fig. 98) finden sich mehrere gleichwertige Schichten mit Plasma gefüllter Zellen. Alle übrigen Zellen sind desorganisiert, zur fast strukturlosen Haut zusammengefallen. Die Kotyledonen des Embryo bestehen der Hauptmasse nach aus einem mit kleinen Interzellularräumen versehenen, von fast isodiametrischen und in allen Teilen des Keimblattes fast gleichartigen Zellen gebildeten Parenchym. Dieses ist umhüllt von der kleinzelligeren Epidermis und durchzogen von Gefäßbündelanlagen, in denen schon einige

zarte Spiralgefäße ausgebildet sind. Das Gefäßbündelsystem liegt der Innenseite der Kotyledonen genähert; ein größerer Teil der Unterseite des Kotyledonenquerschnittes zeigt keine Gefäßbündel. Das von Öl durchtränkte Plasma der Parenchymzellen (Fig. 108) ist erfüllt von Aleuronkörnern (*Z*). Eins derselben (*A*) ist gewöhnlich auffallend groß gegenüber den übrigen sehr kleinen Körnchen.

Da Mandelkleie, der Pressrückstand der Mandeln, welche zur Ölbereitung benutzt wurden, in der Apotheke gebraucht wird und außerdem

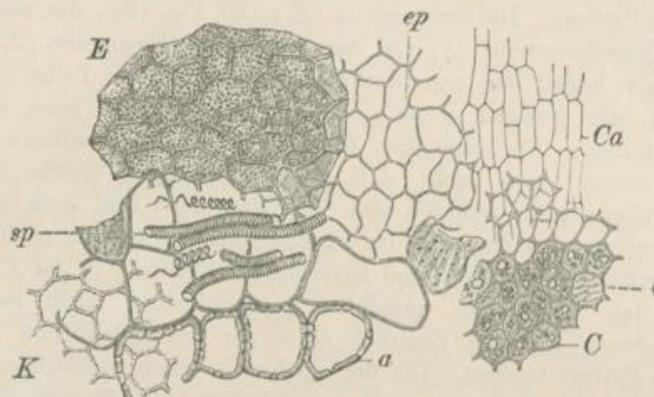


Fig. 109.

Charakteristische Gewebeelemente der Mandel aus der Mandelkleie.

E die eine erhaltene Zellschicht des Endosperms (Fig. 104 *En*) von oben gesehen. *ep* innere Epidermis der Samenschale (*E*, Fig. 104). *a* äußere, braune Epidermis der Samenschale (*E*, Fig. 104). *K* braunes Parenchym der Samenschale (*p*, Fig. 104). *sp* Spiralgefäße aus dem Leitbündel der Samenschale. *C* Parenchym der Keimblätter. *Ca* Epidermis der Keimblätter.

100fach vergr.

Abbildung aus Möller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel.

oft zur Verfälschung anderer Pulver Verwendung gefunden hat, so mag hier noch die Abbildung der für das Mandelpulver charakteristischen Elemente gegeben werden, deren Bedeutung man in der Erklärung der Fig. 109 findet.

Chemie: Die Mandeln liefern beim Auspressen etwa 50 % eines fetten Öles, welches fast ganz aus dem Glycerinester der Ölsäure besteht, ferner enthalten sie Rohrzucker und Asparagin. Aus den bitteren (nicht aus den süßen) Mandeln läßt sich ungefähr 3,3 % des nicht giftigen, in Wasser ziemlich leicht löslichen, fast geschmacklosen Amygdalins ausziehen. Das Amygdalin zerfällt durch die Einwirkung eines in den Mandeln enthaltenen Fermentes (des Emulsins), von dem 13 mal so viel in den bitteren Mandeln enthalten ist, als zur Zersetzung des Amygdalins der bitteren Mandeln erforderlich, in Traubenzucker, Benzaldehydcyanhydrin ($C^6H^5CH(OH)CN$) und freie Blausäure. Es tritt die Spaltung des Amygdalins ein, wenn man bittere Mandeln mit kaltem oder warmem Wasser zerreibt.

Destilliert man dann die zerriebene Masse, so kann man etwa 0,4 bis 0,8 % der Mandeln an sogenanntem Bittermandelöl gewinnen, welches ein Gemisch von Benzaldehydecyanhydrin und Benzaldehyd ist. Die Giftigkeit der bitteren Mandeln ist durch das Benzaldehydecyanhydrin und durch freie Blausäure bedingt. Der bittere Geschmack rührt nur von der Blausäure her, da Benzaldehydecyanhydrin (Mandelsäurenitril) so wenig wie das Benzaldehyd bitter schmeckt.

Nach Thomé schmeckt das Parenchym der bitteren Mandel, welches keine Gefäßbündelanlagen enthält, nicht bitter, dagegen das Gewebe, welches Gefäßbündelanlagen enthält, intensiv bitter. Er nimmt danach und nach anderen wenig beweisenden Versuchen an, daß das Emulsin nur in den Gefäßbündeln enthalten sei. Nach den quantitativen Versuchen von Johannsen scheint in der That das Ferment nur in den Gefäßbündeln, das Amygdalin in allen Teilen der Mandel enthalten zu sein.

Geschichte: Alexander Trallianus (Tralles jetzt Aidin-Güssilhissar, südöstlich von Smyrna) giebt im VI. Jahrh. eine Vorschrift zu Pastillen gegen Verstopfung, zu deren Darstellung er auch bittere Mandeln vorschreibt.

b) **Semen Faenugraeci.**

Semen foeni graeci, Bockshornsamen.

Litteratur.

Verbreitung und Kultur: de Candolle, Origine des Plantes cultivées 1883, p. 90. Battandier, Bulletin de la Société Botanique de France 31, 1884, p. 378.

Anatomie: Schleiden, Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Blütenteile bei den Leguminosen und Über das Albumen, insbesondere der Leguminosen, 1838. Sempolowski, Beiträge zur Kenntnis des Baues der Samenschale, Dissertation, Leipzig, 1874, S. 34. H. Nadelmann, Über Schleimendosperme der Leguminosensamen, Berichte der Deutsch. Botan. Gesellschaft 1889, S. 248. Scrobischewsky, Recherches sur l'embryogénie des Papilionacées, Bull. Congr. Internat. de Bot. et d'Hortic., Petersburg 1884, p. 207; Petersburg 1885. Godfrin, Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen, Ann. d. sc. nat., Paris, 6. sér., T. 19, 1884, p. 5.

Chemie: Jahns; Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches, Berlin 1883, S. 934. Jahns, Über die Alkaloide des Bockshornsamens, Berichte der Deutsch. Chemisch. Gesellsch. 18, 1885, S. 2518 und 20, 1887, S. 2840. Heckel und Schlagdenhaufen, Comptes rendues 1886, p. 1317 und Journal de Pharmacie et de Chimie, Paris 1886, T. 16, p. 213.

Stammpflanze: Trigonella faenum graecum L., Papilionaceae, Trifolieae.

Verbreitung: Die Pflanze scheint ursprünglich vom Nordwesten Indiens bis nach Kleinasien hin einheimisch gewesen zu sein.

Kultur: Man kultiviert die Pflanze in Thüringen, im Vogtlande, in Mähren, in der Schweiz, in Italien, in Marokko, in Ägypten und Indien,

weniger wegen ihrer geringen Verwendung in der Tierheilkunde als wegen der technischen Verwendung in der Tuchfabrikation und (in Ägypten z. B.) der Verwendung als Nahrungsmittel.

Nach der Ernte der ganzen Pflanze gewinnt man die Samen durch Ausdreschen.

Morphologie: Der hellbraune, etwa 3 mm lange und 2 mm breite Samen ist recht eigentümlich gestaltet. Die Fig. 111 *E*, zeigt denselben in natürlicher Größe, Fig. 110, *a* denselben vergrößert, ebenfalls von der Seite, während Fig. 110, *b* den Samen von seiner hinteren Kante abbildet. Die feinen Punkte in der Abbildung deuten die zarten körnigen

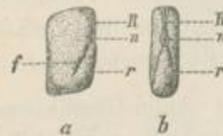


Fig. 110.

Samen von *Trigonella faenum graecum*.

a von der Seite, *b* von hinten.

f Furche. *R* Raphe. *n* Nabel.
r Würzelchen.

2fach vergr.

Rauheiten der Samenschale an, welche man nur mit der Lupe erkennen kann. Bei *n* liegt, etwas vertieft, der helle, kleine Nabel, welcher leicht mit der Lupe zu erkennen ist, bei *R*, als etwas dunkler Strich, die kurze Raphe. Der durch die flache Furche *f*, welche nach dem Nabel zuläuft, markierte Abschnitt des Samens birgt das Würzelchen des Embryo, an welches sich die Samenschale etc. dicht anschmiegt, der größere Abschnitt enthält die Kotyledonen. Durchschneidet man den Samen parallel der breiten Seite der Länge nach, so sieht man, wie es in Fig. 111, *G*

dargestellt ist, daß das Würzelchen (*r*) nach oben gebogen ist und der Kante der Kotyledonen (*S*) anliegt. Wenn man einen Schnitt quer durch den unteren Teil des Samens führt, so erkennt man auf der Schnittfläche mit der Lupe leicht die Samenschale (*S*, Fig. 111 *F*), das Endosperm (*C*), welches als eine glasige Schicht erscheint, die Kotyledonen (*E*) und das Würzelchen *B*. Letztere beide sind annähernd quer durchgeschnitten. Wenn man den Samen in Wasser eingeweicht hat, so läßt sich die Samenschale leicht als gelbe, feste Haut ablösen und von dem jetzt als glasige Haut ebenfalls leicht abzuhebenden Endosperme trennen. Dann läßt sich auch der Bau des gelblichen Keimlings gut erkennen.

Anatomie: Die dünne, zähe Samenschale (*S*, Fig. 111, *A*), welche man vom aufgeweichten Samen leicht abziehen kann, besteht aus 4 Zellschichten. Die Epidermis (Fig. 111, *A*, *E*; Fig. 111, *C*, *a*) ist aus prismatischen, senkrecht zur Oberfläche orientierten Zellen zusammengesetzt. Diese sind ziemlich kompliziert gebaut. Sie besitzen eine oben sehr enge, unten weitere Zelhöhle (*H*, Fig. 111, *C*) und im oberen Teile lange Tüpfeln, welche wie Spalten aussehen. Aus derselben Substanz, aus welcher der bisher beschriebene Teil der Zellwand der Epidermiszellen besteht, ist ein oberer zapfenartiger Teil (*f*, Fig. 111, *C*) der Außenwand der Zelle gebildet, welcher in einen chemisch von der übrigen Zellwand verschiedenen Abschnitt (*l*, Fig. 111, *C*) der Außenwand hineinragt. Der letztere löst sich in Wasser, während der übrige Teil der Zellwand in

Wasser unlöslich ist, und wird direkt von der Kutikula überzogen. (Sempolowski sagt, daß sich die Epidermiszellen mit Ausnahme der Spitze, welche sich grünlich färbt, mit Schwefelsäure und Jod blau färbt. Die quellende Partie hat S. nicht gesehen, sie färbt sich also wahrscheinlich nicht mit Schwefelsäure und Jod.) Nach der Behandlung der Samen mit Wasser erscheint die von der Kutikula befreite Oberfläche derselben durch die stehbleibenden Zapfen fein gezähnt. Isoliert man die Epidermiszellen durch Kochen der Samenschale mit Salpetersäure und Kaliumchlorat,

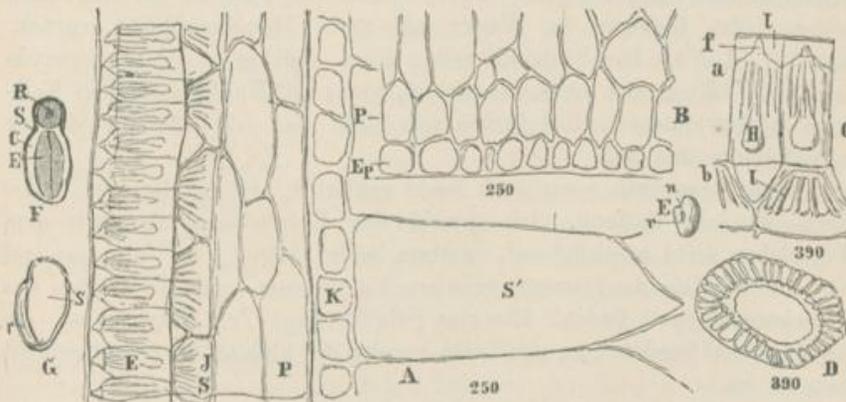


Fig. 111.

Anatomie des Bockshornsamens.

A Querschnitt durch die Samenschale (*S*) und die beiden innersten Zellschichten des Endosperms (*K* und *S'*). 250fach vergr.

B ein Stückchen des Querschnittes des Keimblattes. 250fach vergr.

C die Epidermis (*a*) und die darunter liegende Zellschicht (*b*) der Samenschale. 300fach vergr.

D Zelle *l* der Fig. C von oben gesehen.

E Samen in natürlicher Größe.

F Querschnitt durch den Samen. *R* Wurzel, *S* Samenschale, *C* Endosperm, *E* Kotyledonen.

G Längsschnitt durch den Samen. *S* Keimblatt. *r* Wurzel.

so erscheinen sie dickwandigen gerippten Flaschen nicht unähnlich. Zu bemerken ist noch, daß bei regelmäsig verteilten Gruppen von Epidermiszellen die Zapfen bis an die Kutikula reichen und breiter sind. Diese Gruppen bilden also die Kutikula stützende, unregelmäßige, aber gleichmäsig verteilte Pfeiler. Sie lassen sich schon bei Betrachtung des Samens mit der Lupe erkennen. Die Samenschale färbt sich mit Eisenchloridlösung dunkel.

Unter der Epidermis liegt eine Schicht breiter und niedriger Zellen (*J*, Fig. 111, A; *b*, Fig. 111, C). Ihr oberer Teil ist ebenfalls mit gestreckten Tüpfeln und entsprechenden Verdickungsleisten (*l*, Fig. 111, C) versehen, welche die Zellen wie Körbchen erscheinen lassen, wenn man sie von der Unterseite betrachtet (Fig. 111, D). Hierauf folgen zuletzt 2 bis 3 Parenchymzellenschichten (*P*, Fig. 111, A), welche im isolierten Zustande breit tafelförmig aussehen und nichts Charakteristisches zeigen.

(Die von Sempolowski angegebenen etwa 3 dünnen, zusammengefallenen, gerbstoffhaltigen Zellschichten, welche nun noch folgen sollen, scheinen mir nur in der Nähe der Raphe entwickelt zu sein; vielleicht sind sie Reste des Nucellusgewebes.) Der Samenschale liegt das Endosperm *aa*, dessen äußerste, aus kleinen kubischen Zellen bestehende Schicht (*K*, Fig. 111, *A*) Proteinkörner führt. Sie färbt sich mit Jodjodkalium intensiv gelb. An diese Schicht schliessen sich noch 3 bis 4 Lagen großer, dickwandiger Zellen an, deren Zellwand größtenteils aus sehr leicht quellenden Schleimlamellen aufgebaut ist. Nur die äußersten Partien der Zellwände bleiben beim Einlegen in Wasser als zarte Membranschicht zurück. (Fig. 111, *A*, *S'*). Die Schleimlamellen lösen sich nicht in Kupferoxydammoniak, bläuen sich aber mit diesem, sowie mit Kupfersulfat und Kalilauge höchst intensiv, und färben sich nicht blau mit Chlorzinkjod oder Schwefelsäure und Jod.

Bemerkenswert, wenn auch leicht erklärlich, ist es, daß das Endosperm wie ein Futteral, sich sowohl den Kotyledonen als auch dem Würzelchen dicht anschließend, letztere beide umgibt, so daß man auf dem Querschnitte des Samens zwischen Kotyledonen und Würzelchen das Endosperm doppelt findet. Die eine Schicht liegt den Kotyledonen, die andere dem Würzelchen an und beide wenden die kleinzellige Proteinschicht einander zu.

Die Raphe (*R*, Fig. 110). Das Gefäßbündelchen der Raphe tritt am oberen Ende des Nabels quer durch die Samenschale und wendet sich dann scharf nach oben, die Samenschale durchziehend, soweit die Raphe äußerlich seinen Verlauf andeutet. Die Raphe tritt so scharf hervor, weil über dem in der hier selbstverständlich viel mächtigeren, innersten Parenchymschicht der Samenschale verlaufenden Gefäßbündel die Epidermis und die direkt darunterliegenden Schichten etwas anders ausgebildet sind als in den übrigen Teilen der Samenschale, und weil das zweite, zusammengefallene Parenchym der inneren Schichten hier stark gebräunt ist. Die Epidermiszellen, welche gerade über dem Gefäßbündel stehen, sind etwa 3 mal so lang als die normalen und viel schmaler. An den schmalen Leisten langer Epidermiszellen legen sich jederseits einige Reihen kürzerer an, unter denen 2—3 Schichten stark verdickter Zellen liegen, das ersetzend, was die betreffenden Epidermiszellen selbst kürzer sind als die längsten über dem Bündel liegenden Epidermiszellen. So wird aus stark verdickten Elementen eine im Querschnitt der Raphe schön zu erkennende, sich nach rechts und links verjüngende, an ihrer Unterseite mit einer flachen Rinne versehene Leiste aufgebaut, unter welcher das Gefäßbündel verläuft, die Raphe.

Der Nabel (*n*, Fig. 110) wird völlig von der normal gebauten Epidermis überzogen, auf welcher jedoch noch einige lockere Parenchymschichten liegen. Unter der Epidermis, welche den Nabel überzieht, findet man, nach dem Würzelchen zu, ein Gewebe aus Armparenchym, an welches sich nach innen zu zusammengefallene Zellen, schließlichs das

Endosperm anschließt, welches ja dort zwischen Würzelchen und Kotyledonen eingestülpt ist.

Will man die Schleimzellen in morphologischer Beziehung genauer untersuchen, so benutzt man am besten fast reife Samen, die in 96 procentigem Alkohol gehärtet sind. Bringt man Schnitte des gehärteten Endosperms in mit etwas Alkohol versetzte Jodjodkaliumlösung oder in mit etwas Wasser und Alkohol versetztes Hansteins Violett, so er-

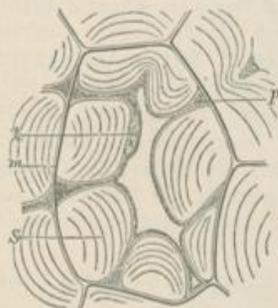


Fig. 112.

Querschnitt durch eine Zelle aus dem Endosperm eines fast reifen in Alkohol gehärteten Samens von *Trigonella faenum graecum*, in mit etwas Alkohol versetzter Jodjodkaliumlösung liegend.

Z Zellkern. P Protoplasma.
S Schleimlamellen. m Mittellamelle.
600fach vergr.

kennt man, daß die Endospermzellen (Fig. 112) eine grob getüpfelte Membran besitzen, deren kanalförmige, sich vorn verbreiternde Tüpfeln durch die ganze Schleimschicht der Membran bis zur dünnen Mittellamelle reichen. In der Membran tritt, wenn die richtige Menge Wasser zugesetzt ist, eine körnige, sehr zarte Schichtung hervor. Der durch Jod braun gefärbte Plasmakörper ist kräftig entwickelt, der Zellkern meist leicht aufzufinden.

Die etwas fleischigen Kotyledonen besitzen eine Epidermis, welche aus kubischen Zellen besteht. An diese schlossen sich auf der Oberseite der Keimblätter 3 Schichten palissadenartig gestreckter, auf der Unterseite etwa 7 Schichten isodiametrischer Zellen an. In den in der Mitte verlaufenden Gefäßbündelanlagen ist noch keine Trachee

sichtbar.

Auch in dem Würzelchen ist noch kein Element des Gefäßbündels definitiv ausgebildet; die Richtung der Zellwände läßt aber erkennen, daß ein vierstrahliges (tetrarches) Gefäßbündel zur Ausbildung gelangen soll.

Chemie: Der Schleim des Endosperms (etwa 28 % des Samens) ist nicht untersucht. Die Kotyledonen enthalten fettes Öl (6 % des Samens), in welchem auch Cholesterin und Lecithin nachgewiesen wurde, keine Stärke. Spuren von ätherischem Öle, welches unangenehm riecht, lassen sich aus dem Samen gewinnen. Es wurde außer Cholin (0,05 %) das krystallisierbare Alkaloid Trigonellin ($C^7H^7NO^2$, das Methylbetaïn der Nikotinsäure) zu 0,13 % aus dem Samen erhalten. Bei 100° getrockneter Samen lieferte 3,7 % Asche.

Geschichte: In den Rezepten Alexanders aus Tralles kommt *Trigonella* häufig vor. Die Samen wurden auch von der altarabischen Medizin viel gebraucht und von der Schule von Salerno beibehalten. Die mittelalterlichen Pharmaceuten benutzten den Schleim des Samens, wie andere Schleime, zur Bereitung des zusammengesetzten Bleipflasters.

o) **Semen Lini.**

Leinsamen, Flachssamen.

Litteratur.

Verbreitung und Kultur: de Candolle, Der Ursprung der Kulturpflanzen, Leipzig 1884, S. 148. Nobbe, Handbuch der Samenkunde, 1876, S. 439. Nobbe, Dammers Lexikon der Verfälschung, Leipzig 1887, S. 510.

Morphologie und Anatomie: Cramer; Nägeli und Cramer, Pflanzenphysiol. Untersuchungen. Botanische Beiträge, Zürich 1855, Heft 3. Hofmeister, Berichte der königl. sächs. Gesellsch. der Wissenschaften 1858, Heft 1. Berg, Anatomischer Atlas, 1865, S. 91, Tf. 46. Vogl, Kommentar zur österreich. Pharmakopöe, 1880, S. 197. B. Frank, Pringsheims Jahrbuch für wissenschaftl. Botanik 1865, S. 161. Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1873. Sempolowski, Landwirtschaftl. Jahrbücher, 3. Bd., 1874, S. 823 oder Dissertation der Universität Leipzig, 1874. Nobbe, Samenkunde, 1876, S. 77. Möller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genußmittel, Berlin 1886, S. 172. Earl, The botany and materia medica of Linseed, Pharmaceutical journal and transactions, 14, 1884, p. 979.

Chemie: Kirchner und Tollens, Annalen der Chemie und Pharmacie (1874) 175, S. 205. Pelonze et Boudet, Annales de Chim. et de Physique (2) 69, p. 43. Flückiger, Pharmaceutische Chemie, 1888, S. 200. Wolff, Aschenanalysen, Berlin 1871, S. 160. Ladureau, American Journal of Pharmac. 1881, p. 552. William Lawson, Pharmaceutical journal and transactions (3) 1885, No. 795, p. 245. Cullinan, The chemistry of Linseed, Pharmac. journ. and transact. (3) 1885, No. 795, p. 245. Peters, Archiv für Pharmacie 1886, S. 982. Dieterich, Helffenberger Ann., 1887, S. 89 (Flüchtige Säuren des Leinöls).

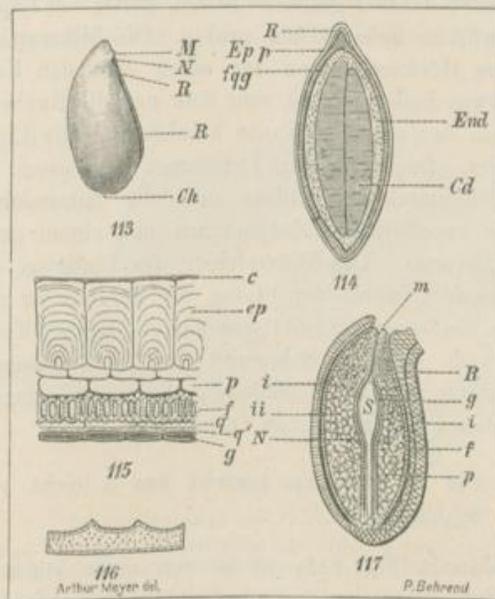
Stammpflanze: *Linum usitatissimum* L., Linaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Die einjährige Spielart des Flachses (*L. usitat. var. annuum*), welche bei uns gebaut wird, ist in den zwischen dem Persischen Golf, dem Kaspisee und dem Schwarzen Meere gelegenen Ländern wahrscheinlich spontan. Eine perennierende Form (*L. usitat. var. angustifol.*) kommt von den kanarischen Inseln bis nach Palästina und dem Kaukasus wahrscheinlich wild wachsend vor. Sicher ist, dafs an diesen Orten *Linum usitatissimum* seit mindestens 5000 Jahren wächst. Weiteres ist über die Urheimat der Pflanze nicht bekannt.

Kultur: Der Flachs kann in allen Ländern der Erde, mit Ausnahme der heißesten Gegenden kultiviert werden. Ein viel bedeutenderer Flachsbau als in Deutschland wird in Rußland und Indien betrieben. Auch in Nordamerika, Algerien und Ägypten wird viel Flachs kultiviert. Man baut den Flachs in manchen Gegenden (z. B. in Indien) vorzüglich des Samens wegen. Auch bei uns (vorzüglich in Ostpreußen) züchtet man hie und da den Flachs des Samens wegen, aber dann nur zur Aussaat. Man läßt den Samen dann, auf Kosten der Tauglichkeit der Gespinnstfaser, gänzlich ausreifen. Hauptsächlich wird aber der bei der Gewinnung der Faser aus der Pflanze als Nebenprodukt abfallende, nicht völlig ausgereifte Samen (Schlaglein) gewonnen und verwendet. Beim Einkauf hat

man darauf zu achten, daß der Unkrautsamen, welcher hie und da bis zu 3 % dem Leinsamen beigemischt ist, möglichst entfernt sei.

Es giebt, was für eine so alte Kulturpflanze selbstverständlich ist, eine ganze Reihe von Spielarten und Kulturrassen des Leines. Diese wurden durch Auswahl hauptsächlich nach der Richtung der Faserqualität, welche



Erklärung der Tafel.

Fig. 113. Der Samen von *Linum usitatissimum*.

M Mikropyle oder Samenmund. *N* Nabel. *R R* Raphe. *Ch* Ort der nicht deutlich ausgebildeten Chalaza.

Fig. 114. Querschnitt durch den Leinsamen, schematisch, schwach vergrößert.

R Raphe. *Ep p* Epidermis und äußeres Parenchym der Samenschale. *fgg* innere Schichten (entsprechend *fgg* der Fig. 115) der Samenschale. *End* Endosperm. *Cd* Kotyledonen des Embryos.

Fig. 115. Querschnitt der Samenschale des Leinsamens.

c Kutikula. *ep* Epidermis. Die übrigen Buchstaben im Texte erklärt.

Fig. 116. Eine isolierte Sklerenchymzelle aus der Schicht *f* der Fig. 115.

Fig. 117. Längsschnitt durch die Samenknospe des Leins, vergrößert, halbschematisch.

R Leitbündel des Funikulus. *i* äußeres Integument. *ii* inneres Integument. *N* Rest des Nucleusgewebes, welches den Embryosack *S* als dünne Schicht überzieht. *f* Zellschicht, welche zu der Schicht *f* Fig. 115 wird. *p* Parenchym, welches die Schicht *q q'* Fig. 115 liefert. *g* Zellschicht, welche zur Schicht *g* Fig. 115 wird.

die Pflanze liefert, und nach der Richtung der Samenqualität gezüchtet. Man unterscheidet, wie schon erwähnt, einjährige und mehrjährige Formen; unter den einjährigen, die bei uns fast allein gebaut werden, unterscheidet man weiter Schließlein, dessen Kapseln sich nur bei völliger Reife langsam öffnen und Springlein, dessen Kapseln sehr leicht aufspringen. Ferner

kennt man einjährigen Winterlein. Auch Rassen mit gelblichen, ja fast weissen Samen hat man gezüchtet.

Morphologie: Der etwa 4 bis 6 mm lange Samen der officinellen einjährigen, braunsamigen Spielart (Fig. 113) ist länglich eiförmig, flachgedrückt, 1 mm dick und wiegt ungefähr 5 mg. Die Oberfläche des Samens ist heller oder dunkler glänzend braun, glatt; bei Lupenbetrachtung erscheint die Oberfläche äusserst fein grubig. Die Mikropyle (*M*) erkennt man als dunkleres Höckerehen an der einen schmalen Kante, darunter liegt der meist etwas hellere Nabel, von dem aus die Raphe (*R*) als meist hellerer Streifen an der scharfen Kante hinabzieht. Die Chalaza ist nicht auffällig ausgebildet. Legt man den Leinsamen in Wasser, so umgiebt er sich mit einer Schleimschicht. Öffnet man die Samenschale, so findet man den mit zwei herzförmigen Kotyledonen und einem geraden Würzelchen versehenen Embryo. Das Würzelchen des Embryos ist nicht nach der Mikropyle, sondern nach der Spitze des Samens zu gerichtet. Das dünne, weifliche Endosperm bleibt gewöhnlich beim Öffnen des Samens an der Samenschale haften. Schneidet man den Samen quer durch (Fig. 114), so erkennt man die Ausdehnung des Endosperms (*End*) und die Lage der Kotyledonen des Keimlings (*Cd*) leicht.

Anatomie: Die Samenschale besteht aus 6 leicht voneinander zu unterscheidenden Schichten.

1. Die Epidermis (Fig. 115, *ep*) ist von einer starken Kutikula (*c*) überzogen. Die Epidermiszellen sind unregelmässig prismatisch (Fig. 118, *e*). Die Membran ihrer Aussenwand und der Seitenwände ist stark und geschichtet verdickt. Die Verdickungsschichten bestehen nicht aus Cellulose, denn sie lösen sich nicht in Kupferoxydammoniak und werden durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt. Die Schichten quellen in Wasser auf und bilden den Schleim, welcher sich an dem in Wasser liegenden Samen zeigt. Nach Hofmeister und Sempolowski (Seite 5 der Dissertation) soll der Schleim aus den Zellen hervortreten können, ohne dass die Kutikula oder die zarten, nicht quellenden Schichten der Seitenwände sich öffnen, wahrscheinlich findet aber, wie alle anderen Autoren annehmen, Zerreißen der Zellen vor dem Austritte des Schleimes statt.

2. Unter der Epidermis liegt eine Schicht aus 1 bis 3, meist 2 Lagen von dünn- und gelbwandigen Parenchymzellen (*p*, Fig. 115 u. 118).

3. Hierauf folgt eine einfache Lage längsgestreckter, schlanker Sklerenchymzellen (*f*, Fig. 115 u. 118), mit mäfsig verdickten, grob getüpfelten Wänden. Da, wo der Samen fein punktiert erscheint, rührt dies von dem eigentümlichen Baue dieser Sklerenchymschicht her. Wie der Querschnitt zeigt, sind die Sklerenchymzellen dann nicht von einer Höhe, sondern mehrere zusammen bilden durch ihre verschiedene Gröfse kleine Buchten, die also als kurze, in der Längsrichtung des Samens liegende Rinnen er-

scheinen müssen, wenn man die Oberfläche des Samens betrachtet. Diese Rinnen werden aber nun dadurch in kleine Gruben geteilt, daß die Sklerenchymelemente selbst an der Außenwand kleine, verschieden starke Ausstülpungen an ihrer Oberfläche besitzen, wie sie in Fig. 116 an einer aufrecht stehenden, von der Seite gesehenen Zelle dargestellt sind. Zwischen der untersten Schicht *p* und der Schicht *f* finden sich an den Kanten der Zelle *p* kleine Intercellularräume, welche mit Luft gefüllt sind und ebenfalls zur Erscheinung der zarten Punktierung etwas beitragen,

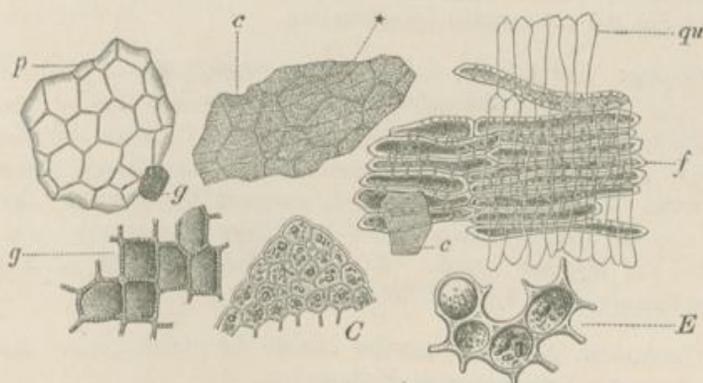


Fig. 118.

Gewebeformen aus dem Pulver des Leinsamens.

p Parenchymtschicht *p* der Fig. 115. *c* Kutikula und äußerste Lamelle der Epidermiszellen mit Sprunglinien. *f* Sklerenchymzellen (kurze Sklerenchymfasern) von der Fläche gesehen. *qu* Parenchymtschicht *g* der Fig. 115. *g* Zellen der inneren Epidermis. *C* Spitze des Keimblattes. *E* Endospermzellen.

100fach vergr.

(Figur aus Möller, Nahrungs- und Genussmittel. Berlin, Springer, 1886.)

indem sie die Grenzen der Buchten schärfer hervortreten lassen. In der That ist die Oberfläche des trockenen Samens völlig glatt, weil die Schleimzelle den Samen wie eine durchsichtige Lackschicht überzieht.

4. Unter den Faserzellen liegt eine Zellschicht aus etwa 6 Lagen ganz zusammengefallener, dünnwandiger, gestreckter Elemente (*g* und *g'*, Fig. 115). Die oberste, den Sklerenchymzellen direkt anliegende Schicht (*qu*, Fig. 118) ist meist noch am besten erhalten und bleibt leicht an den Sklerenchymzellen hängen, wenn man diese zu isolieren sucht.

5. Schliesslich folgt eine Schicht flacher, derbwandiger, getüpfelter, mit einer braunen Masse gefüllter Zellen (*g*, Fig. 115 und 118).

Unter der Samenschale liegt das Endosperm. Es besteht aus zarten, vieleckigen Zellen und enthält wie der Embryo Öl und Proteinkörner, die hie und da gut entwickelte oktaedrische Krystalloide einschließen.

Entwicklungsgeschichtliches: Die Samenschale ist nur aus den beiden Integumenten der Samenknope hervorgegangen, und zwar sind die beiden

ersten Schichten *ep* und *p* aus dem äußeren Integumente (Fig. 117, *i*), alle anderen, also *f*, *q*, *q'* und *g* der Fig. 115, aus dem dicken inneren Integumente (*ii*, Fig. 117) gebildet. Die Schicht *f* ist aus der äußersten Schicht des inneren Integumentes, die Schicht *g* aus der innersten Zellschicht der letzteren hervorgegangen. Der Nucellus ist schon in der unbefruchteten Samenknope von dem Embryosacke (*S*, Fig. 117) fast vollständig zerstört, so daß der letztere fast nackt an das Integument grenzt; Reste des Nucellusgewebes findet man deshalb im Leinsamen nicht, und das Endosperm grenzt auch im fertigen Samen überall direkt an die innerste Schicht des inneren Integumentes.

Chemie: Der Schleim der Epidermis beträgt etwa 6% des Samens, liefert mit verdünnter Schwefelsäure rechtsdrehenden Zucker und giebt mit Salpetersäure Schleimsäure; mit Chlorzinkjod färbt er sich nicht blau und löst sich nicht in Kupferoxydammoniak. Der Samen liefert etwa 30% fettes Öl, welches hauptsächlich aus dem Glycerinäther der Linolensäure und der Isolinolensäure und Linolensäure, ferner aus etwas Olein, Palmitin und Myristin besteht. Die Asche beträgt im Mittel 3,7%, der Stickstoffgehalt etwa 4%, der Wassergehalt 8%.

Geschichte: Schon Dioscorides kannte die innerliche und äußerliche Anwendung des Leinsamens zu Heilzwecken.

Placenta Seminis Lini.

Die Leinkuchen sind die nach Auspressen des Leinöls zurückbleibenden Preßkuchen der Leinsamen. Sie werden als Futtermittel und Düngemittel gebraucht und sind deshalb durch den Handel leicht zu erlangen. Die Leinkuchen enthalten alle Bestandteile des Leinsamens außer dem Öle. Sie hinterlassen danach beim Verbrennen etwa 5% Asche. Die Reinheit des Leinkuchens erkennt man leicht mittels des Mikroskopes. Man darf darin nur die in Fig. 118 abgebildeten Zellformen finden. Vorzüglich darf sich Stärke durch Chloraljod nicht darin nachweisen lassen.

a) Semen Sinapis.

Schwarzer Senf, grüner Senf.

Litteratur.

Morphologie und Anatomie: Sempolowski, Landwirtschaftl. Jahrb. III, S. 823; Dissertation, Leipzig 1874. v. Höhnel, Bau der Samenschale der kultivierten Brassica-Arten, Wissensch. prakt. Untersuchungen von Haberland, 1875, I, S. 171. Möller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genußmittel, Berlin 1886, S. 259.

Chemie: Bussy, Journal de pharmacie (2) 26, p. 39 (1839). Will und Körner, Annalen der Chemie und Pharmacie 119, S. 376 und 125, S. 257. Dircks, Landwirtschaftliche Versuchstationen Bd. 28, S. 179. Heckel und Schlagdenhauffen, Journal de Pharmacie et de Chimie 1886, T. 14, p. 213. Birkenwald, Beiträge zur Chemie der Sinapis juncea und des ätherischen Senföles, Dissertation, Dorpat 1888.

Stammpflanze: Brassica nigra Koch (Sinapis nigra L.) Cruciferae-Orthoploceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Die ursprüngliche Heimat der Brassica nigra ist nicht festzustellen; die Pflanze ist durch die Kultur weit verbreitet worden.

Kultur: In Deutschland wird Brassica nigra an den verschiedensten Orten als Feldfrucht gebaut; auch in Holland, England, Italien, in Nord- und Südamerika wird viel schwarzer Senf kultiviert.

Morphologie: Die aus einer kampylotropen Samenknospe entstandenen, etwa 1,5 mm langen, ungefähr kugelförmigen oder kurz ovalen, etwa 1 mg wiegenden Samen sind außen dunkelbraunrot, innen gelb. Die Oberfläche

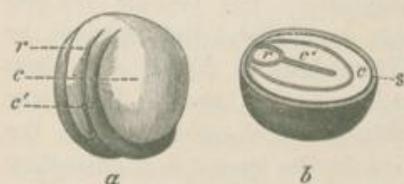


Fig. 119.

a Embryo des Senfsamens.
b querdurchschnittener Senfsamen.
r Würzelchen. c' und c Kotyledonen.
s Samenschale.

der Samenschale zeigt sich bei Lupenbetrachtung deutlich netzig grubig. Hie und da ist die Samenschale ganz weiß oder weißschuppig; es hat sich dann die Epidermis der Samenschale losgelöst. Der Nabel tritt als helles Pünktchen hervor. Weicht man den Samen in Wasser auf, so wird seine Oberfläche etwas schlüpferig. Löst man den Embryo aus der Samenschale heraus, so findet man, daß derselbe fast so groß wie der Samen ist, und daß er die für die ganze Abteilung der Cruciferae-Orthoploceae charakteristische Form hat. Die beiden grünlichgelben Keimblätter des Embryo sind der Länge nach einmal (im Mittelnerven) zusammengefaltet, das äußere c mit der Unterseite, das innere c' mit der Oberseite nach außen, das letztere vom ersten umfaßt. Das Würzelchen r ist umgebogen und liegt den Rändern des inneren Keimblattes an, legt sich sogar teilweise zwischen dieselben. Ein Schnitt durch den Samen, welcher das Würzelchen quer trifft, zeigt deshalb das in Fig. 120 dargestellte Bild.

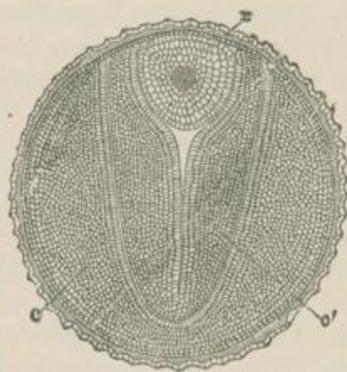


Fig. 120.

Querschnitt des Samens von Brassica nigra.
c' Kotyledonen. r Würzelchen.

Anatomie: Das Gewebe des Embryo, welcher sich leicht aus der Samenhaut Herausschälen läßt, wenn man den Samen eingeweicht hatte, befindet sich noch völlig im embryonalen Zustand. Die Kotyledonen besitzen kleine, etwas tafelförmige Epidermiszellen (e, Fig. 121), an welche sich auf der

Keimblattoberseite 3 palissadenartig gestreckte Zellschichten, auf der Keimblattunterseite etwa 4 Lagen vieleckiger, fast isodiametrischer Zellen anschließen. In der Mitte des Kotyledongewebes verlaufen einige

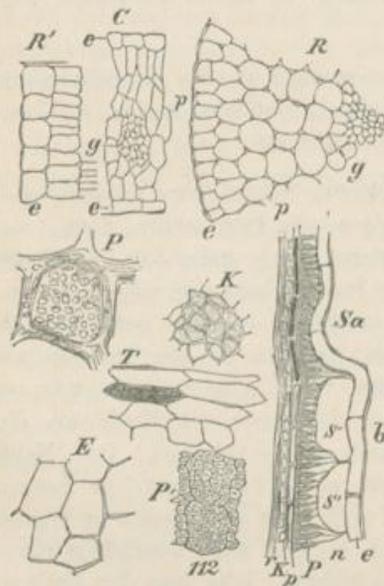


Fig. 121.

Gewebeformen aus dem Samen von
Brassica nigra.

C Querschnitt durch ein Stückchen des Keimblattes. *e* Epidermiszellen. *p* Parenchymzellen. *g* Gefäßbündelanlage.

R Querschnitt des Würzelchens.
e, *p*, *g* wie bei *b*.

R' Längsschnitt durch Epidermis *e* und darunter liegende Parenchymschicht des Würzelchens.

S Querschnitt durch die Samenschale und zwar bei *a* durch die ungequollene, bei *b* durch die aufgequollene Samenschale. *r* innerste, aus zusammengefallenen Zellen bestehende Schicht. *K* kleinzellige, ötreiches Plasma führende Zellschicht. *p* Farbstoff führende Zellschicht. *P* Palissadenzellschicht. *S'* große Parenchymzellen. *e* Epidermis.

E Epidermiszellen in der Aufsicht.
P' Gruppe von Palissadenzellen, von unten gesehen.

T Farbstoff führende Zellen in der Flächenansicht. *K* Plasmaschicht (*SK*) in der Flächenansicht. *P* Gruppe von Palissadenzellen, von oben gesehen, Flächenansicht.

112 fach vergr.

die Schicht. Diese beiden Schichten (*r* und *x*) sind höchst wahrscheinlich das rudimentäre Endosperm. Auf dieser Schicht liegt eine einzige Reihe

im Querschnitte etwa elliptische Gefäßbündelanlagen (*g*, Fig. 121, *C*).

Fig. 121, *R* stellt ein Stückchen des Querschnittes des Würzelchens dar.

Die Rindenzellen der Wurzel *p*, *R* erscheinen auf dem Querschnitte

kreisförmig und zeigen deutliche Intercellularräume. Ein Längsschnitt

durch die Epidermis *e* und die darunter liegenden Zellen ist in *R'* abgebildet.

Das Gewebe der Anlage des radialen Gefäßbündels des Würzelchens (*g*, *R*) ist sehr kleinzellig.

Gefäße sind in dem Keimpflänzchen noch nicht angelegt. Das Gewebe des ganzen Keimpflänzchens

führt fettes Öl und Proteinkörnchen. Die dem Keimpflänzchen direkt aufliegende, in Wasser oder Weingeist

fast homogen erscheinende Schicht (*r*, *S*) besteht aus dünnwandigen, leeren, farblosen, gänzlich zusammen-

gedrückten Zellen, deren Wandungen mit Chlorzink Cellulosereaktion

geben. Gegenüber dem Würzelchen besteht die Schicht aus 3–6 Zellen; am Würzelchen kommen noch

einige Lagen hinzu; am Hilum ist die Anzahl der Lagen sehr groß.

Über dieser Schicht liegt eine einfache Lage von im Querschnitte des Samens quadratischen oder tan-

gential gestreckten Zellen (*x*, *S*), welche homogenes, ötreiches, mit feinen Proteinkörnchen gefülltes

Plasma führen. Von oben gesehen sind diese Zellen unregelmäßig vieleckig und erscheinen lückenlos

verbunden (*K*). In der Gegend der Mikropyle und des Hilums fehlt

die Schicht. Diese beiden Schichten (*r* und *x*) sind höchst wahrscheinlich das rudimentäre Endosperm. Auf dieser Schicht liegt eine einzige Reihe

von tafelförmigen, tangential gestreckten Zellen ($S, p; T$), welche mit einem braunen, sich mit Eisenchlorid schmutzig blau färbenden, in Kalilauge löslichen Körper angefüllt sind. In der Mikropylen- und Hilumgegend besteht diese Schicht aus mehreren Lagen. Hierauf folgt die Schicht der Palissadenzellen (S, p), welche etwas heller braun gefärbt ist, als die vorhergehende Schicht. Dieselbe färbt sich ebenfalls mit Eisenchlorid schmutzig blau. Sie besteht aus hohen, becherförmigen Zellen, deren Wand nur am unteren Teile verdickt, oben sehr dünn ist. Die Länge dieser Zellen ist verschieden, und zwar sind Gruppen von Zellen um ein gemeinsames Centrum so geordnet, daß die kürzesten in der Mitte stehen und die nach der Peripherie der Gruppe zu gelegenen nach und nach länger werden. P stellt eine solche Gruppe, nach einer in Wasser aufgeweichten Samenschale gezeichnet, von oben gesehen dar; die breiten Ränder entstehen durch die zusammengefallenen Wände der längsten Zellen. Von unten gesehen erscheinen die Palissadenzellen wie P' ; man sieht hier in das Lumen der Zellen hinein. Über der Palissadenschicht liegen Zellen mit sehr dünner Cellulosewand (S, s'). Diese Zellen sind leer und im trockenen Samen zusammengefallen, so daß ein Schnitt durch die trockene Samenschale, in Glycerin liegend, das Bild bietet, wie Fig. 121, S bei a . Die Epidermis liegt also den Palissadenzellen in der trockenen Samenschale dicht auf und giebt so die Form der Gruppen der Palissadenzellen wieder; deshalb erscheint die Samenschale grubig. Jede Grube ist so groß, wie die Zelle S, s' . Die Epidermis (e, S) besteht aus tafelförmigen Zellen, deren Wände sehr stark verdickt und quellbar sind. Ein Lumen derselben ist weder auf dem Querschnitte noch von der Fläche aus zu erkennen. Bei *Sinapis brassicata*, welche eine ähnliche Epidermis besitzt, läßt sich nach Sempolowski die Schichtung und das Lumen erkennen. E zeigt die Epidermis von oben gesehen. Bei längerem Liegen des Samens in Wasser quillt die Wand stark. Sie läßt sich durch Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod blau färben.

Chemie: Die Senfsamen enthalten (wie die bitteren Mandeln) in dem Embryo ein Glykosid, das Sinigrin (myronsaures Kalium, $C^{10}H^{18}KNS^2O^{10}$), welches aus dem entölten und getrockneten Senfsamen leicht als gut krystallisierende, in Wasser lösliche Substanz gewonnen werden kann, und von welchem im Maximum 0,6 % aus dem Samen erhalten wurde, eine im Verhältnis zum Senföle viel zu geringe Ausbeute; denn 1 % Senföle setzt ungefähr 5,4 % Sinigrin voraus. Letzteres schmeckt bitter, nicht scharf. Durch ein in dem Senfsamen enthaltenes Ferment (Myrosin) kann dasselbe in wässriger Lösung gespalten werden in

Senföle $SCN (C^3H^5)$, Isosulfoeyan-Allyl,
 Traubenzucker $C^6H^{12}O^6$,
 Kaliumbisulfat SO^4KH .

Pulverisierter Senfsamen, den man mit Wasser etwa 4 Stunden stehen läßt, liefert bei der Destillation etwa 1–2 % aus dem Sinigrin

entstandenes Senföl (welches übrigens stets etwas Schwefelkohlenstoff enthält). Bringt man ganze oder zerstoßene Senfsamen direkt in kochendes Wasser, so entsteht kein Senföl, weil durch das kochende Wasser das Ferment zerstört wird; überhaupt wirken alle Agentien, welche das Ferment zerstören, selbstverständlich in gleichem Sinne. Auch längeres Einweichen mit kaltem Wasser zerstört die Eigenschaft des Samens, Senföl zu erzeugen. Aus dem Samen läßt sich ferner etwa 30 % eines nicht trocknenden fetten Öles gewinnen, in welchem Glycerinester der Behensäure und Erukasäure, auch Lecithin nachgewiesen worden sind. Der Senfsamen liefert ungefähr 4 % Asche.

Birkenwald fand in einer Probe von *Brassica nigra*:

Feuchtigkeit	8,47	
Asche	5,04	
Phosphorsäure	1,84	
In Petroläther löslich	} bei successiver Behandlung {	
In Äther „		29,37
In absol. Alkohol „		0,93
In 75proz. Spirit. „		0,8
Schwefel	} nach Dirks'scher Methode {	
Senföl		6,77
Stickstoff	0,611	
	1,89	
	4,503	

Verwechslungen und Verfälschungen: Die Samen anderer Brassica-Arten sind denen des schwarzen Senfes sehr ähnlich gebaut. So zuerst die von *Brassica juncea* (Sarepta-Senf, in Südrussland, Indien, Afrika, kultiviert), welche größer (1,5—1,7 mm) und etwas heller braun sind, im übrigen die gleichen mikroskopischen, chemischen und medizinischen Eigenschaften besitzen, wie die von *Brassica nigra*. Die Samen von *Brassica rapa* (Rübenkohl, Rübren) sind etwa 1,5 mm groß, rotbraun und sehr fein punktiert-, nicht eigentlich netzig-grubig. Ihre Samenschale unterscheidet sich nur dadurch von derjenigen des schwarzen Senfes, daß die Epidermis und die darunter liegenden zwei Parenchymschichten, also alle bis zur Palissadenschicht vorkommenden Zellen, zu einer einheitlich erscheinenden Haut von der Dicke der Epidermis des schwarzen Senfes zusammengefallen sind. Die Samen liefern übrigens nur so wenig (Ritthausen) Senföl, daß sie nicht scharf schmecken. Besser zu unterscheiden sind die bis 2 mm großen, schwarzbraunen Samen von *Brassica Napus* (Raps); unterscheidend ist für sie die Palissadenschicht der Samenschale, welche aus gleich hohen, weiltumigen Elementen besteht. Auch diese Samen schmecken nicht eigentlich scharf. Die graubraunen, 1,5 mm großen, nicht scharf schmeckenden Samen von *Brassica oleracea* (Kohlsamen) verhalten sich bezüglich der Palissadenschicht wie die vorhergehenden Samen, außerdem liegen unter der Epidermis zwei Parenchymschichten. Ganz ähnlich wie der Samen von *Brassica oleracea* verhält sich der von *Sinapis arvensis*.

(Vergleiche Nolte in Dammers Lexikon der Verfälschung, Leipzig 1887, S. 777).

Im ganzen Zustande sind mit dem schwarzen Senfsamen nicht zu verwechseln die Samen von *Brassica alba*, weil letztere gelblich sind. (Es kommen allerdings nach Nolte auch Samen von brauner Farbe vor.) Dieser Samen (*Semen Erucae*, weißer Senf) unterscheidet sich auch vom schwarzen Senf durch die dicken Epidermiszellen, deren Wände geschichtet und quellbar sind. Chemisch ist der Samen von *Brassica alba* dadurch ausgezeichnet, daß er kein Sinigrin, sondern Sinalbin enthält, welches bei der Spaltung Sinalbinsenöl (C^7H^7ONCS), eine scharf schmeckende, nicht flüchtige Flüssigkeit liefert.

Das Pulver des Senfes ist mit Mehl, Rapskuchenmehl, Leinsamenmehl verfälscht angetroffen worden.

Geschichte: Der Senfsamen wurde schon im Altertume als Gewürz und Arzneimittel benutzt.

e) **Semen Strychni.**

Brechnüsse, *Nuces vomicae*.

Litteratur.

Morphologie und Anatomic: F. A. Flückiger und Arthur Meyer, Über die Frucht von *Strychnos Ignatii*, Archiv der Pharmacie 1881, 16. Bd., 6. Heft. Radlkofer, Über die Methode der botan. Systematik, Münchener akademische Festrede, Juli 1883. Ed. Schär, Über einige pharmakognostische Verhältnisse der *Nux vomica*, Archiv der Pharmacie 1885, 23. Bd., Heft 20. Dr. Eduard Tangl, Über offene Kommunikation zwischen den Zellen des Endosperms einiger Samen, Pringsheims Jahrbücher, Bd. 12, 1879 bis 1881, S. 170. Strasburger, Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute, Jena 1882, S. 24 u. S. 247. A. Tschirch, Indische Fragmente. I. *Strychnos nux vomica*, Arch. d. Pharm. 1890, S. 203.

Ort des Vorkommens der Alkaloide in dem Samen: Rosoll, Beiträge zur Histochemie der Pflanze, Sitzungsber. der Wiener Akademie 89, I, S. 137. O. Lindt, Über den mikrochemischen Nachweis von Brucin und Strychnin, Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie I, 1884, S. 237. Errera, Localisation et la signification des Alcaloïdes dans les plantes, Bruxelles 1887.

Chemie: Merck, Trommsdorffs Neues Journal der Pharmacie 20, 1. 134. F. Meyer, Dissertation, Petersburg. 1875. Höhn, Archiv der Pharmacie 202, S. 137. Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches II. Auflage III. Abt., S. 962. Dunstan and Short, Pharmaceutical journal and transactions (3) 1883 (Vol. 14) p. 1053. Dunstan and Short, Ph. journ. and trans. (3) 1883, Vol. 13, No. 660, p. 665 und No. 664, p. 292. Dunstan and Short, Ph. journ. and trans. (3) 1884, 13, p. 1053. Dunstan and Short, Ph. journ. and transact. (3) 15, p. 1. Warnecke, Pharmaceutische Zeitung 1886, No. 71. S. 536.

Dragendorff, Chemische Wertbest. starkwirkender Drogen, Petersburg 1874. Schweissinger, Archiv der Pharmacie, 1885, 223, 579. L. von Italie, Nederl. Tijdschr. v. Pharm. Chem. en Toxikol. Kremel, Notizen zur Prüfung der Arzneimittel, Wien, 1889, p. 80. Dietrich, Pharm. Centralh. 1887, No. 3. Bekurts und Holst, Ph. Centralhalle 1887, No. 10, p. 119. Helfenberger Annalen 1888, 16 und 85. M. C. Traub und G. M. Pyritz, Der Fortschritt 1888, S. 214. B. Holst und H. Bekurts, Archiv der Pharmacie 1890, S. 330.

Stammpflanze: Strychnos Nux vomica L., Loganiaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Der Baum ist in Vorderindien (vorzüglich häufig auf Ceylon), Hinterindien und Nordaustralien einheimisch. Dort findet er sich vorzüglich in den Wäldern der Küstengebiete.

Einsammlung: Die Brechnüsse werden von wild wachsenden Bäumen gesammelt. Wir erhalten die Droge hauptsächlich über Bombay, Cochin an der Malabarküste und Madras. Der Gehalt der Droge an Alkaloiden scheint in keiner Beziehung zur Handelsbezeichnung der Ware zu stehen; Bombayware ist z. B. manchmal reicher, manchmal ärmer an Alkaloid als Madrasware. Danach ist auch der Handelswert der verschiedenen Sorten nicht immer der gleiche.

Morphologie: Der Samen von Strychnos Nux vomica geht aus einer fast anatropen Samenknope hervor, die jedoch sofort nach der Befruchtung hemianatrop wird, indem sich der Embryosack völlig, der Mikropylkanal mehr und mehr senkrecht auf die Richtung des Funikulus stellt. Die Samenknope, welche, aus einer eben geöffneten Blüte stammend, in Fig. 123 dargestellt ist, besitzt stets nur ein sehr dickes Integument (*i*), welches den Embryosack (*Es*) direkt umhüllt, durch dessen Wachstum das Nucellusgewebe zerstört wurde. Das Gefäßbündel (*g*) des Funikulus reicht nicht bis an die Chalaza, sondern nur bis zum Integumente. Die Entwicklung der Samenknope zum Samen konnte ich wegen unzureichenden Materials nicht eingehend genug verfolgen, doch scheint sich die Sache nach dem, was ich an einigen jungen Samen (welche ich, wie die Blüten als vorzüglich konserviertes Spiritusmaterial 1889 aus Ceylon erhielt) zu beobachten im stande war, folgendermaßen zu verhalten. Das einzige Integument beginnt bald ein energisches Wachstum, indem es sich stark verdickt und zugleich allseitig gleichmäßig zu einer rechtwinklig zum Funikulus stehenden Scheibe auswächst, welche in der Mitte eine der späteren Endospermspalte ähnliche Höhlung enthält. Es besteht wesentlich aus dünnwandigem Parenchym, in welches jedoch hie und da einzelne netzförmig verdickte Zellen eingestreut sind. Das Endosperm scheint anfangs diesem Wachstum nicht zu folgen, vielmehr scheint der Embryosack anfangs in der Mitte der Samenknope, gegenüber dem Funikulus liegen zu bleiben (wodurch vielleicht die Erhöhung, welche oft dem Nabel des fertigen Samens gegenüberliegt, veranlaßt wird) und erst später in die Spalte der Samenknope hinein zu wachsen, welche von dem Integumente gebildet wurde. Noch an einem 12 mm breiten Samen, den ich untersuchte, bildete das fleischige Integument, dessen Haarepidermis schon vorhanden war, die Hauptmasse des Samens. Später entwickelt sich das Endosperm kräftig und drückt das mächtige Gewebe des Integumentes so zusammen, daß nur noch die Epidermis gut erhalten bleibt. Das Gefäßbündel des Funikulus dringt nur ein wenig tiefer in das Gewebe der Samenschale ein und verzweigt sich

allseitig strahlenförmig, ohne zur Chalaza einseitig vorzudringen. Der Funikulus wächst zu einem langen, sehr zarten, leicht abreisenden Samenstiele aus.

Die reifen Samen sind ursprünglich in das Fruchtfleisch einer hartschaligen, roten Beere, von etwa 5 cm Durchmesser eingeschlossen (Fig. 122, *D*), welche aus einem zweifächerigen Fruchtknoten (Fig. 122, *C*) hervorging, dessen Scheidewand, Placenten und innerer Teil der Karpelle in Fruchtfleisch verwandelt werden, während eine peripherische Zellschicht zu einer 2 mm dicken brüchigen, harten Hüllschicht wird.

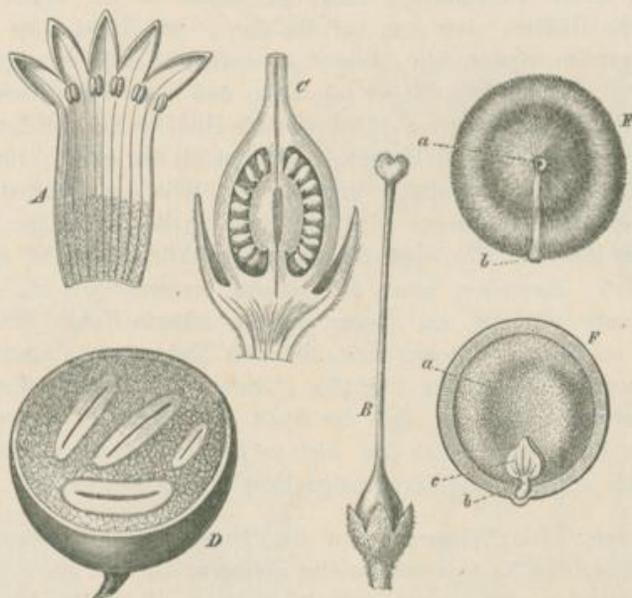


Fig. 122.

Strychnos Nux vomica L.

A Krone aufgeschlitzt und ausgebreitet, 8fach vergr.*B* Kelch und Stempel, 5fach vergr.*C* Längsdurchschnittener Fruchtknoten und Kelch.*D* reife Frucht, durchschnitten, halbe Größe.*E* Same. *a* Nabel, *b* Mikropyle.*F* Parallel der Fläche, längsdurchschnittener Same. *a* Endosperm. *b* Wurzel des Embryo, *c* Kotyledonen des Embryo.

Abbildungen hauptsächlich nach Berg & Schmidt.

Die Samen, wie sie in der Droge vorliegen, sind rund scheibenförmig, mit einem Überzuge von dicht aufeinander liegenden, nach der Peripherie des Samens zu gerichteten, glänzenden Haaren bedeckt. Häutchen, welche dem Haarüberzuge hie und da ankleben, gehören nicht dem Samen an, sind vielmehr Fetzen des Fruchtfleisches und zwar der dem Samen direkt angrenzenden, etwas festeren Partie desselben. Auf der einen, häufig schalenförmig vertieften Seite des Samens sieht man eine mehr oder weniger kräftige, kleine Warze (Fig. 122, *E*, *a*), den Samenstielrest,

welcher aus dem Funikulus hervorging, mit seiner Wundfläche, dem Nabel. Von dem Nabel (*a*) verläuft nicht selten bei der Droge eine Leiste nach der Mikropyle (*b*, *E*, Fig. 122) des Samens, welche nur eine Falte der Samenschale ist, die vielleicht zu dem Verlauf des Mikropylkanals in Beziehung steht, nicht etwa die Raphe des Samens ist. Die Mikropyle tritt als ein kleiner Höcker am scharfen Rande des Samens hervor. In der Mitte der dem Nabel gegenüberliegenden Außenfläche des Samens findet man häufig eine kleine flache Vertiefung oder ebenfalls eine kleine Warze, über deren Bedeutung ich meine Vermutung schon oben ausgesprochen habe. Zerschneidet man den Samen in der Weise in zwei symmetrische Hälften, daß man auf den flachen, den Nabel nach oben gerichtet liegenden Samen ein Messer so aufsetzt, daß es zugleich die Mikropyle (*b*, *E*) und den Nabel (*a*) trifft, und man dann einen kurzen Schlag auf das Messer führt, so erhält man ein Bild der Schnittfläche, wie es Fig. 125 zeigt. Die dünne Samenschale (*S*) umhüllt das graue, transparente Endosperm (*Ed*) und erscheint nur an der Stelle des Samenstieles (*F*) etwas dicker. Das Endosperm wird von einer Spalte durchzogen (*Sp*), in welcher der Embryo (*Eb*) liegt, der das dicke Würzelchen der Mikropyle (*M*) zukehrt. Zerspaltet man den Samen, indem man ihn mit der scharfen Kante aufstellt, ein Messer auf die scharfe Kante aufsetzt und auf dieses schlägt, so erkennt man, daß das Endosperm ringsum nur in einer schmalen Zone (die in Fig. 122, *F* durch radiale Schraffierung gekennzeichnet ist) massiv ist, daß der Spalt das ganze Endosperm durchzieht. Man findet dann auch den kleinen Embryo meist unversehrt und erkennt, daß er zarte fast herzförmige Kotyledonen (*c*) besitzt.

Anatomie: Die Epidermiszellen des Samens sind dickwandig, sehr grob getüpfelt, ihre Seitenwände wellig gebogen, so daß ein in der Tangente des Samens geführter Querschnitt durch die Epidermis das Bild der Fig. 127 bietet. Jede Epidermiszelle ist ferner zu einer langen freien Papille, einem etwa 1 mm langen Haare (*h*, Fig. 126), ausgewachsen. Die Zellwand dieses festen, schräg stehenden Teiles der Epidermiszelle ist mit längs laufenden, fast geraden, nur wenig anastomosierenden Verdickungsleisten versehen, zwischen denen die Zellwand sehr dünn ist und leicht reißt. Die Spitze des Haares ist abgerundet.

Erklärung der Tafel.

Samen von *Strychnos Nux vomica*.

- Fig. 123. Samenknospe, in der Symmetrieebene durchschnitten, *i* Integument, *E* Embryosack
m Mikropyle, *g* Gefäßbündel des Funikulus.
- Fig. 124. Samenknospe, rechtwinkelig zur Symmetrieebene durchschnitten. *E* Embryosack,
g Gefäßbündel des Funikulus.
- Fig. 125. Samen in der Symmetrieebene durchschnitten. *F* Samenstiel, *M* Mikropyle, *S* Samen-
schale, *Ed* Endosperm, *Sp* Endospermspalte, *Eb* Embryo.
- Fig. 126. Querschnitt durch die Epidermis. *b* basaler Teil, *h* einfacher haarförmiger Teil der
Epidermis. 90fach vergr.

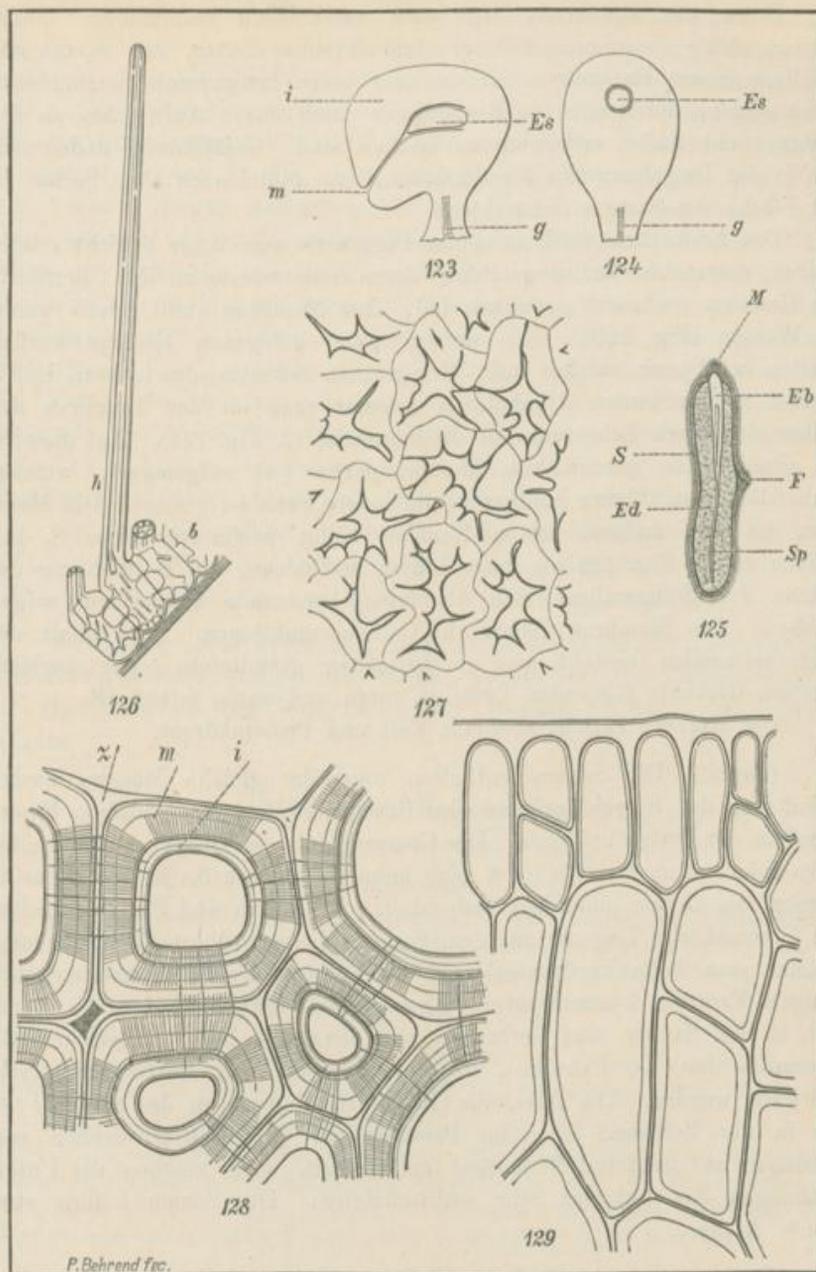


Fig. 127. Tangential zur Oberfläche des Samens durch die Epidermis des Samens geführter Schnitt. 300fach vergr.

Fig. 128. Endospermzellen aus der inneren Partie des Gewebes, in verdünntem Weingeist liegend. 620fach vergr. Nach Tangl.

Fig. 129. Die äußersten Zelllagen des Endosperms, aus einem senkrecht zur Oberfläche des Samens geführten Schnitte. 500fach vergr. Nach Tangl.

Unter der Epidermis liegt eine anscheinend mehrzellige, dünne Schicht völlig zusammengefallener dunkelbrauner Zellen, das zusammengefallene innere Parenchym der aus dem einen Integumente entstandenen Samenschale, deren einzelne Bestandteile auch durch Aufweichen an der Droge nicht mehr erkennbar zu machen sind. Gefäßbündel finden sich nur in der Umgebung der Funikulinsertion, radial nach allen Seiten, in der Fläche des Samens ausstrahlend.

Das Endosperm wird an seiner Peripherie von einer Schicht relativ kleiner, gestreckter Zellen gebildet, deren Seitenwände zu der Oberfläche des Gewebes senkrecht gerichtet sind; ihre Membran quillt relativ wenig in Wasser (Fig. 129). Die weiter innen gelegenen Endospermzellen quellen in Wasser stärker auf. Bringt man Schnitte des inneren Endosperms in verdünnten Alkohol, so erkennt man an der Membran der Zellen eine stark lichtbrechende Mittellamelle (*z*, Fig. 128). Auf dieselbe ist eine breite geschichtete Membranpartie (*m*) aufgelagert, welcher schließlichs eine stärker lichtbrechende innere Schale (*i*) folgt. Die Membran ist von äußerst feinen Kanälen völlig perforiert (siehe S. 44), welche in der Fig. 128 als zarte Linien erscheinen, bei Betrachtung der Fläche der Zellmembran sich als feine kreisrunde Pünktchen zeigen würden. Die Membran liefert die Cellulosereaktionen. Der Inhalt der Endospermzellen besteht aus unregelmäßig gestalteten, sehr ungleich großen, Globoide führenden Proteinkörnern und wenig fettem Öl.

Der Embryo enthält ebenfalls Fett und Proteinkörner.

Chemie: Die Samen enthalten ungefähr gleiche Mengen zweier Alkaloide, des Strychnins und des Brucins, welche die giftigen Eigenschaften der Droge bedingen. Der Gesamtgehalt der Droge an den beiden Alkaloiden ist zu 0,23 bis 5,3 % (der hohe Gehalt von 5,3 % wurde nur in Samen von Ceylon gefunden) festgestellt. Dunstan und Short erhielten ein Glycosid, das Loganin aus dem Samen; dieses bedingt die Rotfärbung, welche man beim Verdunstenlassen der Tinktur der Strychnossamen mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure erhält. Außerdem findet sich in den Samen eine Gerbsäure und etwa 4 % Fett, in welchem die Glyceride der Öl-, Palmitin-, Caprin-, Capron- und Buttersäure nachgewiesen wurden. Die Alkaloide liegen im Endosperm des Samens; ob sie in der Zellwand oder im Protoplastem der Endospermzellen vorkommen, ist nicht mit Sicherheit entschieden, doch machen die Untersuchungen das Letztere sehr wahrscheinlich. Die Samen liefern etwa 1,14 % Asche.

Bestimmung des Alkaloidgehaltes der Droge: 10 g Strychnossamen werden pulverisiert und in einem Extraktionsapparate von Soxhlet mit einem Gemische von 75 T. Chloroform und 25 T. mit Ammoniak gesättigtem Spiritus ausgezogen. Von dem Auszuge destilliert man das Chloroform ab und nimmt den Rückstand, nach Verdampfen des Spiritus, mit einer Mischung von 5 cem Wasser, 5 cem Ammoniak und 5 cem Alkohol

auf. Die Lösung schüttelt man in einem kleinen Scheidetrichter dreimal mit 20, 10 und 10 cem Chloroform aus. Von den Chloroformauszügen destilliert man das Chloroform ab und erwärmt den Destillationsrückstand zum Verjagen des Ammoniaks noch einige Zeit auf dem Wasserbade. Der Rückstand wird nun mit 15 cem $\frac{1}{10}$ -Normalsalzsäure 5 Minuten auf dem Wasserbade erwärmt; die entstandene Lösung wird filtriert, das Filter mit heißem Wasser nachgewaschen, bis das Waschwasser nicht mehr sauer reagiert und in der so erhaltenen sauren Alkaloidlösung der Überschufs an Salzsäure mit $\frac{1}{100}$ -Normalnatron und unter Anwendung von Cochenille als Indikator bestimmt. Durch Subtraktion der verbrauchten Kubikcentimeter $\frac{1}{100}$ -Normalnatron von 150 erfährt man die Anzahl Kubikcentimeter $\frac{1}{100}$ -Normalsalzsäure, welche zur Bindung der in 10 g des Samens enthaltenen Alkaloide erforderlich gewesen sind. Da annähernd gleiche Teile von Strychnin und Brucin in den Strychnossamen enthalten sind, so entspricht 1 cem der $\frac{1}{100}$ -Normalsalzsäure 0,00864 g des Gemisches der beiden Alkaloide. (Nach Beckurts und Holst.)

Der nach diesem Verfahren bisher gefundene Alkaloidgehalt schwankte zwischen 0,23 und 2,4 %, so dafs eine Untersuchung des Pulvers und die Darstellung eines solchen von mittlerem Gehalte angezeigt ist.

Geschichte: Die Brechnüsse sind nachweislich im XV. Jahrhundert, vielleicht aber schon früher, nach Europa gekommen, aber anfangs weniger als Heilmittel als zur Vergiftung von Hunden, Katzen etc. benutzt worden.

1) **Semen Papaveris.**

Mohnsamen.

Litteratur.

Verbreitung und Kultur: A. de Candolle, Der Ursprung der Kulturpflanzen 1884, S. 503. Ritter, Erdkunde von Asien VI, 1848, S. 773. P. Guyot, Sur la culture de l'opium dans la Zambésie, Comptes rendus 1882, 95, p. 798—800. Morrison, Plantes used in medicine in Manchuria, Pharmac. journal and transact. XVI, 268.

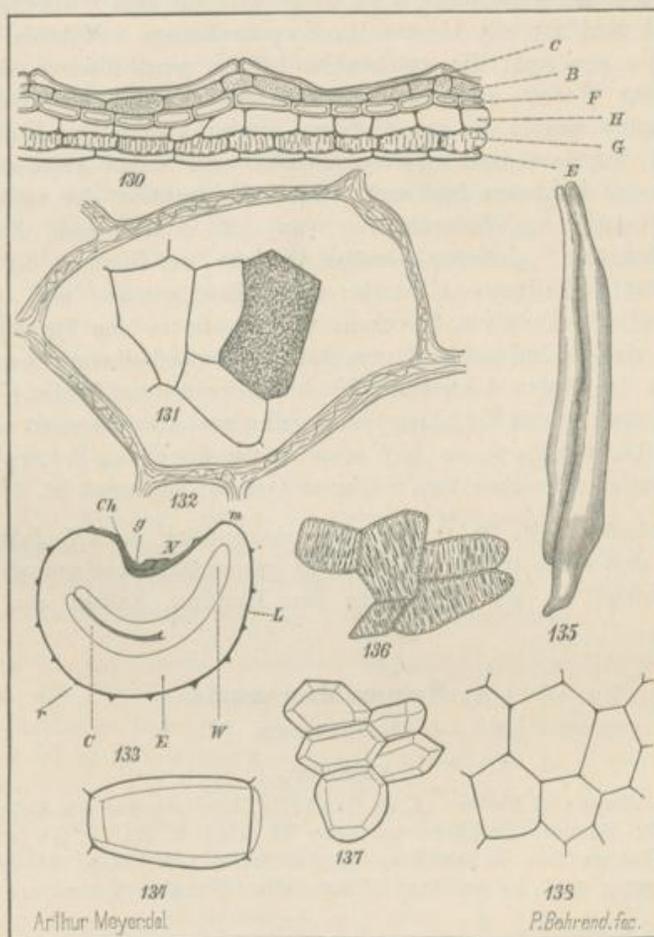
Anatomie und Morphologie: Michalowski, Beitrag zur Anatomie und Entwicklungsgesch. von Papaver somniferum L. I. Teil, Dissertation, Grätz, 1881.

Chemie: Oudemans, Journ. für prakt. Chemie 1865, S. 323. Mulder, Journ. für prakt. Chemie 1865, S. 323. K. Hazura, Monatshefte für Chemie. Gesammelte Abhandlgn. aus dem Sitzungsbericht der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien, 9, S. 198. Clantrian, Journ. de Pharm. 1889, p. 161. Hansen, Über Fermente und Enzyme, Arb. d. botan. Inst. in Würzburg III, 2. Heft, p. 252.

Stammpflanze: Papaver somniferum L. Papaveraceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Papaver somniferum ist eine alte Kulturpflanze. Vielleicht ist das besonders in Spanien, Algerien, auf Korsika, Sicilien, in Griechenland und auf Cypem heimische Papaver setigerum D. C. die wilde Form des kultivierten Mohnes.

Kultur: Man kultiviert den Mohn in allen Ländern mit gemäßigttem Klima, teils nur des Samens wegen, wie bei uns, teils hauptsächlich des Opiums wegen, wie in Kleinasien, Persien, Indien, neuerdings auch im



Erklärung der Tafel.

Der Samen von *Papaver somniferum*.

Fig. 130. Schematischer Längsschnitt durch den Samen.

N Nabel. *g* Gefäßbündel des Funikulus. *Ch* Chalaza. *m* Mikropylende des Samens. *L* Samenschale. *r* Rippen der Samenschale. *E* Endosperm. *CW* Embryo.

Fig. 130. Querschnitt durch die Samenschale.

c Seitenwände der Epidermiszellen. *B* Oxalatschicht. *F* Schicht dickwandiger Zellen. *H* dünnwandiges Parenchym. *G* Parenchym mit netzförmig verdickten Wänden. *E* innere Epidermis.

Fig. 132 entspricht der Schicht *C* des Querschnittsbildes, Fig. 131 der Schicht *B*, Fig. 135 der Schicht *F*, Fig. 137 der Schicht *H*, Fig. 130 der Schicht *G*, Fig. 134 der Schicht *E*, alle sind von der Fläche gezeichnet.

Fig. 138. Endospermzellen.

210fach vergr.

tropischen Afrika. Man hat durch die Kultur eine ganze Reihe von Formen, Kulturrassen, gezüchtet, welche sich hauptsächlich durch den Bau der Kapseln und durch die Farbe der Samen voneinander unterscheiden. Die Farbe der Samen variiert zwischen schwarz und blau, rosa und weiß. Nur die weißen Samen sind officinell.

Morphologie: Der aus einer anatropen Samenknospe entstandene, bis 1,5 mm lange, etwa 0,5 mg wiegende Samen ist nierenförmig. Die eine Seite (*m*, Fig. 133) erscheint etwas spitzer als die andere. Die Oberfläche des Samens ist von einem Netz zarter Rippen bedeckt, welche sechseckige Maschen bilden. Die Maschen umgeben flach konkave Vertiefungen. In der Bucht des nierenförmigen Samens sieht man eine gelbliche Erhöhung, an welche sich nach dem stumpferen Ende des Samens zu eine gelbe breitere Fläche anschließt. Die Erhöhung ist der Rest des Funikulus. In der Mitte der Bucht liegt der Nabel (*N*, Fig. 133); die gelbe Stelle ist die Chalaza, bis in welche hinein sich das kleine Gefäßbündelchen (*g*, Fig. 133) des Funikulus fortsetzt. Schneidet man den Samen der Länge nach durch, so findet man unter der Samenschale (*L*, Fig. 133) das weiße Endosperm (*E*) und innerhalb desselben den gekrümmten Embryo (*CW*). Der Embryo ist fast stielrund, indem die Kotyledonen nur wenig breiter sind, als das Würzelchen dick ist; er ist mit der konkaven Seite und der Fläche der Keimblätter (*C*) der Bucht des Samens zugekehrt und richtet die Wurzelspitze (*W*) nach dem spitzen Ende des Samens.

Anatomie: Die Zellen, welche die Samenschale bilden, sind bis auf die von zwei Schichten beim weißen Mohn sehr zusammengefallen, so daß die Samenschale, obgleich sie aus 6 Zellschichten besteht, doch sehr dünn ist. Durch Kochen der Querschnitte mit Kalilauge gelingt es nur schwierig, die Schichten wieder zu lockern. Die Epidermis der Samenschale besteht aus 4- bis 6eckigen Zellen, deren Tangentialwände (die Hinter- und Vorderwand) fest aufeinander liegen. Sie sind so groß wie die von den Leisten umgebenen Felder, und ihre zarten, wellig gebogenen Seitenwände bilden die Rippen hauptsächlich. Auf dem Querschnitte der Samenschale erkennt man das Lumen dieser Zellen nur in der Nähe der Seitenwände (Fig. 130, *C*). Die Epidermis ist von einer Kutikula überzogen, welcher Calciumcarbonat eingelagert und aufgelagert ist.

Unter der Epidermis liegt eine Schicht von tafelförmigen Zellen (Fig. 130, *B* und Fig. 131). Unter den Rippen sind dieselben schmal und in der Richtung der Rippen gestreckt, in der Mitte der Felder besitzen sie die in Fig. 131 dargestellte Form. Sie sind mit sehr kleinen Oxalatkrystallen (denen wahrscheinlich auch Calciumcarbonatkörnchen beigemischt sind) angefüllt. Ihre Wände sind teilweise kutikularisiert. Darauf folgt eine Schicht in der Längsrichtung des Samens gestreckter, stärker verdickter Zellen (Fig. 135 und Fig. 130 *F*), welche hauptsächlich die konkave Form der Felder bedingen. Unter ihnen liegt dann eine Schicht

von dünnwandigem, zusammenfallendem Parenchym (Fig. 137), ferner eine aus mit netzförmig verdickten Wänden versehenen Zellen aufgebaute Schicht (Fig. 130, *G*; Fig. 136) und zuletzt eine solche aus dünnwandigen, tafelförmigen Zellen, deren Außenwand kutikularisiert ist (Fig. 130, *E*).

Die Zellen der Schicht *G* bilden an der Mikropyle, über der Wurzelspitze eine Kuppe, in welcher noch ein feiner Kanal bemerkbar ist. Die Schicht bleibt auch in der Nähe des Funikulus einfach.

Der weiße Mohnsamen unterscheidet sich von den dunklen Varietäten dadurch, daß alle Schichten mit Ausnahme der direkt unter der Epidermis liegenden, nur Luft führen, während die Schicht *F* und *H*, teilweise auch *G* bei den dunklen Varietäten mit einer rotbraunen homogenen Masse angefüllt sind. Die Masse ist gerbstofffrei.

Die blaue Farbe des Mohnes wird also nur hervorgebracht durch die Wirkung des weißen Krystallpulvers, welches über dem undurchsichtigen Grunde ausgebreitet ist. Löst man das Pulver auf, indem man blauen Mohnsamen in etwas Salzsäure einträgt, so tritt sofort die braune Farbe der Füllmassen der drei erwähnten Zellschichten hervor.

Das Endosperm besteht aus zartwandigen Zellen (Fig. 138), welche in ihrem, von fettem Öl durchtränkten Cytoplasma Proteinkörner führen.

Die Kotyledonen des Embryo lassen in dem Mesophyllmeristem keine Differenzierung in Palissaden- und Schwammparenchym erkennen; die Meristemzellen, welche, selbst von der jungen Epidermis umschlossen, einen Strang von Gefäßbündelmeristem einschließen, sind fast isodiametrisch. Das Meristem der Wurzelspitze ist (nach Michalowski) nach dem Helianthustypus gebaut. Auch der Embryo enthält nur fettes Öl und Proteinkörnchen, keine Stärke.

Chemie: Der Mohnsamen liefert etwa 50 % fettes Öl, welches aus dem Endosperm und aus dem Keimling stammt. Das Mohnöl enthält hauptsächlich die Glycerinester der Linolsäure, Ölsäure, Palmitin- und Stearinsäure und kleine Mengen von Linolen- und Isolinolensäure. Die Mohnsamen hinterlassen beim Verbrennen 6–8 % Asche. Alkaloide enthält der Mohnsamen nicht. Herr Weifs hat die etwa 10 % des Gewichtes der blauen Mohnsamen betragende Samenschale, welche 10,7 % Asche lieferte, auf ihren Gehalt an Calciumoxalat untersucht und gefunden, daß das direkt durch Auflösen in Salzsäure, Fällen mit Ammoniak und Auswaschen mit verdünnter Essigsäure gewonnene und sicher als dieser Körper qualitativ und quantitativ nachgewiesene Calciumoxalat 8,7 % der Samenschale beträgt.

Im salzsauren Auszuge des ganzen Mohnsamens konnte Kalk, Magnesium, Kalium und Spuren von Natrium, ferner Kohlensäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Oxalatsäure nachgewiesen werden.

Geschichte: Der Mohnsamen gehört zu den schon in den ältesten Zeiten gebrauchten Genußmitteln.

g) **Semen Colchici.**

Zeitlosensamen.

Litteratur.

Chemie: Hübler, Archiv der Pharmacie 1864, (2) 121, S. 193. Rosenwasser, American Journ. of Pharmacie 1877 (4) 49, p. 435. Eberbach, Schweizer Wochenschrift für Pharm. 14, S. 207. Hertel, Pharm. Zeitung f. Rußland 1881, 20, S. 299. Zeisel, Monatshefte für Chemie etc., Gesammelte Abhandl. aus dem Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1883, 4 Bd. S. 162 und 1887, 8. Bd. S. 557; ferner Zeitschr. d. österr. Apothekervereins 1886, No. 31, S. 487. Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches (Berlin) 2. Aufl. 3. Lief. (1883) S. 945. Bender, Pharmac. Centralhalle 1885, S. 291. Warnecke, Ph. Zeit. 1886, No. 71, S. 536. A. Kremel, Chem. Zeitung 1887, S. 24.

Stammpflanze: Colchicum autumnale L. Liliaceae-Melanthieae.

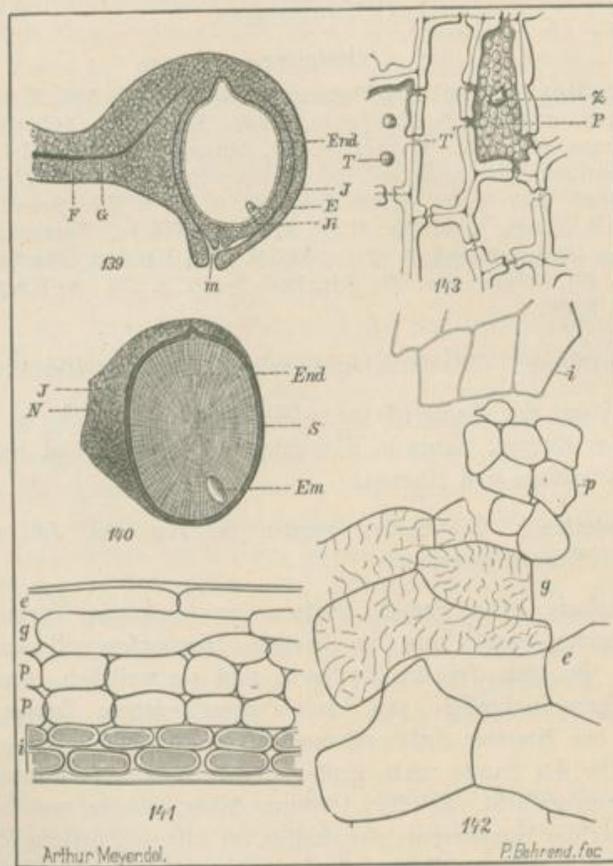
Verbreitung der Stammpflanze: Die Herbstzeitlose ist im mittleren und südlichen Europa, sowie in Kleinasien einheimisch und bewohnt die Wiesen der Gebirge und Ebenen.

Einsammlung: Die Samen werden im Juni und Juli von wildwachsenden Pflanzen gesammelt.

Morphologie: Die Samen besitzen im trockenen Zustande einen Durchmesser von etwa 2 mm, im frischen oder aufgequollenen Zustande von 3 mm. Im ganz frischen Zustande sind sie weißlich, werden dann beim Trocknen bräunlich und von ausgeschiedenem Zucker klebrig, schließlic bei längerer Aufbewahrung wieder trocken. Dann erscheint die Oberfläche der Samen matt, grubig punktiert oder feinrunzelig, etwas ungleich braun gefärbt. Es rührt letzteres daher, daß an manchen Stellen die Epidermis der Samenschale sich löst, so daß sich hellere Schüppchen bilden. Die Samen sind teils kugelig, teils kugelförmig aber durch gegenseitigen Druck an einzelnen Stellen abgeflacht, teils auch etwas gestreckt, wie es unsere Fig. 140 zeigt.

An der einen Seite trägt die Samenschale einen an trockenen Samen mehr oder weniger spitz oder unregelmäßig leistenartig erscheinenden Auswuchs, den man von dem trockenen Samen leicht mittels einer Nadel abbrechen kann, der am aufgeweichten Samen als schwammige Masse sich von dem harten Samen leicht lösen läßt. Dieses Anhängsel ist ein Teil des stark ausgebildeten Funikulus, des Stieles der Samenknospe. Es sieht teils braun, teils weiß aus; letzteres, wenn die Zellen des Anhängsels noch reichlich Stärkemehl enthalten. Schneidet man den Samen so durch, daß der Auswuchs der Länge nach durch den Schnitt halbiert wird, so zeigt die Schnittfläche etwa das Aussehen der Fig. 140. In dieser Figur bezeichnet *N* die Wundfläche des Funikulus, wo sich derselbe also von der Placenta der Frucht löste, den Nabel, *J* den Funikulus, dessen Gewebe übergeht in das der Samenschale *S*, *Em* den kleinen

Embryo. *End* ist das hornartige Endosperm, welches die Hauptmasse des Samens bildet. Die Morphologie des Samens ist schwer verständlich,



Erklärung der Tafel.

Fig. 139. Mediandurchschnittene, bis zum Beginn der Endosperm bildung fortentwickelte Samenknospe von *Colchicum autumnale*.

F Funikulus. *G* Gefäßbündel des Funikulus. *J* und *Ji* Integumente. *End* Endospermschicht. *E* Embryoanlage. *m* Mikropyle.
23fach vergr.

Fig. 140. Reifer Samen im medianen Längsschnitte.

J Funikulus. *N* Nabel. *Em* Embryo. *End* Endosperm. *S* Samenschale.
14fach vergr.

Fig. 141. Querschnitt durch die Samenschale, in Kalilauge aufgeweicht.

e Epidermis. *i* Zellen mit braunen, jetzt lose in den Zellen liegenden Inhaltmassen.

Fig. 142. Elemente der mit Kalilauge gekochten Samenschale.

Die Buchstaben entsprechen denen der Fig. 141.

210fach vergr.

Fig. 143. Längsschnitt durch einige Endospermzellen.

T Tüpfel, die Zelle mit Rückwand gezeichnet. *T'* Tüpfel im Längsschnitt. *Z* Zellkern
P Proteinkörner in der mit Zellinhalt gezeichneten Zelle.

210fach vergr.

wenn man die Entwicklungsgeschichte des Samens nicht berücksichtigt. Ich habe deshalb in Fig. 139 eine Abbildung der Samenknospe gegeben. Diese Abbildung zeigt die Samenknospe in einem Zustande, in welchem das Endosperm (*End*) noch als einfacher vielkerniger Wandbeleg vorhanden ist, und der Embryo erst aus 3 Zellen besteht, in dem Zustande, in welchem man sie trifft, wenn man im April die Pflanze aus dem Boden gräbt. Man sieht dann, daß die Samenknospe hemianatrop ist. Die Achse des Funikulus steht rechtwinkelig auf der Achse des Embryosackes. Der Embryo liegt auf der dem Funikulus gegenüberliegenden Seite des Embryosackes, in der Symmetrieebene der Samenknospe und etwa um 40° von der Mikropyle entfernt. Die Anordnung ist die gleiche nach der völligen Ausbildung des Samens. Der Funikulus wächst mit; beide Integumente (*J* u. *J'*) bilden sich zur Samenschale aus; die Mikropyle (*m*) schließt sich; das Endosperm (*End*) füllt sich mit Gewebe an, und der Embryo (*E*) wächst heran.

Anatomie: Die braune Samenschale setzt sich aus 4 leicht zu charakterisierenden Gewebearten zusammen, obgleich ihr Querschnitt, auch wenn man ihn mit Kalilauge aufweicht, einen wenig regelmäßigen Eindruck macht. Es rührt dies daher, daß alle Elemente der Samenschale sehr stark zusammengefallen und die meisten dünnwandig sind.

Die äußerste Schicht der Samenschale besteht aus großen, tafelförmigen Epidermiszellen (Fig. 141 u. Fig. 142, *e*), darauf folgt eine Schicht etwas höherer, jedoch auch tafelförmiger, großer Parenchymzellen, welche sich meist durch netzförmige Plasmareste auszeichnen (Fig. 141 u. 142, *g*). Kleine, fast isodiametrische Parenchymzellen mit, wie bei den vorigen, dünnen braunen Wänden bilden in 1 bis 3 Schichten die nächste Lage (Fig. 141 u. 142, *p*). Diese drei Lagen scheinen aus dem äußeren Integumente hervorgegangen zu sein. Aus dem inneren dagegen sind die 2 Schichten tafelförmiger, mit braunem, in Kalilauge langsam löslichem, mit Eisenchlorid sich dunkel färbenden Inhalte gefüllter Zellen (*i*, Fig. 141 und 142), welche die letzte Zelllage bilden, entstanden. Die Innenwand der Zellen der innersten Schicht ist stark verdickt und färbt sich mit Methylviolett intensiv, wodurch man sie gegenüber dem Endosperm sehr deutlich hervorheben kann.

An diese Samenschale schließt sich das Gewebe des Funikulus, in welchem man auch die Reste des Gefäßbündels findet, an. Es besteht aus großen isodiametrischen Zellen, welche deutliche Interzellularräume zwischen sich ausgebildet haben und meist mit kugeligen Stärkekörnern dicht angefüllt sind.

Das Endosperm (Fig. 143) besteht aus dickwandigen Zellen, deren Wände mit kreisförmigen, schwach behöften Tüpfeln (*T* und *T'*) versehen sind. Die Membran verquillt nicht in Wasser und färbt sich mit Chlorzinkjod blau. Die Zellen enthalten, eingelagert in fast homogenes, ölführendes Plasma, kleine Proteinkörner (*P*), in welchen sich

keine Krystalloide erkennen lassen. Das Alkaloid, das Colchicin, liegt in dem Zellinhalt. Legt man einen Schnitt durch das Endosperm in Kaliumquecksilberjodidlösung und fügt etwas Salzsäure zu, so nimmt der sich trübende Zellinhalt eine lebhaft gelbe Färbung an, welche keines der beiden Reagentien allein hervorruft. Die Zellen sind mit Beziehung zum Mittelpunkt des Samens strahlig angeordnet. Der Embryo ist walzenförmig, etwa 0,5 mm lang und 0,2 mm breit und vom normalen Bau kleiner monokotyledoner Embryonen.

Chemie. Der wirksame Bestandteil des bitterschmeckenden Zeitlosensamens ist das Colchicin ($C^{22}H^{23}NO^6$), welches etwa zu 0,4 % aus dem Samen erhalten werden kann. Von fettem Öl sind etwa 8 % in dem Samen enthalten. Auch ist eine kleine Menge von Fehlingslösung reduzierendem, die Polarisationssebene nicht drehenden Zucker aus dem Samen dargestellt worden. Die Samen liefern etwa 2,7 % Asche.

Bemerkenswert ist es, daß man zwei Reaktionen des Colchicins schon mit dem wässrigen Auszuge einer kleinen Samenmenge erhalten kann, welche deshalb auch zur Charakterisierung des Samens verwendbar sind. Kocht man 0,2 g Colchicumsamen mit wenig Wasser aus und verdampft den Auszug in zwei Schälchen zur Trockne, löst man einen Teil in einem Tropfen officineller Salpetersäure und fügt dann einen Tropfen rauchender Salpetersäure hinzu, so tritt Violettfärbung der Lösung ein. Löst man die andere Hälfte der Substanz in etwas Quecksilberkaliumjodidlösung, bestehend aus

13,5 Quecksilberchlorid,
49,8 Jodkalium,
1000 Wasser,

auf, fügt dann eine Spur verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure hinzu, so erhält man einen gelben Niederschlag.

Geschichte: Die Zeitlosensamen sind 1820 von Dr. Williams in Ipswich in Suffolk empfohlen und 1820 von der Londoner Pharmakopöe aufgenommen worden als Ersatz der leichter verderbenden, früher gebräuchlichen Knollen der Herbstzeitlose.

b) **Semen Myristicae.**

Nux moschata, Muskatnufs.

Litteratur.

Verbreitung, Kultur und Handel: Bernstein, Petermanns Geogr. Mitteilungen 1873, S. 209. Rumphius, Amboin., II, 17. Blume, Rumphia, I, 180 (1835). Roxburgh, Flora indica, 3, 845. de Candolle, Der Ursprung der Kulturpflanzen, Leipzig, 1884, S. 530. Semler, Die tropische Agrikultur, II. Bd., 1887 (Wismar) S. 331. Briefe aus England, Pharmaceutische Zeitung 1888, No. 60. Christy, New commercial Plants and Drugs, No. 7, 98 p. 8° London, Christy et Co. 155 Tenchurch Street. E. C. Collingwood, Journ. of the Linnean Society 10 (London 1869) p. 47. K. W. van Gorkow, Oostindische Cultures II (Amsterdam 1881) 532–544. Lums-

daïne, Jahresbericht über die Fortschritte der Pharmakognosie, Pharmacie etc. (Göttingen) 1852, S. 58. Wallace, The Malay Archipelago, 1869, p. 452. Bickmore, Travels in the East Indian Archipelago. 1868, p. 225.

Morphologie und Anatomie: Albert Voigt, Bau und Entwicklung des Samens und des Samenmantels von *Myristica fragrans*, Dissertation, Göttingen 1885.

Chemie: Playfair, Ann. Chem. Pharm. 37, 152 (1841). Römer, Über das Vorkommen kohlenstoffreicher Fettsäuren, Dissertation. Halle 1882. Koller, Viertelj. prakt. Pharm. 13, 507. Ricker, N. Jahrb. Pharm. 19, 17. Bollaret, Quat. Journ. of Sc. 18, 317. Wright, Pharm. Journ. Transact. (3) 4, 311 (1873). Cloëz, Ann. Chem. Pharm. 131, 210. Brühl, Berichte d. D. Chem. Ges. 1888, S. 471. Hermann Warnecke, Pharm. Zeitung 1886, No. 71, p. 536. Schimmel & Co., Handelsbericht, Leipzig 1887, Okt. p. 45.

Stammpflanze: *Myristica fragrans* Houttuyn (*M. officinalis* L.), Myristicaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Die ursprüngliche Heimat des immergrünen, bis 15 m hohen Baumes sind die Inselgruppen der Residentien Amboina und Ternate, sowie die Westhalbinsel von Neu-Guinea.

Kultur: Der Muskatnufsbaum wird in kleinem Maßstabe in Westindien und Brasilien, sehr ausgedehnt auf Sumatra (auch auf Java) und den benachbarten englischen Niederlassungen Pinang und Malaka und auf den Bandainseln angebaut. Der Baum wird hauptsächlich durch Samen vermehrt, weniger durch Stecklinge; die Samen werden nur etwa 3 cm hoch mit Erde bedeckt, dann mit einer Moosschicht, die nach dem Keimen entfernt wird. Die Sämlinge werden im zweiten Jahre ausgepflanzt in Anlagen, in denen, in Entfernung von etwa 40 Fuß, Schattenbäume angepflanzt sind. Der Muskatbaum ist diözisch und man setzt deshalb neben die weiblichen einige (ungefähr auf 20 weibliche 1 männlichen) der relativ kräftig wachsenden, eine etwas von der weiblichen Bäume abweichende Belaubung besitzenden männlichen Bäume, welche zugleich ebenfalls zur Beschattung der weiblichen dienen. Die Bäume tragen etwa im 8. Jahre und geben ungefähr vom 15. bis 50. Jahre die größten Erträge, können aber über doppelt so lange Früchte tragen. Von der Blüte bis zur Fruchtreife vergehen 9 Monate. Die Früchte reifen nicht gleichzeitig, sondern das Reifen von Früchten erfolgt fortwährend. Trotzdem erntet man die Früchte in zwei Perioden, in welchen die Anzahl der gereiften Früchte am größten ist. Auf Sumatra z. B. liegt die Haupternte im November und Dezember, eine schwächere im April, Mai und Juni. In der Zwischenzeit nimmt man nur ab, was absolut notwendig ist. Die Früchte werden mit einer, mit langem Stiel versehenen hölzernen Gabel gepflückt, unter welcher ein Körbchen angebracht ist. Ein Baum liefert durchschnittlich 5 kg Früchte.

Man entfernt das geborstene Fruchtfleisch mit den Händen, löst den Arillus (die Muskatblüte, 13,3 % der ganzen Frucht betragend) von den Samen ab, breitet dann die Samen über einem schwachen Feuer auf

Hürden aus und trocknet sie so 4 bis 8 Wochen lang, bis sich die „Muskatnüsse“ von der sie umhüllenden harten Schale losgelöst haben. Letztere entfernt man, indem man sie mit einem Holzklöppel zerschlägt. Die Muskatnüsse, welche etwa 53 % der Früchte ausmachen, werden dann meist noch mit Kalk abgerieben oder einige Minuten in Kalkmilch geworfen und in besonderen Trockenräumen, bei gewöhnlicher Temperatur völlig ausgetrocknet. Das Behandeln mit Kalkmilch wurde im 17. Jahrhundert von den Holländern eingeführt, um die Keimfähigkeit der Samen zu zerstören; man ließ die Muskatnüsse damals 3 Monate lang in einem Kalkbade liegen. Als man erkannte, daß das Trocknen allein zur Zerstörung des Lebens der Samen genügt, behielt man das Kalken bei, weil man meinte, es diene zur Konservierung. Jetzt ist es wohl nur noch die That-

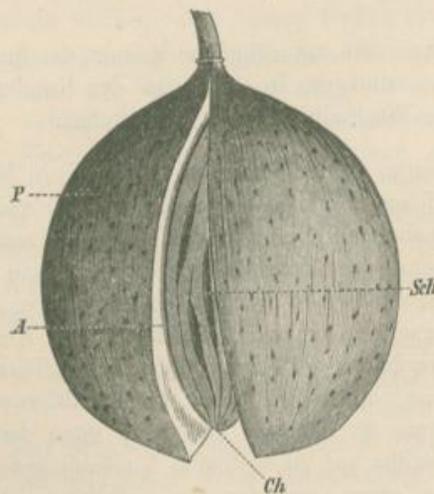


Fig. 144.

Fig. 144. Reife, frische (hängende) Frucht von *Myristica fragrans*, im aufgesprungenen Zustande.

P Fruchtschale, *A* Arillus des Samens. *Sch* Samenschale. *Ch* Chalaza des Samens.

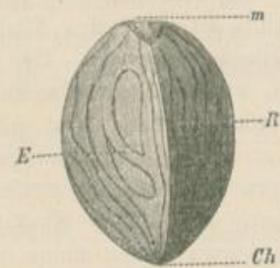


Fig. 145.

Fig. 145. Die Raphenseite (die wir Hinterseite nennen wollen) des vom Samenmantel befreiten Samens.

E Eindrücke, welche der fest anliegende Samenmantel hervorgerufen hat. *Ch* Chalaza. *R* Raphe. *m* Nabel und Mikropylenende des Samens.

sache, daß das Publikum an das gekalkte Aussehen gewöhnt ist, welcher das Kalken der Muskatnüsse noch das Bestehen verdankt. Aus den gesamten ostindischen Pflanzungen wird die Droge zunächst nach Batavia und Singapore gebracht und gelangt von da wiederum hauptsächlich nach Amsterdam, London und den vereinigten Staaten.

Der Handelswert der Droge wird wesentlich mit durch die Größe der Nüsse bestimmt. Eine gute Qualität enthält 200 Muskatnüsse im Kilo. Die geschätztesten Nüsse sind die, welche Penang liefert. Die Singapore-

ware ist geringwertiger. Die Kisten enthalten meist ungefähr 187 kg, doch giebt es auch Viertelkisten. In den Londoner Docks werden die wurmstichigen Nüsse meist ausgelesen. Diese Auslese geschieht von der Dockcompagnie, die den Importeuren die Kosten berechnet.

Morphologie der Frucht von Myristica fragrans.

Die in Fig. 144 dargestellte, überhängende Frucht besitzt eine anfangs fleischige, später lederartig austrocknende, ockerfarbige, außen kurz behaarte, durch Naht- und Mittelteilung sich zweiklappig öffnende Fruchtschale (*P*, Fig. 144). Innerhalb der Fruchtschale sitzt ein einziger, von einem roten, trockenfleischigen Arillus (*A*) umhüllter, mit dunkelbrauner Samenschale (*Sch*) versehener Samen. Derselbe (Fig. 145) ist mit seinem



Fig. 146.

Fig. 146. Muskatnufs von der Vorderseite aus gesehen.
ma Nabelende der Muskatnufs, *Cha* Chalazaende der Muskatnufs.

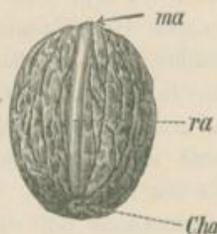


Fig. 147.

Fig. 147. Muskatnufs von der Raphenseite aus gesehen.
Cha Chalazaende der Muskatnufs, *ma* Nabelende der Muskatnufs.

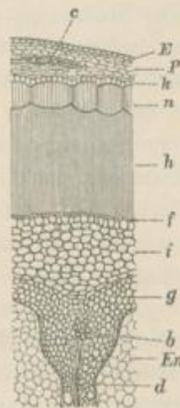


Fig. 148.

Fig. 148. Querschnitt durch den äußeren Teil des vollständigen Samens.
Schicht *E* bis *f* inklusive bildet die harte, sich von der Muskatnufs lösende Samenschale. Das Gewebe *i* bildet die äußerste Partie der Muskatnufs; *g* bildet die in das Endosperm eindringenden Falten. *En* Endosperm.

breiten Ende an der Stielseite der Fruchtschale angewachsen; mit seinem spitzeren Ende (Chalazaende *Ch*) schaut er zu der geöffneten Fruchtschale heraus.

Der rote Arillus, welcher beim Trocknen gelb wird, ist nur an dem breiten Ende (*m*, Fig. 145) des Samens der Samenschale etwas angewachsen, liegt sonst der letzteren nur dicht an. Er wird als Macis (Muskatblüte) in den Handel gebracht.

Die Samenschale (Fig. 145) ist etwa 1,5 mm dick, spröde, außen glänzend, dunkelbraun. An dem breiten Ende des Samens (Fig. 145, *m*)

erkennt man den matt erscheinenden Nabelfleck, von dem aus die Raphe (*R*, Fig. 145) nach der Chalaza (*Ch*, Fig. 145) als deutlicher, gerader Streif hinläuft. 2 mm von dem Nabelflecke entfernt, nach vorn zu, liegt als ganz kleine Erhöhung der Samenmund, und um beide, Nabelfleck und Samenmund, zieht sich die etwa 4 mm lange, matte Narbe des Arillus hin, welche etwa die Form einer 8 zeigt.

Die Chalaza ist nur ein wenig dunkler als die übrigen Teile der Samenschale und hebt sich auch kaum dadurch hervor, daß sie ein wenig erhöht ist. Zerschlägt man die Samenschale des ausgetrockneten Samens, wie es bei der Gewinnung der Droge geschieht, so fällt ein harter Kern, die sogenannte Muskatnufs (Fig. 146 u. 147), heraus.

Morphologie der Muskatnufs des Handels.

Die Muskatnufs des Handels zeigt, wenn man den Kalk durch Abwaschen entfernt hat, eine braune, von vertieften Adern, welche dem Verlaufe der nach innen zu vorspringenden, noch näher zu schildernden Leisten oder Platten des späteren Hüllperisperms, also auch dem Verlaufe der innerhalb der Schicht *g*, Fig. 148 in tangentialer Richtung sich erstreckenden Leitbündel (*b*, Fig. 148) entsprechen, durchzogene Oberfläche. An dem stumpferen Ende nimmt man eine meist hellere Stelle *ma*, Fig. 146 wahr, welche dem Nabelende der Samenschale ansaß. Am spitzeren Ende dagegen findet man einen kleinen dunklen Punkt (*Cha*, Fig. 147), an welchem man das von der Chalaza der Samenschale losgelöste Ende der Muskatnufs erkennen kann. Hier liegt also auch die Eintrittsstelle des Leitbündels des Funikulus, welches das äußere Gefäßbündelsystem der harten Samenschale mit dem Gefäßbündelsystem der Muskatnufs verbindet. Beide Punkte werden durch eine Furche (*ra*) verbunden, welche unter der Raphe der Samenschale lag.

Schneidet man die Muskatnufs der Länge nach durch, so daß der Schnitt auch die Raphenfurche (*ra*) in sich aufnimmt, so findet man eine kleine Höhlung, die dicht unter dem helleren Flecke (*ma*) liegt und die Reste des kleinen Embryo enthält. Schneidet man die Muskatnufs quer durch, so sieht man, wie vorläufig bemerkt sein mag, daß eine dünne, dunkelbraune Schicht die ganze Muskatnufs umgiebt, welche Leisten braunen Gewebes in eine hellere Masse hineinsendet. Die letztere ist das Endosperm des Samens; das dunklere äußere Gewebe mit seinen Falten ist als Hüllperisperm zu bezeichnen, da es hauptsächlich aus dem Nucellusgewebe der Samenknospe, wie das normale Perisperm anderer Samen, entstanden ist, in physiologischer Beziehung aber nicht Perisperm genannt werden kann, da es nicht zur Speicherung von Nährstoffen dient.

Allgemeine Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Samens von Myristica fragrans (mit Ausschluss des Arillus).

Die besprochene Morphologie und Anatomie der Muskatnufs kann nur aus der eigenartigen Entwicklungsgeschichte des ganzen Samens

völlig verstanden werden, und diese soll deshalb kurz geschildert werden, unter Vorausschickung der gröberen Anatomie der Samenschale, welche wiederum zum vollen Verständnis der Entwicklungsgeschichte nötig ist. Der ganze fertige Samen setzt sich in anatomischer Beziehung in folgender Weise zusammen. Unter der äußeren Epidermis der harten Samenschale (*E*, Fig. 148) liegt eine Schicht von braunem Parenchym, in welchem das starke Gefäßbündel der Raphe und andere, zarte Leitbündel, welche vom Nabel aus entspringen, verlaufen. Sie grenzt an eine einfache Lage kurzer, radial gestellter, prismatischer Zellen (*k*). Darauf folgt eine Schicht dünnwandiger, stabförmiger Zellen (*n*), an welche sich eine Schicht ähnlicher, sehr langer, dickwandiger Elemente (*h*) anschließt. Die nächste, einfache Zelllage *f* besteht aus tangential gestreckten Faserzellen. Das in der Fig. 148 mit *i* bezeichnete Gewebe ist parenchymatisch, teilweise zusammengefallen und braun; die darauffolgende Schicht *g* besteht aus kleineren Zellen als das vorhergehende Gewebe. Die dunkelbraune Schicht *g* ist von tangential verlaufenden Gefäßbündeln (*b*) durchzogen und entsendet kürzere oder längere Gewebeplatten in das Endosperm, deren Basen über den tangential verlaufenden Gefäßbündeln (*b*) liegen; letztere senden horizontal verlaufende Zweige in die Platten. Das Gefäßbündel der Raphe dringt an der Chalaza bis zur Schicht *g* vor und vermittelt die Verbindung zwischen dem Gefäßbündelsystem der Schicht *P* und der Schicht *g*. Das Endosperm (*En*) und der Embryo nehmen den übrigen Teil des Samens ein.

Die angedeuteten anatomischen Teile des Samens entwickeln sich nun in folgender Weise aus der Samenknospe. Die jüngsten Ovula, welche untersucht wurden, waren solche von etwa 0,7 mm medianem Durchmesser, aus noch geschlossener Blüte. In diesem Zustande zeigt das Ovulum (Fig. 149) einen im Verhältnis zu seiner Größe stark entwickelten Funikulus (Fig. 149, *f*) und zwei dicke Integumente (*i* und *ii*), gegen die der Nucellus sehr zurücktritt. Die Integumente schließsen ungefähr in gleicher Höhe ab, so daß die Mikropyle (*m*) von dem inneren Integument allein gebildet wird. Das äußere Integument ist an der Raphenseite (bei *e*) nicht ganz bis zum Exostom mit dem Funikulus verwachsen, so daß es frei um das Endostom herumgreift. Das äußere Integument (*i*) ist bis an die Chalaza (*ch*) hin frei und dort auf kleiner Strecke mit dem Nucellus (*nu*) verwachsen. Das äußere Integument bildet also mit Ausnahme der kleinen Chalazapartie überall die Außenseite der Samenknospe. Die Ansatzfläche des inneren Integumentes befindet sich in halber Höhe zwischen Chalaza und Mikropyle, so daß ein beträchtlicher Teil des Nucellus (*nu*), der weiterhin als Nucellusunterteil bezeichnet werden soll, unmittelbar an das äußere Integument stößt. Nur die Nucellusspitze (*ns*) wird von dem inneren Integument umhüllt und ist, soweit sie das Integument berührt, mit ihm verwachsen. Der Embryosack (*s*) ist im Nucellusoberteile gelegen.

Zum Verständnis der

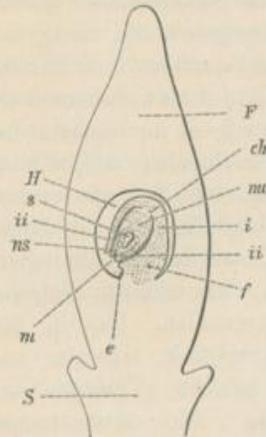


Fig. 149.

Medianer Längsschnitt durch die im Fruchtknoten sitzende Samenknospe von *Myristica fragrans*.

F Fruchtknotenwand. H Fruchtknotenhöhle. S Stiel der Blüte. f Funikulus, i Äußeres Integument. ii inneres Integument. nu Nucellusunterteil, ns Nucellusspitze. ch Chalaza. e Embryosack. m Mikropyle.

15fach vergr.

und die Integumente treten mehr und mehr gegen den Nucellus zurück. Der Abstand zwischen dem Nabel (Hilum) und der Mikropyle vergrößert sich im Verhältnis zum ganzen Ovulum kaum, womit zusammenhängt, daß der Winkel, welchen die Längsachse der Samenknospe mit der Richtung von der Chalaza nach dem Nabel bildet, allmählich kleiner wird. Der Nucellusoberteil und das innere Integument wachsen in der Längsrichtung des Ovulums bedeutend weniger als in der Querrichtung, was daran zu erkennen ist, daß der vom Nucellusoberteil gebildete Kegel immer stumpfer wird, im allgemeinen aber schwach. Der Nucellusunterteil wächst nach allen Richtungen ziemlich stark, doch nicht so sehr in der Quer- als in der Längsrichtung. Dadurch, daß das Wachstum des Nucellusoberteils und des inneren Integumentes so sehr hinter dem des Nucellusunterteiles zurücktritt, kommt es schließlich dahin, daß jene im reifen Samen auf ein sehr kleines Gebiet an seiner Spitze beschränkt sind.

Der Embryosack, welcher unter gleichzeitiger Resorption der ihm benachbarten Zellen wächst, erweitert sich ungefähr in dem Maße wie der Nucellus, und zwar auch in demselben Sinne wie dieser, in den verschiedenen Richtungen ungleich stark. An der Spitze des Nucellusoberteils findet die Resorption der Zellen zwar äußerst langsam, doch stetig statt, und es wird daher, da hier kein Meristem für die Ersetzung

mit dem Wachstum der Samenknospe vor sich gehenden Veränderungen müssen wir hier gleich auf die Gewebebeschaffenheit des Nucellus und des inneren Integumentes eingehen. Wir unterscheiden Dauergewebe und Meristem. Im innern Integument findet sich letzteres nur an der Innenseite, im Nucellusoberteile nur an der Außenseite und zwar in beiden Fällen nur an der Basis in Form einer sich oben auskeilenden dünnen Schicht. Unterhalb der Insertion des inneren Integumentes zusammenschließend, setzt sich dieses Meristem in den Nucellusunterteil fort, fast seine ganze Substanz ausmachend und nach außen nur eine Dauergewebeschiebt von etwa der Stärke des inneren Integumentes freilassend. An der Chalaza schließt es sich an das Ende des Raphengefäßbündels an, nach oben reicht es nicht ganz bis an die Grenze des Embryosackes. Dieser letztere ist also rings von Dauergeweben umgeben.

Vergleicht man nun mit dieser Samenknospe die weiteren Entwicklungsstadien, so sieht man, daß mit dem Wachstum folgende Veränderungen vor sich gehen: der Funikulus

der resorbierten Zellen sorgt, das den Embryosack vom inneren Integument trennende Gewebe, bis auf geringe, fast unkenntliche Reste aufgezehrt.

Weiter abwärts im Nucellusoberteil sowohl, als auch im ganzen Nucellusunterteil, wird das Gewebe nicht nur nicht vermindert, sondern beträchtlich vermehrt, indem die Meristemschicht nach außen und nach innen stets neues Dauergewebe erzeugt. Das nach außen abgegebene bleibt erhalten, während das andere successive vom wachsenden Embryosack resorbiert wird.

Während anfangs die ganze innere Partie des Nucellusunterteils von Meristem eingenommen wird, bildet letzteres später, nachdem der Embryosack in diese Teile eingetreten ist, eine dünne Schicht (Fig. 150, *m*), welche mit dessen Wand parallelen Verlauf einhält.

Weiterhin, zuerst bei einem Ovulum von etwa 3 mm bemerklich, bildet im Nucellusunterteil diese Meristemschicht und das zwischen ihr und dem Embryosack eingeschaltete Dauergewebe, flache nach innen gerichtete Falten (*Fa*, Fig. 150), denen lokale Verdickungen des nach außen abgegebenen Dauergewebes (*dä*, Fig. 150) entsprechen. Aus ihnen gehen die den Endospermkörper zerklüftenden Platten hervor.

Mit diesen mehr äußerlichen Veränderungen geht die verschiedenartige Ausbildung des Gewebes, welche zur Bildung der einzelnen Teile des Samens führt, Hand in Hand.

Der Funikulus (*f*, Fig. 150) und das äußere Integument (*i*, Fig. 150) mit Ausschluß der Epidermis und der subepidermalen Zellschicht der Innenseite entwickeln sich zu den Schichten *E*, *P*, *k* (Fig. 148) der Samenschale. Die Leitbündel (*c*, Fig. 148) sind schon in einer Samenknope von 1,3 mm deutlich zu erkennen (*gi*, Fig. 150).

An dem Aufbaue der Schichten *n*, *h*, *f* (Fig. 148) beteiligen sich nur epidermale und subepidermale Zellen und zwar erstens die Elemente der beiden Epidermen, welche die Spalte (*gr*, Fig. 150) zwischen dem äußeren Integument und dem Nucellus, beziehungsweise dem inneren Integumente (*ii*, Fig. 150) auskleiden, sodann die subepidermalen Zellen an der ganzen Innenseite des äußeren Integumentes und schließlich die in einer schmalen, die Chalaza unmittelbar umgebenden, ringförmigen Zone gelegenen subepidermalen Zellen des Nucellus. Schicht *n* (Fig. 148) entsteht wesentlich aus den inneren subepidermalen Zellen des äußeren Integumentes, Schicht *h* (Fig. 148) aus den inneren Epidermiszellen des äußeren Integumentes. Die Schicht *f* entsteht größtenteils aus der Epidermis des Nucellus und nur auf eine kleine Strecke (bei *ii*, Fig. 150) aus der äußeren Epidermis des inneren Integumentes. Die Entwicklung der Schichten *i* und *g* (Fig. 148) geht in folgender Weise vor sich: An der Spitze (*m*, Fig. 145) des Samens, soweit die in das Endosperm eindringenden Gewebepplatten fehlen, entsteht die ganze Innenschicht im wesentlichen aus dem inneren Integumente (*ii*, Fig. 150) und nur in der untersten Region dieses Gebietes beteiligt sich an ihrer Bildung die Spitze

des Nucellus in Form einer nach oben zu sich schnell auskeilenden Lage. Soweit dagegen die Vorsprünge reichen, haben wir es nur mit dem basalen, unterhalb der Insertion des inneren Integumentes gelegenen Anteil des Nucellus zu thun.

Die Differenzierung des Nucellusgewebes beziehungsweise des inneren Integumentes in die Lagen *i* und *g* (Fig. 148) erfolgt, soweit hier in der

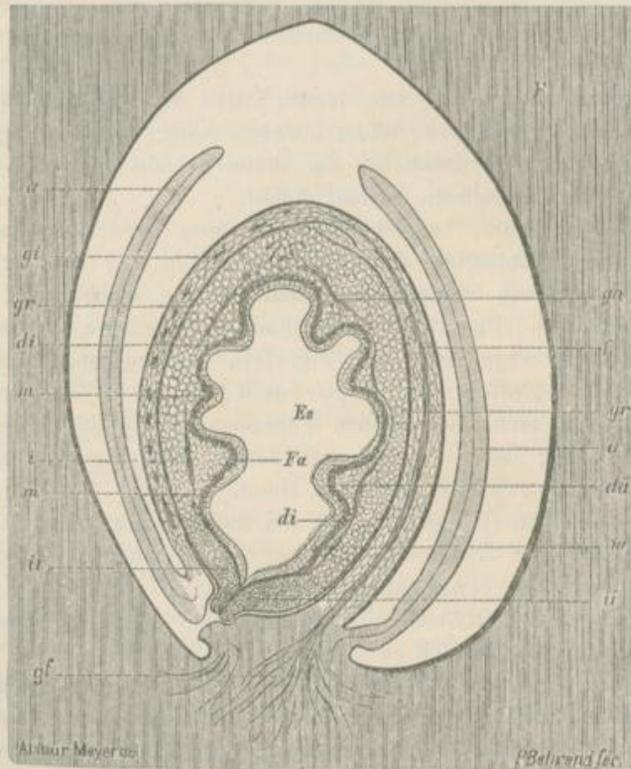


Fig. 150.

4,5 mm lange Samenknope von *Myristica fragrans* in der Fruchtknotenöhrlung sitzend; Endosperm und Embryo entfernt.

F Wand des Fruchtknoten. *a* Arillus. *gf* Gefäßbündel, welche aus dem Fruchtknoten in den Funikulus eintreten. *f* Gefäßbündel des Funikulus. *g* Gefäßbündel des Integumentes. *i* äußeres Integument. *gr* Spalte zwischen dem äußeren Integumente und dem Nucellus. *ii* inneres Integument. *gn* Gefäßbündel des Nucellusgewebes. *da* äußeres Dauergewebe. *m* Meristem. *di* inneres Dauergewebe.

Samenknope der noch geschlossenen Blüte Meristem vorhanden ist, dadurch, daß das in diesem Stadium außerhalb von der Meristemschicht schon vorhandene Dauergewebe und das später von ihr noch nach außen abgegebene eine sehr verschiedene Entwicklung zeigen, indem das erstere die äußere (*i*), das letztere die innere Lage (*g*) bildet. Das in der inneren Lage verlaufende Gefäßbündelsystem (*b*, Fig. 148) entwickelt sich ungefähr zu derselben Zeit, wie das oben besprochene des äußeren Integumentes (s. Fig. 150, *gn*).

Das von der Meristemschicht nach innen abgegebene Gewebe, aus polyedrischen Zellen bestehend (Fig. 150, *di*), wird von dem Embryosack successive resorbiert. Solange das Meristem (*m*, Fig. 150) thätig, ist stets eine ziemlich beträchtliche Lage dieses Gewebes vorhanden; wird des ersteren Thätigkeit kurz vor der Samenreife eingestellt, so liefern die noch nicht resorbierten Reste die deformierten Zellen (Fig. 148, *d*), welche die unmittelbare Begrenzung des Endospermkörpers bilden.

Anatomie der Muskatnufs des Handels.

Lupe: Der Querschnitt der Muskatnufs zeigt uns außen als dunkle, fast schwarze Schicht (*hp*, Fig. 151) wesentlich die Schicht *g* der Fig. 148, das Hüllperisperm; die außerhalb der dunklen Schicht im intakten Samen gelegene Zellschicht *i*, Fig. 148 bleibt fast ganz an dem harten

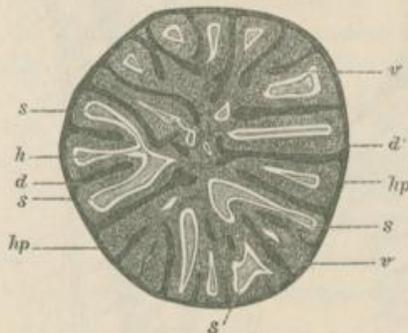


Fig. 151.

Fig. 151. Frisch hergestellte Querschnittfläche der Muskatnufs.

hp Hüllperisperm (Schicht *g*, Fig. 148). *s* plattenförmige Vorsprünge des Hüllperisperms.
d älteres Endospermgewebe. *s* spaltenförmiges Endospermolumen. *h* jüngeres, etwas helleres Endospermgewebe.

2fach vergr.

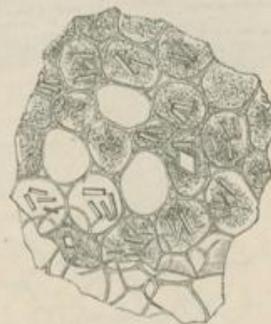


Fig. 152.

Fig. 152. Hüllperisperm der Muskatnufs in der Flächenansicht.

160fach vergr.

(Nach Möller.)

Teile der Samenschale, welcher von der Muskatnufs losgelöst ist, hängen. Dieses Hüllperisperm, welches die Gefäßbündel enthält und die schon im morphologischen Teile erwähnten Gewebepplatten in das Endosperm sendet, wurde, wie wir im vorigen Abschnitte sahen, soweit es solche Platten bildet, also zum allergrößten Teile, aus dem sekundären Gewebezuwache erzeugt, den die im Basalteile des Nucellus gelegene Meristemschicht nach erfolgter Öffnung der Blüte an der Außenseite aufbaut. Das Hüllperisperm sendet also Platten (*v*, Fig. 151) aus, welche durch ihre dunkelbraune Farbe und ihr poröses Aussehen charakterisiert sind. Alles, was sonst noch auf dem Querschnitte der Muskatnufs zu sehen ist, ist Endospermgewebe.

Dieses letztere hat kein ganz gleichmäßiges Aussehen. Die den Platten (*v*) dicht anliegenden Partien (*d*) des Endosperms sind relativ

dunkel bräunlich. An den Grenzen dieser Partien ziehen sich helle Linien (*s*) hin. Diese hellen Linien umgrenzen die Querschnitte eines spaltenförmigen Raumes, des Restes des Embryosacklumens, welcher der unregelmäßigen Außenfläche des Endospermkörpers gleichlaufend, letzteren in vielfachen Windungen durchsetzt, und welcher dadurch so scharf hervortritt, daß die Zellen der innersten, jüngsten Endospermartie ein von dem der übrigen abweichendes Aussehen zeigen, zartwandiger und nicht so sehr mit Reservestoffen angefüllt sind, als diese. Die Linien (*s*) des

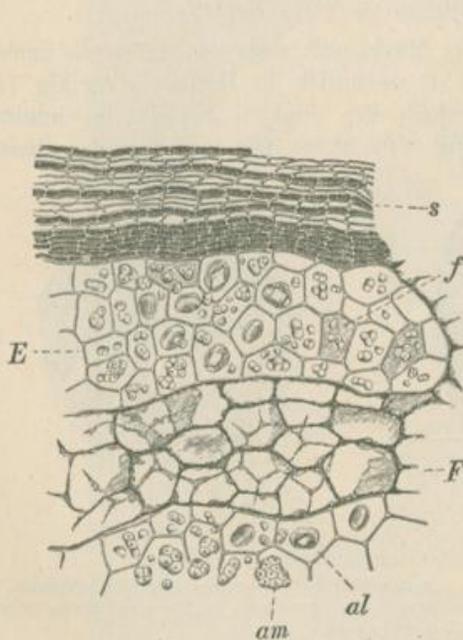


Fig. 153.

Fig. 153. Schnitt durch die Muskatnufs.

S Hüllperisperm. *F* Gewebe einer Platte des Hüllperisperms. *E* Endospermgewebe mit einigen Stärkekörnern (*am*) und Aleuronkörnern (*al*). Einige Zellen sind braun gefärbt (*f*).

100fach vergr. (Nach Möller.)

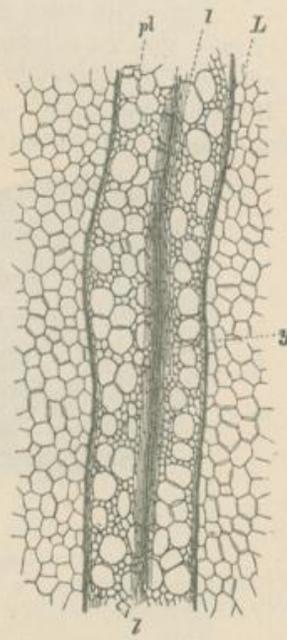


Fig. 154.

Fig. 154. Querschnitt durch eine Platte (*pl*) des Hüllperisperms und das angrenzende Endosperm (*L*).

l Sekretbehälter. *y* Gefäßbündel.

65fach vergr.

jüngsten Gewebes umschließen im Querschnitte der Muskatnufs häufig etwas heller bräunliche Partien *h*, die ebenfalls aus Endospermgewebe bestehen.

Mikroskop: Das äußere Hüllperisperm (*hp*, Fig. 151) besteht aus einem Gewebe von kleinen polyedrischen Zellen, welches von zahlreichen tangential verlaufenden Gefäßbündeln durchzogen ist.

Dieselben sind in der Droge zusammengefallen, mit braunen Wänden versehen, teilweise von rotbraunem, in Salzsäure heller werdenden Inhalte

erfüllt. Man findet in ihnen (Fig. 152) mehr oder weniger zahlreiche Krystalle, welche in Salzsäure, sowie kaltem Alkohol unlöslich sind, von Kalilauge ebenfalls nicht angegriffen werden. Sekretbehälter kommen nicht in dem äußeren Teile des Hüllperisperms vor. Die Platten (*v*, Fig. 152), welche in das Endosperm hineingesendet werden, scheinen, wenn man dünnere Querschnitte durch dieselben betrachtet, der Hauptsache nach aus einem braunen, grobzelligen, inhaltslosen Parenchym zu bestehen, wie es in *F*, Fig. 153 dargestellt ist.

Sieht man aber genauer nach, so findet man, daß die Hauptmasse des Gewebes der Platten von großen, ätherisches Öl führenden Sekretzellen gebildet wird (*l*, Fig. 154), und daß zwischen diesen kleine Parenchymzellen liegen. Die Wände des Gewebes sind braun gefärbt und lösen sich nicht in Schwefelsäure. Die Platten werden von kleinen Gefäßbündelchen (*y*, Fig. 154) durchzogen.

Das Endosperm besteht aus einem dichten Parenchym zarthäutiger, vieleckiger Zellen (Fig. 153, *E*). Die meisten Zellen sind farblos, einzelne jedoch besitzen braune Membran und braun gefärbten, gerbstoffhaltigen Zellinhalt, der jedoch sonst von dem der übrigen Zellen nicht abzuweichen scheint. Die Zellen enthalten, eingelagert in (teilweise krystallinisches) Fett führendes Plasma, zahlreiche kleine, meist zusammengesetzte Stärkekörner (*am*, Fig. 153) und einzelne große, oft Krystalloide enthaltende Proteinkörner (Fig. 153, *al*), selbstverständlich auch einen durch Färbemittel leicht sichtbar zu machenden Zellkern.

Chemie: Die Muskatnüsse enthalten im Endosperm etwa 20 % der ganzen Nufs Fett. Ätherisches Öl kommt in dem völlig geschmacklosen Endosperm nicht vor, sondern ist nur im Hüllperisperm enthalten.*) Es lassen sich aus der Muskatnufs 8–10 % ätherisches Öl gewinnen. Das Fett enthält etwa 12 % Myristin, wahrscheinlich neben Palmitin und Olein. Es ist noch genauer zu untersuchen. Das ätherische Öl enthält ein Terpen (Myristicin) und einen sauerstoffhaltigen Anteil ($C^{10}H^{14}O$), das Myristicol. Die Muskatnufs liefert 2 % Asche.

Geschichte: Die Äbtissin Hildegard (zu Bingerbrück) kannte um das Jahr 1150 die Muskatnüsse.

4. Andere medizinisch verwendete Samen.

Semen Arecae, Arekanüsse: *Areca Catechu*. *Palmae*. Sunda-inseln. Kultiviert in Ostindien und auf den Philippinen. 0,1 % Arecain, 0,1 % Arecolin.

Semen Calabar (Semen *Physostigmatis*, *Faba calabarica*)

*) In ganz ähnlicher Weise kommt bei *Myristica Bicuhyba* Schott — siehe Berichte der Deutsch. Bot. Ges. 1887, S. 468 — der Bitterstoff nur im Hüllperisperm vor; das Hüllperisperm ist wahrscheinlich häufig der Ort, in welchem die Stoffe abgelagert werden, die zum Schutze der Samen gegen Feinde dienen sollen.

Calabarbohne: *Physostigma venenosum* Balfour. Papilionaceae. Afrika, Küste des Busens von Guinea. 0,1 % Physostigmin oder Eserin und Calabarin.

Semen Cacao, Kakaobohne: *Theobroma Cacao* L. Ternstroemiaceae. Einheimisch im tropischen Amerika, angebaut in Amerika, Afrika, Asien. Genußmittel. Liefert das *Oleum Cacao*. Theobromin oder Dimethylxanthin.

Semen Colae, Kola, Nuces Kolae: *Sterculia acuminata* Beauvais, *Cola acuminata* Pol. und einige andere Species z. B. *ficifolia* Mast., *heterophylla* Mast., *cordifolia*. Sterculiaceae. Westküste von Afrika, verpflanzt nach Amerika und Asien. 2,3 Coffein und Theobromin 0,023 %.

Semen Cydoniae, Quittensamen oder Quittenkern: *Cydonia vulgaris*. Pomaceae. Südwest-Asien einheimisch. Gebaut. Membranschleim.

Semen Erucae seu *Sinapis albae*, Weißer Senf: *Sinapis alba* L. Cruciferae. Einheimisch in Asien und Südeuropa. Angebaut. Sinalbin.

Semen Hyoscyami, Bilsenkrautsamen: *Hyoscyamus niger* L. Solanaceae. Hyoscyamin oder Daturin.

Semen Jequirity, Jequiritisamen oder Paternostererbsen: *Abrus precatorius* L. Papilionaceae. Tropen und Subtropen beider Halbkugeln.

Semen St. Ignatii, Ignatiusbohnen: *Strychnos Iguatii* Bergius Loganiaceae. Philippinen. 1,5 % Strychnin, 0,5 % Brucin.

Semen Indageer oder Semen Wrightiae, Indageersamen: *Holarrhena antidysenterica* Apocynaceae. Ostindien, Mauritius. Conessin oder Wrightin.

Semen Nigellae, Schwarzkümmel: *Nigella sativa*. Ranunculaceae. Asien, Afrika, Europa. Fettes und äther. Öl, Melanthin.

Semen Paeoniae, Päoniensamen: *Paeonia officinalis* L. Paeoniaceae. Südeuropa.

Semen Paradisi, Paradieskörner: *Amomum Granum Paradisi* Afzel. Zingiberaceae. Guinea.

Semen Paullinae: *Paullinia sorbilis* Mart. Sapindaceae. Brasilien. Liefert die Pasta Guarana. 5 % Coffein.

Fabae Pichurim, Pichurimbohnen: *Nectandra Puchury minor* und *major* Nees. Lauraceae. Brasilien.

Semen Psyllii, Flohsamen: *Plantago Psyllium*. Plantagineae. Südeuropa. Schleim.

Semen Ricini, Ricinussamen: *Ricinus communis* L. Euphor-

biaceae. Ostindien. Kultiviert in allen wärmeren Gegenden. Liefert das Oleum Ricini.

Semen Staphisagriae, Läusesamen: Delphinium Staphisagria. Ranunculaceae. Südeuropa.

Semen Stramonii, Stechapfelsamen: Datura Stramonium. Solaneae. Daturin oder Hyoscyamin und Atropin.

Semen Strophanthi; Arten der Gattung Strophanthus, welche in tropischen Afrika wachsen. Apocynaceae. 5–10 % Strophanthin.

Semen Tiglii, Purgierkörner: Croton Tiglium. Euphorbiaceae. Indien. Kultiviert in China, Japan, Cochinchina, Ostindien, Sundainseln, den Philippinen und auf Mauritius. Liefert 40 % Crotonöl.

Semen Tonco: Dipterix odorata. Papilionaceae. Tropisches Amerika. 1,5 % Cumarin.

§ 2. Die Wurzeln.

1. Spezielle Morphologie der Wurzeln.

Die Erkennungszeichen der normalen Wurzeln sind schon früher (Allgemeine Morphologie, § 1, S. 13) kurz zusammengestellt worden. Die normalen, in der Erde wachsenden Wurzeln, welche also in ihrer Jugend stets dazu dienen, die Bodenflüssigkeit aufzunehmen und der Pflanze zuzuführen, im Alter als Leitungsorgane dieser Stoffe funktionieren und sonst nur noch für die Feststellung der Pflanze in dem Boden von Bedeutung sind, haben in ihrer Jugend stets die Form von einfachen, den Bruchteil eines Millimeters bis etwa einen Centimeter, im gewöhnlichen Falle einige Millimeter dicken Cylindern, welche an ihrer Spitze sich verjüngen. An letzterer tragen sie den von einer Wurzelhaube bedeckten Vegetationspunkt, unter diesem die junge, höchstens ein paar Centimeter lange wachsende Region, hinter welcher eine einige Centimeter lange, mit Wurzelhaaren besetzte, schon angewachsene, die Stoffaufnahme besorgende Partie, und schließlich die nur der Leitung dienende basale Partie der Wurzel folgt. Die Monokotyledonenwurzeln, welche meist nur kurze Zeit, 1 oder 2 Jahre, leben, bleiben in allen Teilen gleich dick, wenn sie auch sehr lang werden, wie wir ja das sehr schön an dem Beispiele der Sarsaparillwurzel sehen können, deren einzelne Wurzeln meterlang werden und ebenso wie die kürzeren Wurzeln, welche wir bei Veratrum album beobachten, von der Basis bis dicht unter die Spitze gleich dick sind. Die langlebigeren und sich meist reichlicher wiederholt verzweigenden Wurzeln der Dikotyledonen verdicken sich bald hinter der Spitze mehr und mehr, so daß sie mehr oder weniger schlank kegelförmig werden, an der Basis viel breiter werden können, als in der Nähe des Vegetationspunktes, verhalten sich sonst aber wie die Monokotyledonenwurzeln.

In Hinsicht auf den Wachstumsprozess der normalen Wurzeln dürfen wir ferner einer bei vielen derselben vorkommenden Erscheinung nicht vergessen, welche auch für das Verständnis einiger unserer Drogen, vorzüglich der Senegawurzel und der Ipekakuanhawurzel von Interesse ist; es ist dieses die Verkürzung der eben ausgewachsenen Teile der Wurzel, infolge der Kontraktion des Rindenparenchyms der Wurzel. Die so oft 10—20 % betragende Verkürzung, deren biologische Bedeutung einmal in der stärkeren Befestigung der Pflanze in dem Boden, dann aber auch in dem Schutze zu suchen ist, welchen manche Knospen finden, wenn sie durch die Wurzelkontraktion in den Boden gezogen werden, bewirkt in morphologischer Beziehung oft das Entstehen von Querrunzeln an den kontrahierten Wurzelteilen, da die Korkschiebt oder Epidermis an der Zusammenziehung keinen Anteil nimmt, bei der Senegawurzel auch Biegung der ganzen Wurzel.

Wenn die normalen Wurzeln eine gewisse Größe erlangt haben, so treten Zweige an ihnen auf. Die Anlagen der Wurzelzweige bilden sich stets aus Parenchymzellen, welche dicht innerhalb der Endodermis, also in der Peripherie des radialen Gefäßbündels der Wurzel liegen. Meist gehen dicht über den Tracheensträngen des radialen Gefäßbündels (seltener, z. B. bei den Umbelliferen, über den Siebsträngen) liegende Parenchymzellen durch sich zweckmäßig stellende Teilwände in eine dem Wurzelvegetationspunkte gleiche Meristemgruppe über. Diese Wurzelanlage streckt sich dann und durchbricht das primäre Rindenparenchym als junge Wurzel. Die Entstehung der ersten Anlagen der Wurzelzweige findet meist ganz dicht unter dem Vegetationspunkte der Wurzel statt, während das Hervortreten der Wurzelzweige meist erst einige Centimeter hinter der Wurzelspitze erfolgt. Anlage und Austritt finden in akropetaler Folge statt. Entsprechend ihrer Entstehung über den Gefäßsträngen des radialen Gefäßbündels, stehen die Wurzelzweige anfangs in so viel Orthostichen als das radiale Gefäßbündel Gefäßstränge besitzt, bei tetrarchen Wurzeln also z. B. in 4 Längsreihen. Diese regelmäßige Stellung der Zweige läßt sich bei jüngeren Wurzeln häufig beobachten, wird aber dann durch ungleichmäßige Entwicklung und Absterben der Zweige oft zerstört. An den älteren verdickten Teilen der Wurzeln der Dikotyledonen treten nicht selten nachträglich weitere Wurzelzweige in unregelmäßiger Stellung auf, welche dann wahrscheinlich meistens im Kambium angelegt werden.

Eine Wurzel kann zuerst eine Hauptwurzel, d. h. die Keimwurzel der Pflanze, oder ein Hauptwurzelzweig verschiedenster Ordnung sein.

Die Hauptwurzel und ihre Zweige bleiben bei kurzlebigen Dikotyledonen, auch bei manchen Bäumen und Sträuchern zeitlebens erhalten, bei anderen Dikotyledonen und bei allen Monokotyledonen geht sie bald zu Grunde. Von unseren officinellen Wurzeln ist *Radix Ratanhiae* eine Hauptwurzel mit ihren Zweigen.

Alle normal an der Pflanze auftretenden Wurzeln, welche nicht Hauptwurzel sind, bezeichnen wir als Nebenwurzeln, resp. Nebenwurzel-

zweige verschiedener Ordnung. Solche Nebenwurzeln können aus Achsen und Blättern entspringen. Meist bilden sie sich an Achsenteilen. Sie entstehen wie die Wurzelzweige im Innern des Gewebes, oft noch in meristematischen Regionen der Achsenspitze und durchbrechen meist erst später das Rindengewebe der Achsen. Bei Monokotyledonenrhizomen ist der Ort der ersten Anlage die Peripherie des Leitbündelcylinders. Ihre Stellung an den Pflanzen ist eine sehr verschiedenartige, für die verschiedenen Pflanzenspecies immerhin meist regelmäßige und stets charakteristische. Gewöhnlich brechen sie bei den Pflanzen, welche die Hauptwurzel bald verlieren, aus dem hypokotylen Gliede, dann aus den Knoten, seltener aus den zwischen den Knoten liegenden Teilen der Achse in mehr oder weniger fest bestimmter Zahl und Anordnung hervor. Bei *Valeriana officinalis* stehen die Blätter zweizeilig alternierend, und rechts und links von der Mediane eines Blattes entspringt je eine Wurzel; bei *Vanilla aromatica* steht rechts und links von jedem Blatte eine Luftwurzel; auf der Unterseite des dorsiventralen Rhizomes von *Acorus Calamus* stehen die Wurzeln in Schrägzeilen; bei *Gunnera scabra* findet sich unter jedem der dichtgedrängten Blätter eine Gruppe von Nebenwurzeln u. s. w.

Welche Wurzeln eventuell als Adventivwurzeln zu bezeichnen sind, habe ich schon früher (S. 35) in genügend eingehender Weise auseinandergesetzt.

Außer den normalen Wurzeln der Pflanze können wir, wie schon früher (s. S. 14) besprochen wurde, einmal solche unterscheiden, welche als Übergangsformen zwischen den Wurzeln und anderen Hauptorganen der Pflanze zu betrachten und zweitens solche Wurzeln, welche als umgestaltete Wurzeln zu bezeichnen sind. Als Beispiele für Übergangsformen nannte ich die Assimilationswurzeln von *Angrecum* und will hier nur noch den interessanten Fall von *Dicraea elongata*, einer Podostemacee erwähnen, bei welcher aufrecht wachsende, flache, blattförmige, grüne Wurzeln vorkommen, welche die hauptsächlichsten Assimilationsapparate der Pflanze darstellen und zugleich zahlreiche Laubspornanlagen erzeugen. Diese Wurzeln besitzen also zugleich auch Eigenschaften der Achsen und der Laubblätter, sind Übergangsformen zwischen diesen drei Organen. Unter unseren officinellen Wurzeln finden sich keine, die zu diesen Übergangsformen zu rechnen wären.

Von umgestalteten Wurzeln erwähnte ich die Dornenwurzeln, Schwimmwurzeln, Saugwurzeln, Atmungswurzeln, Luftwurzeln und vorzüglich die Wurzelknollen. Für unseren Zweck sind nur die letzteren von speziellerem Interesse. Die meisten Wurzelknollen haben die biologische Bedeutung von Reservestoffbehältern. Die meisten ausdauernden Wurzeln speichern, auch wenn sie sich nicht knollig verdicken, Reservestoffe in größerer oder geringerer Menge in ihrem Parenchym auf, wie z. B. die Wurzel von *Glycyrrhiza glabra* und *Althaea officinalis* viel Stärke, viele

werden durch reichlichere Entwicklung des Parenchyms zu sehr wirksamen Reservestoffbehältern. Zu der letzteren Kategorie gehören z. B. die fleischig verdickten Wurzeln von *Gentiana lutea*, *Inula Helenium*, *Jateorrhiza Calumba*. Andere Wurzeln verdicken sich nicht ganz gleichmäßig, sondern schwellen auffällig knollenförmig an, und diese bezeichnet man dann als Wurzelknollen. Dahin gehören von unseren Drogen die Jalapenknolle, die Salepknolle und die Akonitknolle.

Verdickte Wurzeln und Wurzelknollen können sowohl aus Hauptwurzeln als auch aus Nebenwurzeln entstehen. Verdickt sich die Hauptwurzel fleischig, so nimmt meist auch das hypokotyle Glied an der Verdickung teil, und beide zusammen bilden dann „die rübenartig verdickte“ Wurzel, wie wir sie bei der Kulturform von *Daucus carota*, *Beta vulgaris* in schön entwickelter Form finden. Diejenigen Wurzelknollen, welche wir später näher zu besprechen haben, sind aus Nebenwurzeln entstanden. *Tuber Aconiti* und *Tuber Salep* stimmen dabei insofern mit den aus hypokotylen Gliede und Hauptwurzel entstandenen „Rüben“ überein, als auch sie aus einem, allerdings sehr kurzen Achsenstücke und einer, die Hauptmasse bildenden Wurzel bestehen. *Tuber Jalapae* ist eine einfache, knollenförmig angeschwollene Nebenwurzel. *Tuber Salep* und *Tuber Aconiti* repräsentieren ferner insofern zwei verschiedene Arten von Knollen, als bei *Tuber Salep*, in ähnlicher Weise auch bei der Knolle von *Ranunculus Ficaria* die Wurzel ihr Spitzenwachstum aufgibt, sich nicht verzweigt und ganz allein als Reservestoffbehälter zu dienen scheint, während *Tuber Aconiti* ein dünnes, weiter in den Boden eindringendes, normales Wurzelende behält und reichliche, als normale Wurzeln funktionierende Zweige besitzt.

2. Anatomie der Wurzeln.

Die Mehrzahl der Monokotyledonenwurzeln besitzt einen fast in allen Punkten der Form und Anordnung der Gewebeelemente übereinstimmenden Bau, den man also als den normalen bezeichnen kann; nur relativ wenige dieser Wurzeln weichen von dem Schema des Baues ab, welches man durch Vergleichung einer großen Anzahl der Monokotyledonenwurzeln gewinnen kann, und man darf einen derartigen abweichenden Bau, welcher übrigens sehr verschiedenartig sein kann, als anormal bezeichnen. Ähnlich verhält es sich bei den Wurzeln der Dikotyledonen, und wir können danach die Wurzeln in Hinsicht auf ihren anatomischen Bau in folgende 4 Gruppen einteilen:

- a) Monokotyledonenwurzeln von normalem anatomischen Baue,
- β) Monokotyledonenwurzeln, welche einen anormalen Bau besitzen,
- γ) Dikotyledonenwurzeln von normalem anatomischen Baue,
- δ) Dikotyledonenwurzeln, welche ein anormales sekundäres Dickenwachstum zeigen.

Die eingehende Erörterung dieser Verhältnisse ist deshalb nötig, weil eine Reihe von officinellen Wurzeln einen anormalen Bau besitzt, dessen Verständnis nur auf einer breiteren Grundlage allgemeiner anatomischer Kenntnisse von dem Wurzelbau möglich ist.

a) Die Monokotyledonenwurzeln von normalem anatomischen Baue.

Die Spitze der unverletzten Monokotyledonenwurzeln wird von dem, durch die Wurzelhaube bedeckten, in lebhafter Teilung begriffenen primären Meristemgewebe eingenommen. Die jeweilig an der Basis des Vegetationspunktes der Wurzel liegenden Zellen des Urmeristems strecken sich ziemlich schnell und bilden sich nach und nach zu den definitiven Zellformen aus, welche die ausgewachsene Wurzel aufbauen. Schon 1—2 cm hinter der Spitze der Wurzel ist das Gewebe der Wurzel in allen Teilen fertig ausgebildet. Die wachsende Region der Wurzel ist zart, brüchig und fällt beim Trocknen sehr zusammen; sie wird beim Sammeln und Zubereiten der Droge fast stets zerstört und ist für die Diagnose der Wurzel ohne Bedeutung, so daß wir uns hier nur mit dem Baue der ausgewachsenen Teile der normalen Monokotyledonenwurzeln zu beschäftigen haben.

Betrachtet man einen Querschnitt und einen radialen Längsschnitt irgend einer der dünneren Monokotyledonenwurzeln, z. B. einer Wurzel von *Iris germanica*, *Acorus Calamus*, *Veratrum album*, *Triticum repens*, einer *Smilax*-Species, so erkennt man sehr leicht den folgenden Bau derselben. Man findet die Wurzel zuerst stets bedeckt von einer Epidermis *Ep*, Fig. 155, aus meist längsgestreckten, zartwandigen Zellen. Schon in der kurz hinter dem Vegetationspunkt stehenden Epidermisregion wächst die Außenwand aller oder zahlreicher Epidermiszellen zu Wurzelhaaren aus, welche aber meist bald absterben und zerstört werden, so daß sie an älteren Wurzelteilen nicht mehr zu finden sind.

Unter der Epidermis findet man dann ferner in fast allen Fällen eine einfache oder aus mehreren Zelllagen bestehende Schicht lückenlos schließender Zellen verschiedener Form, die Wurzelhypodermis (Fig. 155, *H*). An die Hypodermis schließt sich das Rindenparenchym. Das Rindenparenchym besteht aus mehr oder weniger zahlreichen konzentrischen Zelllagen; die Elemente der successiven Zelllagen sind dabei häufig zu regelmäßigen radialen Reihen angeordnet. Zwischen ihren abgerundeten Kanten lassen die Zellen luftführende Intercellularräume.

Mit Beziehung auf die bei äußerst wenigen Wurzeln von Monokotyledonen, z. B. der *Dracäna*-Arten, und bei fast allen Dikotyledonenwurzeln vorkommende „sekundäre“ Wurzelrinde kann man auch das Rindenparenchym der Monokotyledonenwurzeln als „primäres“ Rindenparenchym bezeichnen, die bis jetzt erwähnten Bestandteile der Wurzel primäre Rinde nennen. Das Rindenparenchym (*p*, Fig. 155) grenzt ge-

wöhnlich mit etwas kleineren Zellen an die sogenannte Endodermis oder Schutzscheide.

Die Endodermis (*E*, Fig. 155), welche ihrer Entwicklungsgeschichte nach zu der primären Rinde gerechnet werden kann, vom physiologischen Standpunkt wohl besser als eine besondere Schutzschicht des Gefäßbündels anzusehen ist, umschließt ein radiales Gefäßbündel. Man bezeichnet, wie wir wissen, die radialen Bündel der Wurzel nach der Anzahl

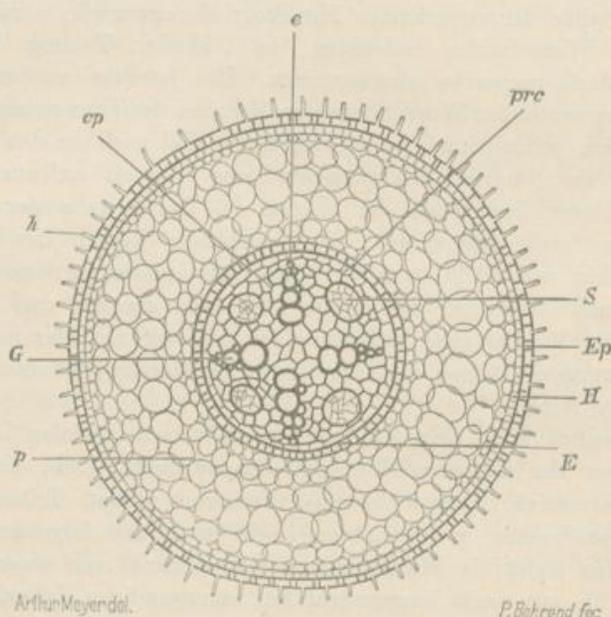


Fig. 155.

Schema des Querschnittes einer normalen vierstrahligen (tetrarchen) Monokotyledonenwurzel. *Ep* Epidermis mit Wurzelhaaren *h* *H* Hypodermis. *p* primäres Rindenparenchym. *E* Endodermis. *G* Gefäßstrang des tetrarchen radialen Gefäßbündels. *e* Erstlingsgefäß eines Gefäßstranges. *S* Siebstrang. *ep* Parenchym des Gefäßbündels. *prc* Rhizogene Schicht, wurzelbildende Region des Gefäßbündelparenchyms oder Perikambium.

der Anfangspunkte der Gefäßstränge, welche sie enthalten, als di-, tri- bis polyarche Gefäßbündel und spricht in gleicher Weise auch von di-, tri- bis polyarchen Wurzeln. So ist z. B. unser in Fig. 155 dargestelltes Gefäßbündel tetrarch oder vierstrahlig, die dargestellte Wurzel also ebenfalls als vierstrahlig oder tetrarch zu bezeichnen. Die Anzahl der Strahlen ist übrigens für eine bestimmte Wurzelspecies nicht immer konstant, wechselt vielmehr meist mit der Dicke der Wurzel und kann deshalb auch nicht zur sicheren Diagnose der Wurzeln benutzt werden.

β) Die Monokotyledonenwurzeln, welche einen anormalen anatomischen Bau besitzen.

Der beschriebene Bau der Monokotyledonenwurzeln kann mit großem Rechte der normale genannt werden; denn es giebt nur sehr wenige Fälle, in welchen Wurzeln dieser Pflanzengruppe eine von dem geschilderten Bane abweichende anatomische Struktur zeigen. Es sind dies solche Wurzeln, deren biologische Leistung im Laufe der phylogenetischen Entwicklung der betreffenden Pflanzen eine von der normalen abweichende geworden ist, Wurzeln, die also nicht nur zur Aufnahme und zur Fortleitung der aus dem Boden aufgenommenen Nährstoffe und zur Befestigung der Pflanze im Boden dienen, sondern noch andere Leistungen vollbringen, also auch die, welche wir in morphologischer Beziehung zu den „umgestalteten Wurzeln“ rechnen müssen. So weichen z. B. die Luftwurzeln mancher tropischer Orchideen und Aroideen dadurch vom normalen Baue ab, daß sie außerhalb der einschichtigen endodermisähnlichen Hypodermis eine aus 1—20 Zelllagen aufgebaute, aus derjenigen Meristemschicht des Wurzelvegetationspunktes, welche im normalen Falle zur Epidermis wird, hervorgegangene, nur aus leeren mit Löchern versehenen Zellwänden bestehende Zellschicht, die Wurzelhülle, zeigen, welche zur direkten mechanischen Aufnahme und zum Festhalten von Wasser dient. Eine andere Anomalie, die gleichsam den Übergang zu derjenigen bildet, welche unsere Orchideknollen zeigen, findet sich bei manchen sehr dicken Monokotyledonenwurzeln, vorzüglich bei den dicken Luftwurzeln mancher tropischen Gewächse; sie ist zu charakterisieren als eine Vermehrung der sich im einzelnen nicht vergrößernden leitenden Gewebestränge, entsprechend der Vergrößerung des Wurzelquerschnittes. Diese Wurzeln besitzen nämlich ein normales polyarches, radiales Gefäßbündel, dessen abwechselnde Sieb- und Tracheenstränge in normaler Weise in der Peripherie der Wurzel angeordnet sind, außerdem aber liegen im centralen Teile des Gefäßbündels noch Siebstränge oder Siebstränge und Tracheenstränge unregelmäßig zerstreut. Bei Monokotyledonenwurzeln, welche sich unter starker Verdickung zu Reservestoffbehältern umbilden, findet nicht immer eine anormale Ausbildung der Gewebe statt. So z. B. ist die knollige Verdickung der Wurzel der Kurkumaarten nur eine Folge von starker Entwicklung des Parenchyms der sonst normal gebauten Wurzel. Bei anderen knollig verdickten Wurzeln aber, z. B. bei den Knollen von *Dioscorea* Batatas und den Knollenwurzeln der Ophrydeen, welche letzteren für uns besonderes Interesse besitzen, findet sich ein anormaler anatomischer Bau. Bei den Ophrydeen ist derselbe vermutlich im Laufe der phylogenetischen Entwicklung nach und nach dadurch zu stande gekommen, daß statt zahlreicher Sieb- und Tracheenstränge eines radialen Gefäßbündels, welches dem der anormalen, zuletzt beschriebenen dicken Wurzeln entsprach, aus den Meristemen dieser Stränge kleine radiale Gefäßbündel entstanden, die nun innerhalb der normalen Endodermis im Parenchym, welches dem

des normalen Gefäßbündels entspricht, zerstreut liegen. Genauer über den Bau dieser Wurzel finden wir in der Monographie von Tuber Salep.

γ) Die Dikotyledonenwurzeln von normalem anatomischen Baue.

a) Der primäre Bau.

In ihrem jüngsten Zustande, also auch in kleiner Entfernung unter dem Vegetationspunkte der noch wachsenden älteren Wurzeln, besitzen die Dikotyledonenwurzeln in der Hauptsache ganz denselben Bau wie die Monokotyledonenwurzeln, und wie er also den letzteren zeitlebens zukommt. Das in Fig. 155 dargestellte Schema kann demnach auch für diesen „primären Bau“ der dikotyledonen Wurzeln gelten, also für denjenigen Bau, welcher durch die direkte Thätigkeit des Urmeristems angelegt wird.

In Fig. 156 ist als Beispiel des primären Baues einer Dikotyledonenwurzel ein Stück des Querschnittes der Spitze einer Wurzel von *Gentiana lutea* dargestellt. Bei den Dikotyledonenwurzeln stellen sich nun aber meist kurz nach der Ausbildung aller vom Urmeristem angelegten Regionen der jungen Wurzel, kurz nach der völligen Ausgestaltung des primären Baues, nach welcher die Wurzel oder Wurzelspitze meist weniger als 1 mm dick ist, Erscheinungen ein, die den anatomischen Bau der Wurzel vollständig ändern, und zu einer energischen Verdickung der Wurzel führen. Ältere Wurzeln der Dikotyledonen zeigen also in der Regel an der Basis einen anderen Bau als an der Spitze. An der Droge finden sich die dünnen Spitzen, welche noch den primären Bau zeigen, nur höchst selten und zufällig vor, häufiger sind schon Reste der äußeren primären Geweberegionen der Wurzel (so z. B. stets bei der Baldrianwurzel und der Aconitknolle), und stets finden sich an den sekundär verdickten Wurzeln, aus welchen in der Regel die von Dikotyledonen abstammenden Wurzel drogen bestehen, im centralen Teile der Gewebe Gewebemassen, welche noch zu den primären gerechnet werden müssen.

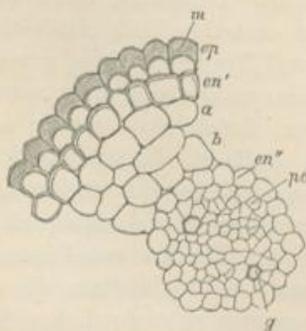


Fig. 156.

Stück des Querschnittes durch eine junge Seitenwurzel von *Gentiana lutea*.

ep Epidermis. en'' Hypodermis. a, b Rindparenchym, en''' Endodermis. g Erstlinge des radialen Gefäßbündels.

180fach vergr.

Zum Verständnis dieser vom primären Baue herrührenden Gewebepartien ist es nötig, daß wir kennen lernen, in welcher Weise sich der sekundäre Bau der Wurzel aus dem primären entwickelt, und diese Kenntnis soll der nächste Abschnitt vermitteln.

b) Der Übergang des primären anatomischen Baues in den sekundären.

Die sekundären Veränderungen beginnen damit, daß die Parenchymzellen, welche der Innenseite der Siebstränge des radialen Bündels angrenzen, sich durch Tangentialwände in kleine Zellehen, von der Beschaffenheit der Meristemzellen teilen und sich dieser Teilungsprozefs nach

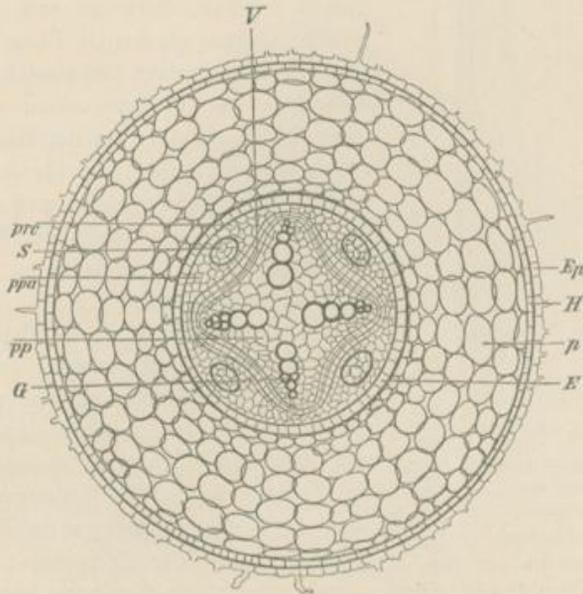


Fig. 157.

Schema des Querschnittes einer normalen vierstrahligen Dikotyledonenwurzel, in welcher der Verdickungsring, das Kambium, eben völlig ausgebildet ist. Die Buchstaben besitzen dieselbe Bedeutung wie die gleichlautenden der Fig. 153; außerdem ist die Bedeutung der hinzugekommenen Buchstaben die folgende:
 pp primäres centrales Parenchym des radialen Gefäßbündels. ppa primäres, äußeres Parenchym des radialen Gefäßbündels. V Verdickungsring oder Kambium, das durch Teilung aus dem Parenchym des radialen Gefäßbündels hervorgegangene Folgemeristem.

rechts und links in das Parenchym, schließlich auch in das zwischen den Erstlingen der Gefäßstränge und der Epidermis liegende Parenchym fortsetzt, so daß zuletzt ein Meristemcylinder in der Wurzel entsteht, dessen Querschnittsform und Verlauf in Fig. 157 V dargestellt ist. Dieser Meristemhohlcylinder oder, wenn wir nur auf den Querschnitt Rücksicht nehmen, „Meristemring“ wird Verdickungsring oder Kambium der Wurzel genannt. Die Meristemzellen des Verdickungsringes sind meist sehr dünnwandig und haben größtenteils die Form eines schlanken, rechteckigen Prismas, dessen breitere Seitenflächen tangential gestellt sind, zeigen also im Radialschnitt der Wurzel etwa die in Fig. 158 dargestellte Gestalt. Die zuerst entstandenen Meristemzellen teilen sich weiter fortwährend durch Tangentialwände, so daß kurze, regelmäßige Radialreihen von Meristemzellen entstehen. Bald beginnen die jeweiligen

am weitesten nach außen und die am weitesten nach innen in der Wurzel liegenden Meristemzellen, also die auf den Außengrenzen des Verdickungs-

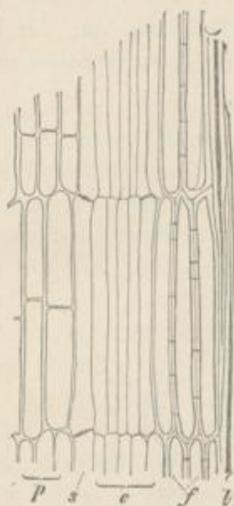


Fig. 158.

Radialer Längsschnitt durch einen Teil des Stammes von *Cytisus Laburnum*.

(Ende Oktober.)

e Meristemzellen des Verdickungsringes. *f* junge Ersatzfasern. *l* Sklerenchymfasern. *s* Siebröhren. *p* Parenchym.

(Nach Haberland.)

Dadurch, daß bei der Wurzel anfangs die Ausbildung der Meristemzellen zu anderen, grobzelligeren Gewebemassen vorzüglich reichlich auf der Innenseite des Kambiums und zwar zwischen den Gefäßsträngen vor sich geht, rücken die Teilungen im Meristem des Verdickungsringes an diesen Stellen schneller nach der Peripherie der Wurzel zu vor, als in den Regionen über den Erstlingen der Gefäßstränge, und dadurch geschieht es, daß der Verdickungsring bald seine sternförmige Gestalt verliert und kreisförmig wird. Durch die Entstehung der größeren definitiven Gewebeelemente aus den kleinen Meristemzellen der Innenseite des Verdickungsringes wird dann weiter der Verdickungsring selbstverständlich nach außen gedrängt, und sein Umfang muß sich demgemäß mehr und mehr vergrößern. Eine Dehnung des Kambiums findet dabei deshalb nicht statt, weil die Meristemzellen sich fernerhin, je nach Bedürfnis auch durch Radialwände teilen, so daß auch ihre Breite stets ungefähr die gleiche bleibt und neue Radialreihen von Meristemzellen entstehen.

Man bezeichnet nun die aus den äußeren Meristemzellen des Verdickungsringes der Wurzel hervorgegangenen Gewebemassen im Gegensatz zu der früher besprochenen primären Rinde als „sekundäre Rinde“^{*)} (sekundärer Bast nach de Bary), wobei besonders hervorzuheben ist, daß

^{*)} Wir legen hier den Ton auf sekundär und reservieren den Ausdruck „Rinde oder Wurzelrinde“ für den ganzen außerhalb des Kambiums liegenden Teil der im sekundären Dickenwachstum begriffenen Wurzel, ebenso wie wir unter „Holz“ der Wurzel kurzweg, das sekundäre Holz nebst dem centralen Reste des radialen Gefäßbündels verstehen. Man vergl. hiermit de Barys Anatomie, S. 472.

die sekundäre Rinde in physiologischer Beziehung durchaus kein Ersatz der primären Rinde ist. Als sekundäre Rinde ist danach die Region anzusprechen, welche in der schematischen Fig. 159 zwischen den Zellschichten *V* und *ph* liegt, mit Ausnahme der primären Siebstränge und der sie umgebenden primären Parenchymmassen. Die von dem Kam-

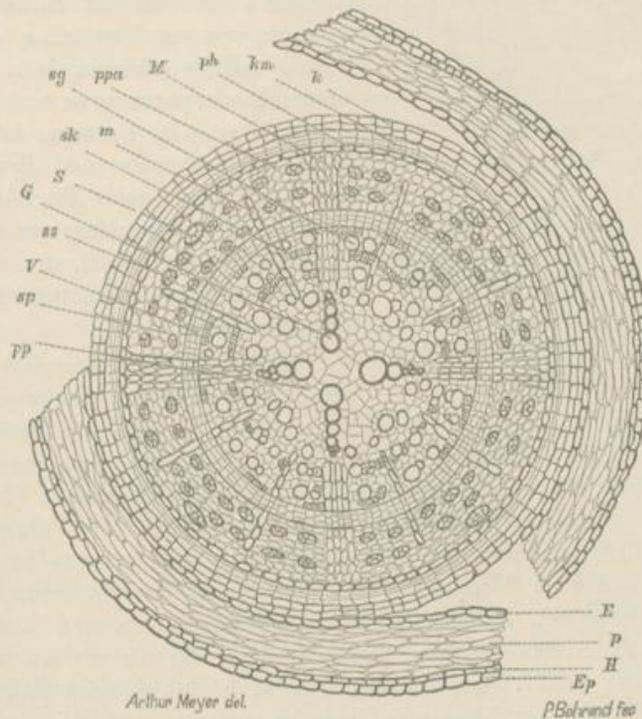


Fig. 159.

Schematische Darstellung eines Querschnitts durch eine Wurzel, in welcher das sekundäre Dickenwachstum schon einige Zeit gewirkt hat, und deren primäre Rinde geborsten und im Abfallen begriffen ist.

Soweit die Buchstaben mit denen von Fig. 157 übereinstimmen, besitzen sie die gleiche Bedeutung wie bei letzterer; die Bedeutung der übrigen Buchstaben ist die folgende.

sg Gefäße des sekundären Holzes. *sk* Sklerenchymfasern des sekundären Holzes. *M* Hauptmarkstrahlen. *m* kleine Markstrahlen. *ss* Siebstränge des sekundären Holzes. *ppa* primäres Parenchym der Umgebung der primären Siebstränge. *ph* Phellodermis. *km* Korkmeristem. *k* Korkzellen. *pp* Parenchym des primären radialen Gefäßbündels.

biwn nach dem Centrum der Wurzel zu abgeschiedenen Gewebemassen nennt man „sekundäres Holz“ der Wurzel.

Durch die Entstehung des sekundären Holzes und der sekundären Rinde wird die innerhalb der Endodermis liegende Gewebemasse verstärkt, und dadurch müssen die Endodermis und alle außerhalb derselben gelegenen Zellschichten gedehnt und schließlich zerstört werden, wenn sie nicht durch Wachstum ihrer Elemente sich selbst in genügender

Weise vergrößern. Nur in seltenen Fällen, z. B. bei *Lappa minor* (wo aber doch schließlich vom Perikambium aus Korkbildung und damit normale Ablösung der primären Rinde eintritt) und bei den Wurzelknollen

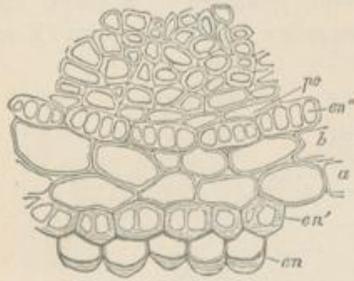


Fig. 160.

Querschnitt durch die äußere Region einer 0,7 mm dicken Wurzel von *Gentiana lutea*, deren Hypodermis und Endodermiszellen durch unverkorkte Radialwände geteilt sind.

Bedeutung der Buchstaben wie bei Fig. 156. 180fach vergr.

von *Aconitum Napellus* folgt die primäre Rinde tatsächlich längere Zeit durch Wachstum der Dehnung, meist geschieht dies nur ganz kurze Zeit und dann tritt zuerst Zerstörung der Epidermis und Hypodermis, dann des primären Rindenparenchyms und der Endodermis ein. Bei *Gentiana lutea* z. B. folgt Endodermis und Hypodermis durch Teilung (siehe Fig. 160) und Wachstum der Elemente nur so lange, bis die Wurzel etwa 1 mm dick ist, dann beginnt schon die Sprengung der primären Rinde.

Ehe die Endodermis zerstört wird, beginnt in der direkt unter der Endodermis liegenden Parenchymschicht, dem sogenannten Perikambium, Tangentialteilung der Zellen, welche zur Entstehung eines Korkmeristems führt. Die durch die Thätigkeit des Phellogens (des Korkmeristems) gebildete Korkschiebt stößt schließlich jedes Gewebe ab, welches außen von ihr liegt, und bildet dann die äußerste Schicht der sekundär verdickten Wurzeln. In Fig. 159 ist der Querschnitt einer Wurzel schematisch dargestellt, deren primäre Rinde und Endodermis (*Ep*, *H*, *p*, *E*) soeben zerrissen, und in welcher alle die erwähnten sekundären Gewebe gebildet worden sind. Nur in höchst seltenen Fällen, z. B. bei den Wurzeln der Klusiaceen, von *Anisostichus* und bei der Wurzel von *Ipomoea purga*, beginnt, wie schon früher erwähnt die Peridermbildung in oder dicht unter der Epidermis der normal oder anormal gebauten Wurzeln.

e) Der normale sekundäre Bau der Wurzel.

Der Bau, welchen die Wurzel nach Abstofsung der primären Rinde und Endodermis zeigt, der sekundäre Bau der Dikotyledonenwurzeln, ist für uns von besonderem Interesse, da die als Droge verwendeten Wurzeln der Dikotyledonen diesen Bau besitzen, und wir müssen deshalb noch spezieller auf denselben eingehen.

Als einen der beiden vorhandenen Reste der primären Gewebe finden wir in Wurzeln, welche sich in dem in Rede stehenden Entwicklungsstadium befinden, die im Centrum der Wurzel liegenden Gefäßstränge (*G*, Fig. 159) des radialen Gefäßbündels und das sie umgebende, vom primären Zustande herrührende Parenchymgewebe (*pp*, Fig. 159) oder Sklerenchymgewebe. An diese primäre Gewebemasse

schließt sich direkt das sekundäre Holz (der Holzkörper, das Xylem) an, welches durch das Kambium (*V*, Fig. 159) von der sekundären Rinde geschieden wird. Ist noch keine Borkenbildung eingetreten, so findet man in der Peripherie, mit der sekundären Rinde im direkten Zusammenhang stehend und meist ohne deutlich sichtbare Grenze in dieselbe übergehend, als den zweiten der beiden vorhandenen Reste der primären Gewebe eine Partie von primärem Parenchym, welches die meist zusammengedrückten, oft völlig unkenntlich gemachten primären Siebstränge des radialen Gefäßbündels (*S*, Fig. 159) umgibt. An die sekundäre Rinde und diese Reste des primären Gewebes, welches man, mit allen durch Teilung aus seinen Elementen eventuell hervorgegangenen Gewebemassen als „Aufsenrinde der Wurzel“ bezeichnen kann, schließt sich dann die Peridermschicht (*ph*, *km*, *k*) an, welche nun das äußerste Gewebe der Wurzel bildet.

In älteren Entwicklungsstadien der Wurzel kann insofern eine weitere Änderung des Baues eintreten, als durch Borkenbildung kleinere oder größere Stücke des peripherischen Gewebes der sekundären Rinde abgeschnitten, so auch die Reste des primären Parenchyms und die primären Siebstränge völlig entfernt werden, und, an Stelle der ersten Korkschicht, aus wiederum neu gebildeten Meristemen hervorgegangene Korkschichten die äußerste Schicht der Wurzel bilden.

Gehen wir näher auf den Bau der sekundären Gewebe ein, so ist zuerst zu bemerken, daß sich im Holze der Wurzel zwei verschiedene Gewebemassen meist leicht unterscheiden lassen, die Markstrahlen und die Holzstränge. Die normalen Markstrahlen sind schmale, höher als breite Platten von Parenchymgewebe, welche in der Wurzel radial gestellt sind und mit ihrer schmalen Kante aufrecht stehen. Im Querschnitte der Wurzel erscheinen sie deshalb als relativ schmale Streifen (Fig. 159, *M* und *m*), im radialen Längsschnitte als breitere Streifen, im Tangential-schnitte als schmal elliptische Zellgruppen. Ein Blick auf die bei *Radix Sassafras* gegebene Darstellung des Tangentialschnittes und Querschnittes des Wurzelholzes kann zur weiteren Erläuterung der Form der normalen Markstrahlen dienen. Die unverholzten oder verholzten, meist dünnwandigen Parenchymzellen, aus denen sich die Markstrahlen aufbauen, sind radial gestreckt und vorzüglich auf den Tangentialwänden, also denjenigen Wänden, welche quer zur Längsrichtung des Markstrahles stehen, mit zahlreichen Tüpfeln versehen. Die Markstrahlen können aus einer einzigen Zellreihe bestehen, die radial durch die übrigen Gewebemassen hinstreicht, oder sowohl in ihrer Höhe als in ihrer Breite aus mehreren Zellreihen zusammengesetzt sein. Im letzteren Falle finden sich zwischen den Zellen, vorzüglich in radialer Richtung verlaufende Intercellularräume. Besonders leicht bei jüngeren Wurzeln lassen sich meist zwei Arten von Markstrahlen unterscheiden, die Hauptmarkstrahlen und die kleineren Markstrahlen. Die Hauptmarkstrahlen (Fig. 159, *M*) laufen auf die Erstlinge der Gefäßstränge des radialen Gefäßbündels zu, sind die ältesten und meist die breitesten und zeichnen sich besonders dadurch aus, daß sie die

Höhe der ganzen Wurzellänge besitzen, also als breite Platten das ganze Wurzelholz durchziehen; die kleineren, normalen Markstrahlen (*m*, Fig. 159) liegen zwischen diesen, sind meist schmaler und stets niedriger und dringen, je nach ihrem Alter, mehr oder weniger tief nach dem Centrum der Wurzel zu vor. Die Zahl der kleineren Markstrahlen wird um so größer, je dicker die Wurzel wird, indem sich zwischen die bestehenden Markstrahlen immer neue einschieben, so daß das Verhältnis zwischen dem Markstrahlenparenchym und dem übrigen Gewebe immer annähernd gleich bleibt. Die Hauptmarkstrahlen scheinen meist in älteren Wurzeln mehr und mehr undeutlich zu werden und können auch von vornherein fehlen.

Der Zwischenraum zwischen diesen Markstrahlen wird völlig ausgefüllt von den Holzsträngen (Xylemsträngen), und diese erscheinen demnach auf dem Querschnitte der Wurzel ebenfalls als radiale Gewebestreifen, während uns der Tangentialschnitt des sekundären Holzes lehrt, daß sie eine zusammenhängende, nur von den Markstrahlen durchbrochene Gewebemasse sind, und die Länge der eigentlichen „Stränge“ nur abhängt von der Höhe zweier benachbarter Markstrahlen, zwischen denen die Holzstranggewebe allerdings Platten bilden. Die unter der Bezeichnung Holzstränge zusammengefaßte Gewebemasse besteht nun in den normalen Fällen stets aus den Zellformen, welche die Gefäßstränge der Leitbündel charakterisieren, also aus 1. Tracheen (Fig. 159. *sg*), 2. Parenchymzellen, welchen 3. die als Begleiter der beiden ersten Zellformen in den Gefäßbündeln häufig vorkommenden Sklerenchymfasern (*sk*, Fig. 159), in allen normalen Fällen beigesellt sind oder diese ersetzendes Ersatzsklerenchym und andere Übergangsformen zwischen Sklerenchym- und Parenchymelementen. Oxalatzellen, Ölzellen, Milchröhren und intercellulare Sekretbehälter sind nicht selten und in verschiedener Ausdehnung Begleiter dieser 3 für das sekundäre Holz charakteristischen Zellformen.

Die Tracheen sind gewöhnlich zu Strängen zusammengestellt, welche stets nach einer kürzeren oder längeren Strecke des Verlaufes sich in tangentialer Richtung einander zuneigen und miteinander in direkte Berührung treten und so gleichsam Netze bilden, welche das ganze Holz durchziehen. Die Gefäße werden stets begleitet von Parenchym, und zwar umgibt dieses die einzelnen Gefäße oder die Stränge von Gefäßen einfach ringsum, mit diesen kleine Gruppen bildend, oder es ist zu mehr oder weniger regelmäßig angeordneten, tangential stehenden Gewebepplatten zusammengestellt, an welche sich stets die Gefäße anlehnen, und welche zugleich mit den Markstrahlen an einer oder der anderen Stelle in Verbindung treten. Dabei zeigen die Parenchymzellen oft, vorzüglich im inneren Teile des Holzes eine Anordnung, welche deutlich erkennen läßt, daß sie aus spindelförmigen Kambiumzellen durch direkte wiederholte Querteilung derselben hervorgegangen sind, indem sie im Tangentialschnitt des Wurzelholzes in Längsreihen stehend erscheinen, deren jede eine der spindelförmigen Mutterzelle ähnliche Gestalt hat, deren Endzellen also relativ klein und oft dreieckig sind, deren Zellen nach der Mitte der

Längsreihe zu successive größer und breiter werden. Stehen mehrere solcher Längsreihen neben- und übereinander, so füllt die charakteristische Anordnung weniger auf, als wenn einzelne Reihen im Holze vorkommen, und verschwindet da, wo alle Parenchymzellen sich lebhaft vergrößern und abrunden. Die Sklerenchymfasern nehmen den ganzen übrigen Raum des Holzes ein und bilden so häufig ein zusammenhängendes festes Netzwerk.

Eine besondere Erwähnung verdient noch eine Erscheinung, welche bei den Wurzeln meist weniger stark ausgesprochen auftritt als bei den Achsen, immerhin sehr häufig deutlich entwickelt ist, die sogenannten Jahresringe des sekundären Wurzelholzes. Durch die Thätigkeit des Kambiums wird dem Holze in jedem Jahre eine Schicht von neuem Holze hinzugefügt. Bei unseren einheimischen Gewächsen beginnt im Frühjahr beim Austreiben der Knospen die Arbeit des Wurzelkambiums, setzt sich den Sommer hindurch kräftig fort, dann den Winter über schwächer und erlischt kurz vor Beginn der neuen Jahresperiode im Frühjahr. Die in den verschiedenen Jahren erzeugten Holzschichten grenzen sich nun infolge von Differenzen gegeneinander ab, welche im Baue des Frühjahrsholzes und Winterholzes auftreten. Diese Differenzen können in der Verschiedenheit der Gestalt und der Anordnung der Zellformen bestehen. Als Gestaltveränderung ist hauptsächlich die im Winterholze häufig vorkommende Verschmälerung des Querschnittdurchmessers der Elemente in der Richtung des Radius des Wurzelquerschnittes, unter gleichzeitiger stärkerer Verdickung der Zellwand der Sklerenchymfasern und Tracheiden und die Verkleinerung des Durchmessers der Gefäße zu erwähnen. Durch diese Kontraste also erscheint das sekundäre Holz dann konzentrisch geschichtet, und man nennt eine jede Schicht, welche von dem Kambium innerhalb des zwischen einem Frühjahr und dem nächsten Frühjahr liegenden Zeitraumes erzeugt wurde, einen Jahresring.

Bezüglich des Kambiums ist hier dem in Abschnitt b) dieses Kapitels Gesagten nur hinzuzufügen, daß dasselbe nur aus ein paar Schichten noch indifferenten Meristemgewebes besteht, an welche sich beiderseits noch in ihrer Ausbildung begriffene Elemente in geringerer oder größerer Anzahl anschließen, so daß eine scharfe Grenze zwischen Kambium und fertigem Holze und fertiger Rinde nicht vorhanden ist. Außerdem ist zu erwähnen, daß die Meristemzellen des Kambiums da, wo sie an Markstrahlen grenzen, meist nicht eine gestreckte Form haben, sondern nur die Länge der einzelnen Markstrahlzellen besitzen, doch aber zu Gruppen zusammengestellt sind, welche erkennen lassen, daß sie durch Teilung einer spindelförmigen gestreckten Meristemzelle entstanden sind, welche den übrigen Meristemzellen gleich.

Wie sich in dem innerhalb des Verdickungsringes liegenden sekundären Holze Markstrahlen und Holzstränge unterscheiden lassen, so lassen sich in der außerhalb des Verdickungsringes liegenden sekundären Rinde Markstrahlen und Rindenstränge (de Barys Baststränge, auch Bast-

strahlen, Phlömstränge genannt) unterscheiden. Die Markstrahlen der Rinde bilden die direkte Fortsetzung der Holzmarkstrahlen und besitzen alle wesentlichen Eigenschaften der letzteren. Die Rindenstränge bilden die direkte Fortsetzung der Holzstränge; sie bestehen stets aus zwei Bestandteilen, 1. aus Siebsträngen (Fig. 159, *ss*) und 2. aus Parenchym (Strangparenchym, Bastparenchym, Fig. 159, *sp*). Zu diesen charakteristischen Bestandteilen kommen nicht selten Sklerenchymfasern oder auch Sklerenchymersatzfasern und Sklerenchymzellen. Bei Pflanzen, welche Milchröhren führen, finden sich dieselben meist und zwar dann als Begleiter der Siebröhren in der sekundären Rinde. Von Sekretzellen sind Oxalatzellen sehr häufig im Parenchym der Rindenstränge und der Markstrahlen zu finden, nicht selten liegen in denselben Regionen auch Sekretzellen anderen Inhaltes, und in den Rindensträngen finden sich hie und da auch sekretführende Intercellularräume.

Die Siebstränge stehen häufig im inneren Teil der sekundären Rinde in regelmäßigen radialen Abständen und erscheinen im Querschnitte der Wurzel oft auch in regelmäßige durch Strangparenchym unterbrochene Tangentialreihen angeordnet. Ihr Verlauf gleicht sonst dem der Tracheenstränge des Holzes. Sie sind rings von dem Parenchym umgeben, welches an das Markstrahlenparenchym angrenzt. Die Sklerenchymfasern können einzeln stehen und im Parenchym zerstreut liegen; meist sind sie zu Strängen verbunden, die im Querschnitte der Wurzel in mit den Tangentialreihen der Siebstränge abwechselnden Tangentialreihen und zugleich in Radialreihen geordnet sein können, oder sie bilden tangential gestellte, mit den Siebstrangreihen abwechselnde Bänder u. s. w.

Den Jahresringen entsprechende Erscheinungen finden sich in der sekundären Rinde nicht, wenigstens ist eine scharfe Grenze zwischen den Jahresproduktionen in der sekundären Rinde für keinen Fall gefunden worden.

Von Wichtigkeit ist es, daß wir noch auf einen prinzipiellen Unterschied zwischen sekundärem Holze und sekundärer Rinde aufmerksam machen. Während im sekundären Holze alle Elemente die Gestalt, Größe und Lagerung beibehalten können, welche sie nach ihrer Ausbildung aus den Meristemzellen angenommen haben, ist dieses bei den Zellen der sekundären Rinde nicht möglich; denn jede vorhandene Zone des Rindengewebes erleidet durch die innerhalb von ihr sich entwickelnden neuen Gewebeschichten eine Dehnung, und die jeweilig äußeren Gewebemassen müssen deshalb entweder ihre Lage oder die Gestalt ihrer Elemente ändern oder beides, oder sie müssen zu Grunde gehen. Wie wir wissen, bleiben die äußeren Schichten relativ lange erhalten, und dieses verdanken sie wesentlich der Thätigkeit ihrer Parenchymzellen. Die Elemente des Parenchymgewebes der sekundären Rinde folgen nämlich entweder alle dieser Dehnung in annähernd gleichem Maße durch Wachstum und hauptsächlich durch Tangentialwände erfolgende Teilung, so daß durch diesen Prozeß sowohl die Rindenstränge als die Markstrahlen nach außen zu

mehr und mehr an Breite und Zahl der Parenchymzelle zunehmen, oder das der Dehnung folgende Wachstum findet fast ausschließlich im Markstrahlenparenchym, nicht im Rindenstrangparenchym statt, so daß die Markstrahlen sich sehr energisch nach außen zu verbreitern, die Rindenstränge kaum an Breite zunehmen.

Im letzteren Falle behalten die nicht wachsenden Elemente der Rindenstränge, also die Siebröhrenstränge, die Sklerenchymfasern, die Sekretzellen etc. die Lage, welche sie bei ihrer Entstehung besaßen, der Hauptsache nach bei, in ersterem Falle rücken die nicht wachsenden Zellen oder Zellgruppen der Rindenstränge in tangentialer Richtung mehr und mehr auseinander. In beiden Fällen treten an den Siebröhren und Siebröhrensträngen stets Veränderungen in den älteren Schichten des sekundären Rindengewebes ein, welche in einem Zusammenfallen der ihren Inhalt verlierenden Siebröhren und einem (scheinbaren?) Aufquellen ihrer Membranen und der Membranen der übrigen Elemente der Siebränge bestehen. Diese Veränderung bezeichnet man als Obliteration der Siebränge. In dem Parenchym der Markstrahlen und in dem der Rindenstränge findet ferner häufig mit zunehmendem Alter der Zellschichten eine Umwandlung einzelner oder in Gruppen zusammenstehender Parenchymzellen zu Sklerenchymzellen statt, welche oft einen charakteristischen Unterschied zwischen jüngeren und älteren Rindenregionen bedingt. In selteneren Fällen tritt ferner in den älteren äußeren Teilen des sekundären Rindenparenchyms die Entstehung größerer luftführender Intercellularlücken ein, indem entweder Zellgruppen zerstört werden oder Auseinanderweichen der Zellen stattfindet. Solche Lücken finden sich z. B. bei *Gentiana lutea*.

Alle die eben beschriebenen, durch die Dehnung der äußeren Rindenpartien bewirkten Erscheinungen kann man selbstverständlich dann nicht mehr beobachten, wenn eine energische Borkenbildung stattfindet, durch welche, wie z. B. bei alten Wurzelrinden von *Punica Granatum*, die äußeren Rindenregionen eher abgeworfen werden, als sie die Veränderungen, welche die Dehnung veranlaßt, in irgend auffallender Weise zeigen können.

Das erste Periderm der Wurzeln besteht also im vollkommensten Falle aus einer inneren Schicht von Phelloderm, dem Korkmeristem und der äußeren Korkschicht. Das Phelloderm, ein Parenchym, dessen äußerste Lagen lückenlos schließen, in Radialreihen stehen und hie und da kollenchymatisch sind, wandelt sich meist nach innen zu mehr und mehr in ein dem Parenchym der äußeren Rindenstrahlen völlig gleichendes Gewebe um, dessen Elemente ebenfalls in Sklerenchymzellen übergehen können u. s. w. Über die Korkschichten, welche verschiedenartige Dicke besitzen und aus verschiedenen gebauten Korkzellen bestehen können, ist nichts Besonderes zu bemerken. Sowohl in der ersten Peridermschicht, als in den Borke bildenden Peridermschichten kommen meist Lenticellen vor.

δ) Anatomie der Dikotyledonenwurzeln, welche ein anormales sekundäres Dickenwachstum zeigen.

Die dünnen Wurzelspitzen und Zweige der Dikotyledonenwurzeln, welche noch den primären Bau zeigen, besorgen wesentlich nur die Aufnahme von Nährstoffen aus dem Boden, und nur bei ganz jungen und kleinen Pflanzen kann das Haften der Wurzelhaare an den Bodenpartikelchen auch noch für die Befestigung der Pflanze im Boden eine erhebliche Bedeutung besitzen. Besondere Nebenleistungen üben die Wurzelspitzen der Pflanze in keinem Falle aus, und zeigen daher alle Dikotyledonenwurzeln im primären Zustande den normalen Bau. Die meisten Dikotyledonenwurzeln stoßen auch bald ihre primäre Rinde ab und gehen auch in dieser Beziehung in normaler Weise in das sekundäre Stadium über; nur einige wenige kurzlebige Wurzeln behalten den primären Bau während ihrer Dauer bei, so z. B. die Nebenwurzeln von *Primula auricula* und *Ficaria ranunculoides*. Bei anderen einjährigen Wurzeln, wie z. B. bei *Vincetoxicum officinale* und unserer *Valeriana officinalis* bleibt die primäre Rinde zwar zeitlebens erhalten, es findet jedoch schon eine unbedeutende Anlage sekundärer Gewebe statt oder schließlich eine reichliche, wie bei der einjährigen Knolle von *Aconitum Napellus*, bei welcher ebenfalls kein Abstossen der primären Rinde durch Peridermbildung erfolgt.

Anders als mit dem primären Baue verhält es sich mit dem sekundären. Hier finden sich bei umgestalteten Wurzeln nicht selten weitgehende Anomalieen, seltener auch bei solchen Wurzeln, welche man vom morphologischen Standpunkte nicht gut zu den umgestalteten Wurzeln stellen kann. Im letzteren Falle hängen jedoch auch diese Erscheinungen mit biologischen Eigentümlichkeiten der betreffenden Pflanzen zusammen, wie z. B. die Anomalie des Baues der Senegawurzel und Brechwurzel wahrscheinlich in Beziehung stehen zu der energischen Kontraktion, welche die Wurzeln dieser Pflanze ausführen müssen, um die Achsen in die Erde zu ziehen. Vorzüglich häufig findet man einen anormalen anatomischen Bau bei Wurzeln, welche sich zu dicken, fleischigen Reservestoffbehältern ausgebildet haben. Allerdings giebt es sehr zahlreiche Fälle solcher umgestalteten Wurzeln, die keine eigentlichen Anomalieen zeigen, bei denen die Verdickung nur auf mächtiger Ausbildung der verschiedenen Parenchymmassen beruht. So z. B. kommt die Verdickung und das Fleischigwerden der Wurzeln von *Symphytum officinale* hauptsächlich durch massige Entwicklung des Markstrahlenparenchyms zu stande, bei anderen, z. B. bei *Pastinaca sativa*, beruht sie auf starker Entwicklung des Holzstrangparenchyms. In einer ganzen Anzahl von Fällen sind jedoch, wie gesagt, die fleischigen, dicken Wurzeln anormal gebaut.

Man kann die in Rede stehenden, bekannt gewordenen Anomalieen in zwei Gruppen ordnen, welche sich in folgender Weise charakterisieren lassen:

- a) Bei der Entstehung der Anomalieen der ersten Gruppe wird ein normales Kambium angelegt, doch erzeugt dasselbe die verschiedenen Gewebearten nicht in der normalen Form, Zusammenstellung und Anordnung zu einander.
- b) Bei der Entstehung der Anomalieen der zweiten Gruppe wird ein normales Kambium angelegt, es entstehen jedoch, während das normale Kambium weiter arbeitet oder erlischt, neue „sekundäre“ Kambien, welche ihrerseits Gewebe erzeugen.

a) Zu der ersten Abteilung können wir schon diejenigen Wurzeln rechnen, welche keine normalen Markstrahlen mehr bilden, sei es, daß, wie bei der fleischigen, verdickten Wurzel von *Jateorrhiza Columba*, der Kalumbowurzel, die Markstrahlencellen von dem Strangparenchym deshalb nicht mehr zu unterscheiden sind, weil beide aus etwas radial gestreckten, durchaus gleichartigen Zellen bestehen oder weil, wie bei der Wurzel von *Psychotria Ipecacuanha* die Markstrahlen des Holzes, die Markstrahlen aus sklerenchymfaserähnlichen Ersatzfasern oder ähnlichen längsgestreckten und beiderseitig zugespitzten Elementen bestehen u. s. w. Auch die Wurzel von *Leontodon Taraxacum* gehört hierher, bei welcher in der relativ mächtig entwickelten sekundären Rinde und dem Holze die kleinen Markstrahlen völlig fehlen. Ein mit noch größerem Rechte hierher zu stellendes anormales Verhalten tritt uns bei der Wurzel von *Gentiana* entgegen. Bei *Gentiana lutea*, *purpurea* etc. erzeugt das Kambium normale sekundäre Rinde, aber kein normal gebautes Holz; denn es legt in demselben neben den normalen Bestandteilen des sekundären Holzes auch zahlreiche, kräftige Siebstränge an. Eine ähnliche Erscheinung ist nur noch für die Stämme von *Strychnos*arten und eine *Malpighiacee* bekannt, bei denen jedoch die Siebröhren der Rinde ganz fehlen und dafür im Holze vorkommen (de Bary, Anatomie, § 186). Die Senegawurzel zeigt an einzelnen Stellen eine ganz andere Anomalie; ihr Kambium erzeugt nämlich dort nicht nach allen Seiten normales sekundäres Holz und normale sekundäre Rinde, sondern auf größeren oder geringeren Strecken seines Umfanges, sowohl nach innen als nach außen zu, nur Parenchym, dessen Bau von dem des Markstrahlenparenchyms etwas abweicht.

b) Viel auffallender, als die eben besprochenen sind die Anomalieen der zweiten Kategorie, unter welche eine ganze Reihe sehr verschiedenartiger Fälle zu rechnen sind, über welche wir nur kurze Andeutungen machen können, da eine eingehende Besprechung uns zu weit führen würde. Eine bekannte hierher gehörige Anomalie ist die, welche wir bei der Runkelrübe, *Beta vulgaris*, finden. Dort wird zuerst ein normales Kambium angelegt, welches eine Zeit lang arbeitet, dann, schon wenn die Wurzel 0,5 mm dick ist, wird in der äußeren Region der sekundären Rinde durch Tangentialteilung der Parenchymzellen eine ringsum

geschlossene, dem normalen Kambium parallele sekundäre Kambiumzone gebildet. Diese verhält sich ganz normal, erzeugt eine Zeit lang nach außen zu Rindengewebe, nach innen zu Holz, stellt aber dann ihre Thätigkeit ein, während gleichzeitig eine neue, tertiäre Kambiumschicht in dem von dem sekundären Kambium erzeugten Rindengewebe entsteht, welche gleiche Eigenschaften wie das primäre und sekundäre Kambium

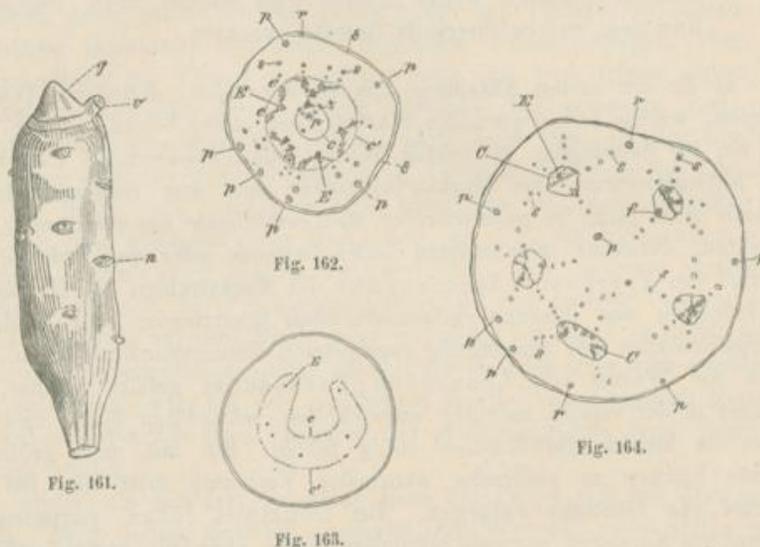


Fig. 161. Atis-Knolle, Knolle von *Aconitum heterophyllum*, deren Spitze und Wurzelzweige abgeschnitten sind.

Fig. 162. Schema des Querschnittes durch den unteren Teil der Knolle von *Aconitum heterophyllum*.

E primärer Gefäßstrang. *ee* Tracheenstränge des sekundären Holzes. *c'* normales Kambium
p primäre Siebstränge. *s* Siebstränge der normalen sekundären Rinde. *c* sekundäres, *a* normales Kambium. *t* vom Kambium *c* erzeugte Tracheenstränge des anormalen Holzes. *pa* normaler Siebstrang. *ε* Endodermis. *r* primäre Rinde.

Fig. 163. Schema des Querschnittes durch einen etwas höher gelegenen Teil der Knolle von *Aconitum heterophyllum*.

E die Stellen, an welcher die Erstlinge der primären Gefäßstränge (*E* der Fig. 162) stehen.
c' primäres Kambium. *c* sekundäres Kambium.

Fig. 164. Schema des Querschnittes durch den oberen, stark verdickten Teil der Knolle von *Aconitum heterophyllum*.

p primäre Siebstränge. *s* sekundäre Siebstränge. *C* Verschmelzungsprodukt des sekundären und primären Kambiums, kleines ringförmiges Kambium. *E* Erstling des primären Gefäßstranges. *f* vom sekundären Kambium erzeugter Tracheenstrang.

besitzt. Indem sich dieser Prozess immer wiederholt, entstehen in der Runkelrübe jene bekannten konzentrischen Ringe, welche aus abwechselnden Holzzonen und Rindenzonen bestehen. Anders verhält sich die knollig verdickte Wurzel von *Aconitum heterophyllum* (siehe meine Abhandlung im Archiv der Pharmacie 1881, Heft 3). Dort ist zu dem ur-

sprünglich ebenfalls und in der Spitze der Knolle noch vorhandenen normalen Kambium in dem etwas dickeren Teile der Knolle ein inneres sekundäres Kambium (c, Fig. 162) hinzugekommen, welches in umgekehrter Richtung arbeitet, also nach innen zu Gewebe, welches dem sekundären Rindengewebe gleicht, nach außen zu dem sekundären Holz ähnliches Gewebe abscheidet. Verfolgt man die beiden Kambien weiter aufwärts in der Wurzel, so sieht man, wie sie sich zwischen zwei primären Gefäßsträngen einander zuneigen und schließlich so verschmelzen, daß die in Fig. 163 dargestellte Form des Kambiums entsteht. Durch Wiederholung dieses Vorganges in dem zwischen den übrigen primären Gefäßsträngen liegenden Parenchym wird schließlich jeder primäre Gefäßstrang mit dem ihm angrenzenden, durch die Thätigkeit des normalen und des sekundären Kambiums erzeugten Holze im oberen, dickeren Teile der Wurzel von einem geschlossenen Kambiumring umgeben. Fig. 164 stellt den Querschnitt durch die dickste Partie der Knolle dar und wird zur Erläuterung des Gesagten beitragen, welches für uns noch deshalb von besonderer Bedeutung ist, weil es das Verständnis des anormalen Baues der Jalapenknolle wesentlich erleichtern kann.

Bei einer Reihe von Konvolvulaceenwurzeln findet man ein normales Kambium, es bilden sich aber außerdem bei stärkerem Dickenwachstum um die im Parenchym des sekundären Holzes locker eingestreuten Gefäßstränge kleine ringförmige Kambien, welche ganz wie die fünf bis sechs kleinen Kambiumringe der Knolle von *Aconitum heterophyllum* nach außen zu sekundäres Rindengewebe, nach innen zu sekundäres Holzgewebe abscheiden. So ist es auch bei der jungen Jalapenknolle, der Wurzelknolle von *Ipomoea Purga*. Wie es sich bei dieser Wurzel weiter mit dem Öffnen und Zusammenfließen der kleinen Kambiumringe zu Kambiumzonen, welche dann mit dem primären Kambium parallel verlaufen, verhält, ist in der Beschreibung der Droge nachzulesen.

Bei anderen Konvolvulaceenwurzeln z. B. bei *Pharbitis hispida* findet sich ebenfalls ein normales Kambium; es entstehen aber dann kleine sekundäre Kambien in dem Parenchym der normalen sekundären Rinde, welche im übrigen sich gleich verhalten wie im vorigen Falle (de Bary, Anatomie, S. 624).

Ähnlich wie *Pharbitis* verhält sich auch anfänglich die Wurzel von *Ipomoea Turpethum*, während sich bei älteren Wurzeln auch im normalen sekundären Holze kleine anormale Ringkambien bilden.

Im allgemeinen den besprochenen ähnliche Erscheinungen finden sich noch bei vielen anderen verdickten Wurzeln dikotyledoner Gewächse, so z. B. bei *Rumex*-Arten (Schmitz, Botan. Zeitung 1875; de Bary, Anatomie, S. 623), bei *Begonia*-Arten, bei *Brassica*-Arten (Weifs, Flora 1880, S. 116).

Welche biologische Bedeutung den Anomalieen des Dickenwachstums der Wurzeln zukommt, muß für jeden einzelnen Fall noch

genau untersucht werden, da wir bisher noch für keinen Fall Sichereres wissen.

Für *Aconitum heterophyllum* habe ich an der Hand der bei *Aconitum Lycoctonum* beobachteten Thatsachen eine Erklärung zu geben versucht (Archiv der Pharmacie 1881, 3. Heft), ebenso für die Senegawurzel (Archiv der Pharmacie 1887, Heft 13).

Dafs bei Wurzeln, welche sehr reichlich Parenchym entwickeln, wie die Kalumbowurzel, die normalen, aus radial gestreckten Zellen bestehenden Markstrahlen schwinden, ist wohl leicht daraus erklärlich, dafs die parenchymatischen Leitungsbahnen so übermäfsig weit werden; denn es wird die Pflanze dann auch ohne eine besondere, sehr zweckmäfsige Konstruktion der parenchymatischen Leitungsbahnen auskommen.

Bei der Brechwurzel ist das Auftreten der sklerenchymfaserähnlichen Zellen an Stelle normalen Markstrahlenparenchyms wahrscheinlich im Laufe der phylognetischen Entwicklung hervorgerufen worden durch das Bedürfnis der Festigkeit des dünnen Holzes, welches wiederum bedingt war durch die starken Kontraktionen, welche die Wurzel ausführen mufs. Für *Gentiana lutea* will ich noch darauf aufmerksam machen, dafs die Siebröhren im Holze des Rhizomes und durch sie auch die Siebröhre im Holze der Hauptwurzel in direktem Zusammenhange stehen mit den Siebröhren der Unterseite der bikollateralen Gefäfsbündel der Blattstiele; es können also auf diesem Wege dem Holze der als Reservestoffbehälter dienenden Wurzel direkt Nährstoffe von den Blättern zugeführt werden. Im Frühjahr können wiederum die Siebstränge des Holzes zum schnellen Fortschaffen der Reservestoffe aus dem mittleren, ebenfalls reichlich Reservestoffe speichernden Holze dienen. Es ist ferner auch für die Anlage der anormalen, sekundären Kambien in sehr dicken fleischigen Wurzeln zu vermuten, dafs sie wesentlich deshalb entstanden sind, weil es vorteilhaft für die betreffenden Pflanzen war, je nach Bedürfnis, d. h. je nach dem Grade der fortschreitenden Verdickung der Wurzel, neue Wege zur Zufuhr und Abfuhr der Reservestoffe anlegen zu können. Siebröhren und Tracheen gehen nur aus Meristemzellen hervor und diese müssen, wenn die Anlage von neuen Elementen ersterer Arten erfolgen soll, vorher in genügender Menge gebildet werden, während für die Vermehrung der Parenchymzellen die Anlage von Kambien nicht nötig ist.

Wo derartige Anomalieen in dünnen Wurzeln vorkommen, sind sie vielleicht mit den Eigenschaften der oberirdischen Achsen in Zusammenhang stehende Korrelationserscheinungen, wie ich es z. B. für *Aconitum Lycoctonum* annehme (Archiv der Pharmacie 1881, S. 14), oder sie sind vielleicht dort auch in manchen Fällen als jetzt zwecklose rudimentäre vererbte Eigenschaften zu betrachten.

3. Monographien wichtiger Wurzelrogen.

A) Wurzeln von normalem Monokotyledonen-Baue.

a) **Radix Sarsaparillae.**

Sarsaparillwurzel.

Litteratur.

Stammpflanze, Kultur und Einsammlung: Humboldt, Reise in die Äquinoktialgegenden des neuen Kontinentes III (Stuttgart 1800) S. 390. — Poeppig, Trimens Journ. of Botan. I (1872) 102. — Appun, Unter den Tropen I, 1871. S. 218. — Spruce, Journ. of Linn. Soc., Bot. IV, 1860, 185. — De Candolle, Monographiae Phanerogamarum, vol. I, 1878. — Schiede, Botanische Berichte aus Mexiko, Linnæa IV, 1829. S. 576. — Thomas, Histoire naturelle de quelques plantes médicinales du Mexique, Journal de Pharmacie et de Chimie. 1867, p. 258. — Hooker, Bot. Magaz. 1889, June, p. 7054 und Pharmac. Journ. and Transact. 1889, p. 989. — Flückiger and Hanbury, Pharmacographia, London, 1879, p. 704, 710 etc. — Handels-Bericht von Gehe & Co. in Dresden 1887, S. 32. — Flückiger, Pharmakognostische Umschau an der Pariser Ausstellung, Archiv der Pharmacie 214 (1879) S. 59. — Pereira, Elements of Materia medica II. (Part I, London 1855) 277—284. — Ferdinand Otten, Dragendorffs Jahresbericht 1876, S. 74. — Tschirch, Südamerikanische Ausstellung in Berlin, 1886. Pharmac. Zeitung (Springer) 1887, No. 17 u. 18. — Holmes, Pharmac. Journal and transact., 1886, p. 404.

Morphologie und Anatomie: Arthur Meyer, Über Smilax China L. und über die Sarsaparillwurzeln. Archiv der Pharmacie, 218 (1881) S. 272—290. — Schleiden, Archiv der Pharmacie 102, S. 25—64; ferner Botanische Pharmakognosie, 1857, S. 69 bis 81. — Collin, Journ. de Pharmac. publié par la société de pharmacie d'Anvers, Anvers, 1883, 39, p. 169. — Carpentier, Des Sarsapareilles Thèse de l'École de pharmacie de Paris 1869. — Van der Colme, Des Sarsapareilles, Thèse de la Faculté de médecine de Paris (1870).

Chemie: Pereira, Elements of Materia medica II, Part I. (1855) p. 286. — Palotta, Schweiggers Journ. Chem. Phys. 44, S. 147. — Marquis, Archiv der Pharmacie (3) 6. (1875) S. 331. — Otten, Dissertation. 1876. Dorpat. — Flückiger, Archiv der Pharmacie 210 (1877) 532. — Blakstone, Pharmac. Journ. Trans. (3) 481, p. 204.

Geschichte: Monardes, Simplicium medicamentorum historia. Ausgabe von Clusius Antverpiae 1593, p. 348.

Stammpflanze: Der Name der Stammpflanze ist für keine der im Handel vorkommenden Sarsaparillwurzelsorten mit Sicherheit bekannt. Man weiß nur sicher, daß alle Sarsaparillwurzeln von großen Arten der Gattung Smilax abstammen, welche zu der Unterabteilung der Liliaceen, zu den Smilaceen gehört. Nach dem verschiedenen anatomischen Baue der Wurzel der in den Handel kommenden Sarsaparillwurzeln sind wir genötigt anzunehmen, daß mindestens 4 Smilaxarten Sarsaparillwurzeln liefern. Die Honduras-Sarsaparille und die Veracruz-Sarsaparille des Handels stammen von zwei verschiedenen Smilax-Arten.

Verbreitung: Smilaxarten, welche die im Handel vorkommende Sarsaparillwurzel liefern könnten, finden sich in Mexiko, Centralamerika und

der Nordhälfte von Südamerika. Sie bevorzugen feuchtere Standorte und wachsen vorzüglich an den Ufern der Flüsse und Sümpfe.

Einsammlung und Kultur: Die Sarsaparille des Handels stammt fast ausschließlich von wild wachsenden Pflanzen ab. Nur auf Jamaika hat man die Pflanze zum Zwecke der Gewinnung der Drogen kultiviert; doch ist die Kultur ohne Bedeutung geblieben. Das Ausgraben der sehr langen, dünnen Wurzeln aus dem mit anderen Wurzeln durchsetzten Boden der schwer zugänglichen Standorte ist eine beschwerliche Arbeit. Man trocknet die gewaschenen Wurzeln teils an der Sonne, teils am Feuer. Am Feuer getrocknete Wurzeln erscheinen aufsen oft durch Einwirkung des Rauches dunkler gefärbt. Man findet die im Handel vorkommende Sarsaparille in sehr verschiedener Weise zusammengelegt. Die einfachste Zurichtung der Wurzel besteht darin, daß man von dem mit ausgegrabenen Rhizome nur die oberirdischen Achsen bis auf kurze Stümpfe abschneidet, die Wurzeln daran sitzen läßt und entweder nur gerade zusammenlegt und mit einigen Wurzeln zusammenwickelt (Verpackung a) oder sie der Länge nach mehrfach zusammenschlägt, entweder so, daß sie das Rhizom umhüllen (b) oder daß letzteres oben auf liegt (c). Eine sorgfältigere Verpackungsweise, die wahrscheinlich erst nach dem Trocknen vorgenommen wird, besteht darin, daß man das Rhizom entfernt, die Wurzeln mehrfach zusammenknickt, so daß ein Bündel entsteht, dessen Enden nur Knickstellen der Wurzel zeigt und dieses Bündel dann mit einigen kräftigen Wurzeln sorgfältig und fest umwindet (d). Eine wahrscheinlich meist erst an den Stapelplätzen der Droge hergestellte Form der Verpackung ist die, welche man die Verpackung in Puppen (e) nennt. Diese etwa 1 m langen, bis 10 kg schweren Puppen bestehen aus geraden, nicht umgebogenen Wurzeln, die zu einem in der Mitte dickeren Bündel zusammengelegt und sehr fest mit den Achsen von Schlinggewächsen umwunden sind. Für den Versand werden die Wurzeln in Häute eingnäht, so daß bis 150 kg schwere Ballen entstehen.

Morphologie der Sarsaparillwurzeln: Die Droge besteht also entweder aus dem Rhizome mit den daran sitzenden Nebenwurzeln oder aus den letzteren allein.

Die Wurzeln sind meist nicht völlig bis zur Spitze erhalten, dennoch oft bis 1 m lang und mit sehr dünnen, kurzen Wurzelzweigen mehr oder weniger reichlich besetzt. In Gebrauch werden zwar nur die Nebenwurzeln gezogen, da das Rhizom als unwirksam gilt, doch wird es immerhin zum Verständnis der Droge beitragen, wenn wir auch das Rhizom etwas näher ansehen.

Das Rhizom der officinellen Smilax-Arten ist ein wickelartig ausgebildetes Sympodium. Fig. 165 stellt das trockene Rhizom einer Honduras-Sarsaparille dar, von dem die Wurzeln abgeschnitten worden sind. Die Narben der abgeschnittenen Wurzeln sind in der Zeichnung durch die kleinen Kreise angedeutet. *o* ist das älteste Glied des Sympodiums,

welches schon an der lebenden Pflanze abgestorben und teilweise verwittert war. Mit 1, 2, 3 sind die successiven Glieder bezeichnet, welche

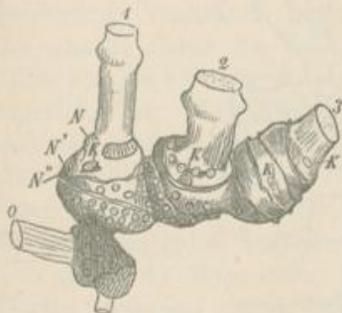


Fig. 165.

Rhizom einer Honduras-Sarsaparille, von welchem die Wurzeln abgeschnitten worden waren.

in die oberirdischen Stämme ausliefen, die durch Abschneiden entfernt worden waren. Am untersten Teile des mit 1 bezeichneten Gliedes erkennt man zwei Reihen von Wurzeln, welche aus zwei verkürzten Internodien entsprangen. Die Narbe N'' des dritten Scheidenblattes, aus dessen Achsel das mit 2 bezeichnete zweite Glied des Sympodiums hervorwuchs, ist schon deutlich zu sehen, dann folgt die Narbe eines vierten Scheidenblattes N' mit der Achselknospe K und schließlich das letzte Scheidenblatt N . In ähnlicher Weise sind die anderen der gezeichneten Rhizomglieder gebaut.

Man versteht ihren Wert leicht, wenn man das Schema Fig. 166 zur Interpretation der ersten Zeichnung benutzt, welches für das ganze Rhizom gilt. 1, 2, 3 bedeuten die analog benannten Stengelstücke der Fig. 165, a, b, c, d bezeichnen die successiven Scheidenblätter, so daß z. B. c des Rhizomgliedes 1 gleich N'' ist. k bezeichnet die in der Abbildung angedeuteten unentfalteten Achselknospen, welche in Fig. 165 mit K bezeichnet sind.

Anatomie der Sarsaparillwurzeln des Handels.

Die Wurzeln aller derjenigen Smilax-Arten, welche die verschiedenen Sarsaparillen liefern, sind nach einem übereinstimmenden Schema gebaut,

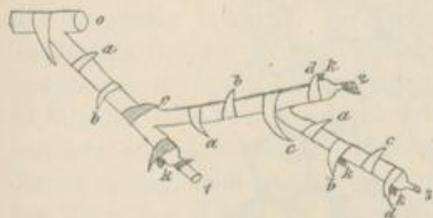


Fig. 166.

Schema für das in Fig. 165 abgebildete Rhizom der Honduras-Sarsaparille.

während es zahlreiche Smilax-Arten giebt, deren Wurzeln eine von dem Baue der Sarsaparillwurzeln sehr abweichende Anatomie besitzen.

Die Sarsaparillwurzeln besitzen im allgemeinen den typischen Bau einer polyarchen, vielstrahligen, Monokotyledonenwurzel. Der spezielle Bau ist der folgende.

Eine Epidermis aus fast kubischen, wenig in der Richtung der Längsachse der Wurzel gestreckten Zellen, die nach außen etwas gewölbt sind, umschließt das ganze Organ. Diese Epidermiszellen sind teilweise zu Wurzelhaaren ausgewachsen, welche jedoch bei der Droge meist abgerissen und abgerieben sind. Man sieht dann nur noch die basalen Teile der Haare und im Querschnitte die beiden Seitenwände der Zelle, wie es

in der Fig. 167, *e* und Fig. 168, 1, 2, *E* dargestellt ist. An die Epidermis schließt sich nach innen zu eine endodermartige Wurzelhypodermis

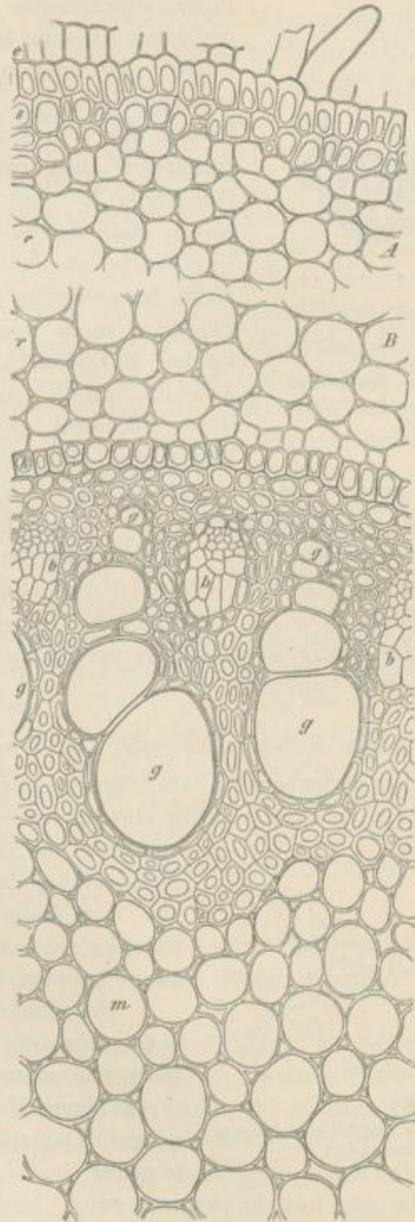


Fig. 167.

Querschnitt durch eine Honduraswurzel des Handels (mittlerer Teil des Rindenparenchyms weggelassen).

e Epidermis. *s* Hypodermis. *r* Rindenparenchym. *k* Endodermis. *g* Gefäße der Tracheenstränge. *b* Siebstränge. *m* Parenchym der Mitte des radialen Gefäßbündels.

Abbildung nach Luerssen.

an, welche aus 2–4 Lagen von Zellen besteht (Fig. 167, s; Fig. 168, 1 und 5, e). Diese Zellen sind etwa 6–8 mal so lang als breit, im Querschnitte viereckig bis sechseckig und mit mehr oder weniger stark und gleichmäßig verdickten, grob getüpfelten Wänden versehen. Auf dem Querschnitte durch die Zellen fällt in der gemeinsamen Wand zweier Zellen eine stark lichtbrechende mittlere Lamelle auf, welche in Fig. 168 1, k abgebildet ist. Diese Lamelle ist verkorkt und bleibt ungelöst, wenn man einen Querschnitt durch die Wurzel mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt, während die Verdickungsschichten, welche innerhalb dieser Korklamelle liegen, nur wenig verholzt sind und durch konzentrierte Schwefelsäure gelöst werden.

Auf diese Hypodermis folgt das mit gleichmäßigen Interzellularräumen versehene, mehr oder weniger Stärke führende Rindenparenchym (Fig. 167, r). Die Zellen dieses Parenchyms sind unverholzt, im Querschnitte rundlich und in der Richtung der Wurzelachse gestreckt (4–5 mal so lang als breit). Die Stärkekörner, welche das Rindenparenchym (sowie der centrale Teil des Gefäßbündels) enthält, sind meist aus 2–6 Teilkörnern zusammengesetzt.

In manchen Sorten der Handelsware sind die Stärkekörner durch die künstliche Erwärmung, welche die Wurzeln bei dem Trocknen durchgemacht haben, verkleistert. In verschiedener Häufigkeit kommen im Parenchym der Rinde Krystallschläuche vor, welche ein in eine Schleimmasse eingebettetes Raphidenbündel enthalten. Die einschichtige Endodermis (Fig. 167, k, Fig. 168, 7, E), welche das Rindenparenchym von dem radialen Gefäßbündel trennt, ist aus Elementen zusammengesetzt, welche im Baue denen der äußeren Hypodermis völlig gleichen und noch etwas mehr wie die der letzteren je nach der Species, welcher die Wurzel entstammt in der Art und Weise ihrer Verdickung zu variieren scheint. Das Nähere findet man unten bei der anatomischen Charakteristik der Handelssorten. Innerhalb der Endodermis verläuft das einzige radiale Gefäßbündel der Wurzel, welches den ganzen Raum innerhalb der Endodermis einnimmt. Dasselbe ist hochgradig polyarch, besitzt oft über 40 Strahlen. Die Tracheenstränge (*g–g*, Fig. 167; *T–T''''*, Fig. 168, 7) bestehen aus einer Gruppe engerer Tracheen, welche nach der Endodermis zu liegt und einer oder einigen weiteren Tracheen, welche nach der Mitte der Wurzel zu liegen und oft 2 Stränge zu einer v-förmigen Figur verbinden, zwischen deren Schenkeln der Siebröhrenstrang liegt. Die weiten Tracheen besitzen rechtwinklig zur Längsachse des Gefäßes gestellte, quer gestreckte Hoftüpfeln; die Zwischenwände der Tracheen stehen schräg und sind leiterförmig durchbrochen. Unter den peripherisch gelegenen kleineren Tracheen befinden sich einzelne Spiralgefäße (die Erstlingstracheen). Die im Querschnitte ein kurzes Oval bildenden Siebstränge (*b*, Fig. 167, S, Fig. 168, 7) bestehen ebenfalls aus engeren äußeren und weiteren inneren Elementen. Die Siebplatten der Siebröhren sind sehr schräg gestellt. An die Tracheen legt sich nun zuerst eine einfache

Schicht von Tracheiden (*t*, Fig. 168, 7) an, deren schräge Enden durch eine Membran mit großen runden Tüpfeln verschlossen sind, dann schliesslich 1—3 mm lange, stark verdickte Sklerenchymfasern (*sk*, Fig. 167, 7), welche den Raum zwischen den Tracheen und den Siebsträngen ausfüllen. Das Centrum des Gefäßcylinders wird von einem dicken Strange gestreckter, Stärke führender, verholzter Parenchymzellen (*m*, Fig. 167) eingenommen.

Handelssorten der Sarsaparillwurzel.

Im deutschen Handel unterscheidet man nur zwei Sorten von Sarsaparillwurzeln, Honduras-Sarsaparilla und Veraacruz-Sarsaparilla, die, wie es scheint, von unseren großen Drogenhäusern teilweise in Hamburg, hauptsächlich in New-York gekauft werden.

Als Honduras-Sarsaparilla kommt in verschiedenster Weise (meist nach Manier *a*, *b*, *c*) verpackte, meist gut gewaschene Ware in den Handel, die gewöhnlich aus Wurzeln mit sehr stärkereicher Rinde, deren Stärkekörner nicht verquollen sind, sogenannten „fetten“ Wurzeln besteht. Die Farbe der gewaschenen Wurzeln ist grau bis dunkelbraun. Die Droge erhält ihren Namen von Brit. Honduras, in dessen Hauptstadt Belize Wurzeln aus verschiedenen der sogleich zu nennenden Regionen zusammenströmen und von der Republik Honduras. Sie wird der Hauptsache nach wohl auf dem Festlande von Mittelamerika, hauptsächlich also in den Staaten Guatemala, Honduras und Nicaragua gesammelt.

Außer Belize sind direkte Sammel- und Ausfuhrplätze für die Ware Truxillo, St. Thomas, Realejo. Die anatomischen Eigentümlichkeiten der Wurzel sind weiter unten mitgeteilt.

Als Veraacruz-Sarsaparilla (Mexikanische Sarsaparilla, Tampico-Sarsaparilla) kommen schlecht gewaschene, meist mit dem Rhizome ver-

Erklärung der Fig. 168.

1. Epidermis *E*, Hypodermis *e* und Rindenparenchym *P* der Honduraswurzel. *k* Korklamelle der Hypodermiszellen.
 2. Die gleichen Teile aus der Peripherie einer von Schiede aus Mexiko gesandten Sarsaparillwurzel, über welche meine Abhandlung im Archiv der Pharmacie 1881 und Flückigers Pharmakognosie, Berlin 1882, S. 298 zu vergleichen sind.
 3. Rindenparenchym *P*, Endodermis *e*, Perikambium *pe* der Honduraswurzel. *k* Korklamelle, *H* verholzte Schicht der Membran der Endodermiszelle.
 4. Die gleichen Zellschichten aus der von Schiede gesandten mexikanischen Droge.
 5. Epidermis *E* und Hypodermis *e* und *H* einer typischen Veraacruzwurzel des Handels.
 6. Rindenparenchym *P*, Endodermis *E* und Perikambium *pe* einer typischen Veraacruzwurzel des Handels.
 7. Querschnitt durch den mittleren Teil der jungen Wurzel einer in Kew kultivierten, wahrscheinlich *Smilax ornata* Lemaire zu nennenden Sarsaparillpflanze, deren Wurzel mit derjenigen der Hondurasware und der Jamaica-Sarsaparilla übereinstimmt.
- P* Parenchym. *E* Endodermis. *S* Siebstrang. *T* und *t* Tracheen. *sk* Sklerenchymfasern.

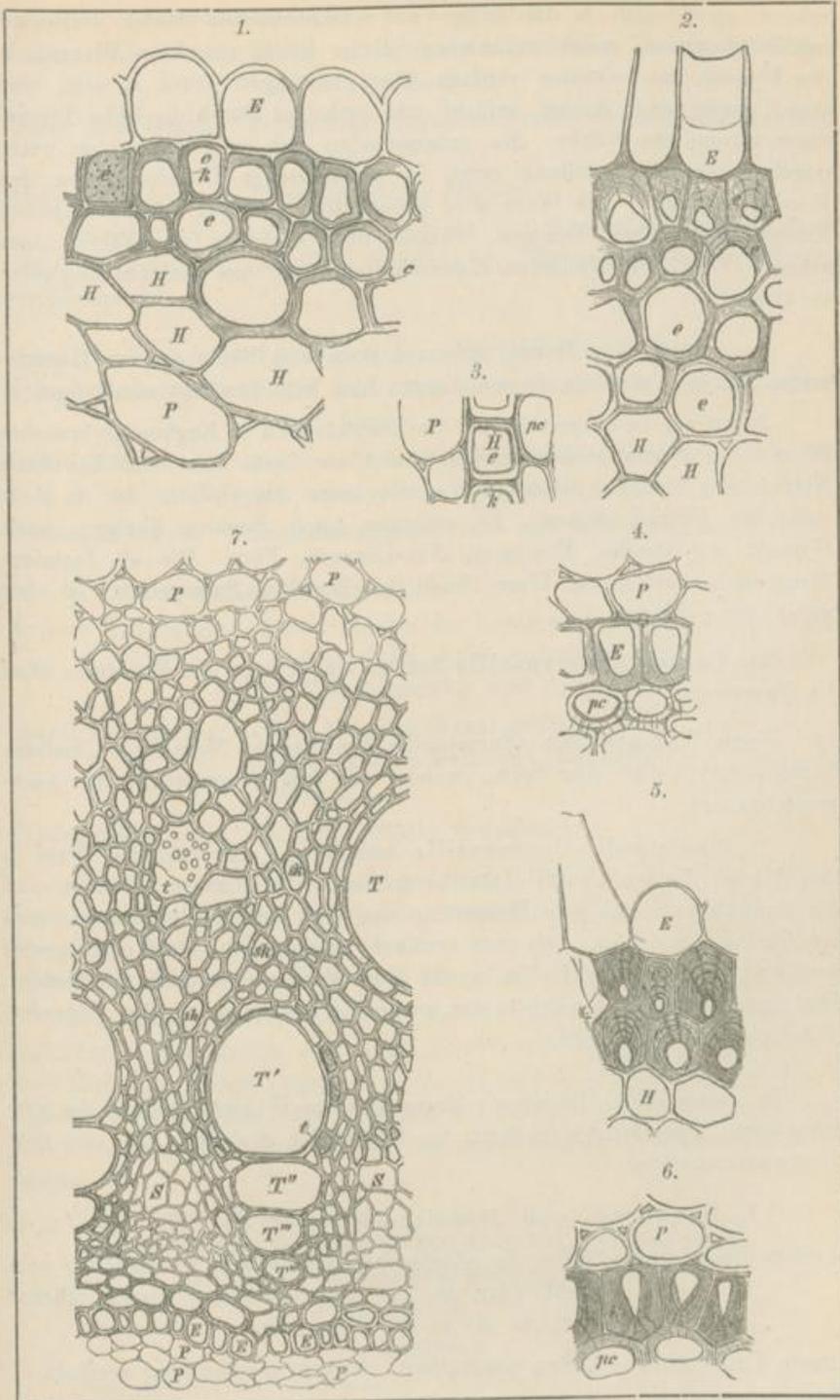


Fig. 168.

sehene, gewöhnlich in der früher mit *b* bezeichneten Manier verpackte, mit stärkearmer, meist zusammengefallener Rinde versehene Wurzeln in den Handel; sie scheinen vielfach über Feuer getrocknet zu sein, sind vom Rauche dann dunkel gefärbt und enthalten durch die hohe Temperatur verquollene Stärke. Sie unterscheiden sich, wie die weiter unten gegebene Zusammenstellung zeigt, in anatomischer Beziehung von den Honduraswurzeln. Die Ware wird größtenteils aus den ostmexikanischen Küstenländern über Tampico, Tuxpan und Veracruz ausgeführt, doch scheint Ware von ähnlichen Eigenschaften auch aus anderen Gegenden zu kommen.

Im europäischen Handel kommen noch eine Reihe anderer Handelsorten vor, von welchen die wichtigsten hier kurz erwähnt sein mögen.

Jamaica-Sarsaparilla ist die hauptsächlich in England gebrauchte Ware. Sie stammt wahrscheinlich meist aus Costa Rica und hat ihren Namen von Jamaica, dessen Häfen als erste Stapelplätze der in Rede stehenden Wurzel dienen. Es gelangen nach Jamaica übrigens auch Wurzeln aus Mexiko, Honduras, Neu-Granada, Peru. Die als Jamaica-Sarsaparilla bezeichnete Ware ähnelt der Honduras-Sarsaparilla, ist aber meist etwas dünner.

Als Caracas-Sarsaparilla kommt eine Droge aus Venezuela über La Guayra.

Para-Sarsaparilla (Sarsaparilla brasiliensis, Maranhao-Lissabon-Sarsaparilla) heißt eine Sorte, welche aus dem Stromgebiete des Amazonas stammt.

Als Guatemala-Sarsaparilla kommt eine eigentümliche Ware in den Handel, die aus Central-Amerika stammt. Die letzteren 4 Sorten sind für Deutschland ohne jede Bedeutung und sind uns nur interessant, weil ihr Vorkommen zeigt, daß, wie erwähnt, mindestens 4 Sarsaparillspecies existieren müssen, welche im stande sind, Sarsaparillwurzeln zu liefern. Die anatomischen Unterschiede der genannten Sorten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

In anatomischer Beziehung lassen sich die Wurzeln, welche die verschiedenen Handelssorten liefern, in 4 Gruppen einteilen, die sich wie folgt unterscheiden:

- I. Honduras- und Jamaica-Sarsaparille. Fig. 168, 1 u. 3.
- Äußere Endodermis: Zellen im allgemeinen quadratisch, gleichmäßig verdickt oder an der Außenseite nur wenig stärker verdickt als an der Innenseite.
- Innere Endodermis: Zellen quadratisch, ringsum gleichmäßig verdickt.
- Rindenparenchym: Zellen mätsige Mengen Stärke führend.

II. Caracas- und Para-Sarsaparille.

Äußere Endodermis: Zellen außen nur wenig stärker verdickt als innen, Lumen der Zelle rund.

Innere Endodermis: Zellen fast quadratisch, innen etwas stärker verdickt als außen.

Rindenparenchym: Reichlich Stärke führend.

Hier schließt sich die von Schiede aus Mexiko gebrachte Wurzel (Fig. 168, 2 u. 4) an, worüber Flückiger, Pharmakognosie (S. 298) zu vergleichen ist.

III. Veracruz-Sarsaparille. (Fig. 168, 5 u. 6.)

Äußere Endodermis: Zellen stark auf der äußeren Seite verdickt, relativ kleines Lumen.

Innere Endodermis: Zellen sehr stark auf der äußeren, sehr schwach auf der inneren Seite verdickt, ihr Lumen relativ klein.

Rindenparenchym: Zusammengefallen und sehr wenig Stärke führend.

IV. Guatemala-Sarsaparille.

Äußere Endodermis: Zellen wie bei der Veracruz-Sarsaparille, nur ist das Lumen relativ weit, und die Verdickungsschichten der Endodermiszellen sind rotbraun gefärbt.

Innere Endodermis: Wie bei der Veracruz-Sarsaparille, nur ist das Lumen relativ weit und die Farbe der Endodermis rotbraun.

Rindenparenchym: Reichlich Stärke enthaltend.

Chemie: Aus der Wurzel sind kleine Mengen (etwa 0,2 %) eines saponinartigen Körpers, das Parillin hergestellt worden. Pereira stellte aus 70 kg Sarsaparilla einige Tropfen eines im Geruch an Sarsaparilla erinnernden Öles durch Destillation der Wurzel mit Wasser dar.

Geschichte: Schon Pedro de Cieza de Leon, welcher zwischen 1532 und 1550 in Südamerika war, rühmt die Wurzel als Mittel gegen Syphilis. Der Name der Droge stammt von der spanischen Bezeichnung für die in Spanien vorkommende *Smilax aspera* L., welche dort Zarzaparilla heißt und wurde von den Spaniern auf die amerikanischen *Smilax*arten übertragen.

B) Wurzeln von anormalem Monokotyledonen-Baue.

b) **Tubera Salep.**

Salep.

Litteratur.

Stammpflanzen und Einsammlung: Tchihatcheff, Asie Mineure, Bot. II, 1860. — Jahresbericht von Petzold und Süß in Wien, Pharmazeutische Post 1890,

S. 23. — Heldreich, Nutzpflanzen Griechenlands, Athen 1862, 9. — Flückigers Archiv der Pharmacie 205 (1874) S. 53. — Bericht über die Wiener Ausstellung 1873.

Morphologie und Anatomie: Thilo Irmisch, Zur Morphologie der monokotyli-schen Knollen und Zwiebelgewächse, Berlin 1850; ferner Beiträge zur Biologie und Morphologie der Orchideen, Leipzig 1853. — Russow, Betrachtungen über Leitbündel und Grundgewebe 1875, S. 50. — J. Reinke, Zur Kenntnis des Rhizoms von Corallorhiza und Epipogon, Flora 1873. No. 10, pg. 212 u. 222. — Thilo Irmisch, Einige Beobachtungen an einheimischen Orchideen. Flora 1854. No. 33. — de Bary, Vergleichende Anatomie, pg. 377, 146 und 151. — A. B. Frank, Über die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime. Pringsheims Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. V. Band. 1866—67. p. 161. — Prillieux, Annales des Sciences naturelles IV, 1865, 265—289. — Johann E. Weifs, Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln. Flora 1880. pg. 118. — Arthur Meyer, Über die Knollen der einheimischen Orchideen. Archiv der Pharmacie 24. Bd. 1886. — Hartwig, Über die Schleimzellen der Salepknolle. Arch. d. Pharm. 1890. S. 563.

Chemie: Schmidt, Ann. Chem. Pharm. 51, S. 29. — Frank, Jahrb. wiss. Bot. V. Bd. — Arthur Meyer, Arch. d. Ph. 1886. — Giraud, Jahresb. d. Pharm. 1875, 209. — Dragendorff, Jahresb. d. Pharm. 1865.

Stammpflanze: Orchis mascula L., militaris L., fusca Jacquin, ustulata L., Morio L., Anacamptis pyramidalis Richard und andere Species aus der Abteilung der Ophrydeae der Familie der Orchidaceae.

Einsammlung: Die einfachen eiförmigen Knollen der oben genannten Ophrydeen (die größten Knollen besitzt militaris und fusca) werden in Deutschland, wo sie in den verschiedenen Gegenden in sehr wechselnder Häufigkeit vorzüglich auf Wiesen oder Rasenplätzen im Walde vorkommen, von den wildwachsenden Pflanzen gesammelt. Vorzüglich wird in Deutschland Salep im Rhöngebirge, im Taunus und im Odenwalde gegraben.

Der meiste in Europa gebrauchte Salep kommt jedoch aus Kleinasien, speziell über Smyrna und Konstantinopel. Ein kleinasiatischer Binnenplatz für Salep ist Tokat. Im Süden Kleinasiens sammelt man die Ware in Messina, Milas, Mingla, im Norden bei Kastamuni und Angora, von nicht genauer bekannten Erdorchideen.

Die ausgegrabenen Knollen werden abgewaschen, wohl auch abgerieben, um die schwach bräunliche Rinde zu entfernen, dann in Wasser gebrüht. Nicht selten reihen die Sammler die Knollen, vor dem Erhitzen in Wasser, auf Fäden. Das Erhitzen hat den Zweck die Pflanze zu töten, da dieselbe im lebenden Zustande, infolge ihres Schleimgehaltes nur sehr schwer trocknen würde. Man trocknet die Knollen dann an der Luft. Die handförmigen Knollen von Orchis latifolia L., maculata L. etc. werden nur selten gesammelt und liefern eine schlechtere Droge.

Morphologie: Die Droge besteht aus unten etwas spitz zulaufenden, oben, meist in einer Vertiefung, ein kleines Knöspchen tragenden Knollen der Orchispflanzen. Da die Stärkekörner durch das Kochen verquollen sind, so ist die Droge transparent, glashart und spröde. Die in Rede

stehenden Knollen besitzen ganz den gleichen morphologischen Wert wie die Aconitknollen. Die Knolle besteht aus einer verdickten Nebenwurzel, welcher das Endknöschen der Achse aufsitzt, in deren Gewebe die Nebenwurzel ursprünglich entstanden war. (Diese Thatsache findet in Fig. 169 C ihre Illustration.)

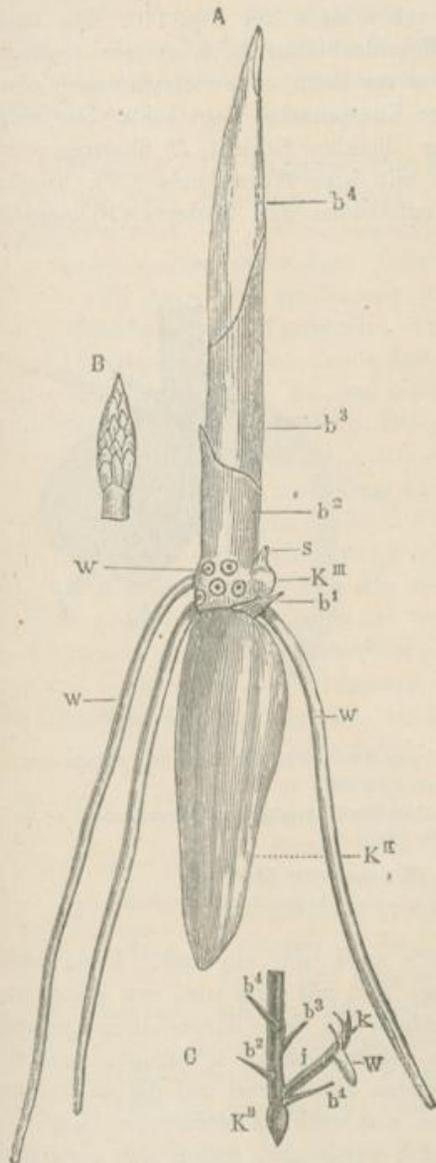


Fig. 169.

- A Skizze einer am 2./11. 84 geernteten Pflanze von *Orchis purpurea*, mit 4 Scheidenblättern und 5 Laubblättern.
 B Skizze des schon in der Knospe sitzenden jungen Blütenstandes.
 C Schema für die Anordnung der in A sichtb. Teile.

Arthur Meyer · Wissenschaftliche Drogenkunde.

Es liegen uns jedoch im Gegensatz zu *Tuber Aconiti* in der Droge nur Tochterknollen vor, da die Mutterknollen während der Entwicklung der Tochterknollen völlig ausgesogen werden und dann für die pharmazeutische Verwendung ganz unbrauchbar sind. Wir wollen nun einen Blick auf die Entwicklungsgeschichte der in der Pharmacie verwendeten Knollen werfen, und wählen als Beispiel die Knolle von *Orchis purpurea*. Nehmen wir eine Pflanze von *Orchis purpurea* anfangs November aus der Erde, so finden wir, daß sie aus einer noch saftigen Knolle (Fig. 169, K^{II}) besteht, welcher eine jetzt schon stark gestreckte Knospe (A) aufsitzt, aus deren Basis Wurzeln (W ; die Kreise stellen Narben abgeschnittener Wurzeln vor) hervorbrechen. Die äußeren Scheidenblätter der Knospe sind teilweise schon zerstört, nur etwa noch vier sind erhalten. In der Achsel des drittletzten Scheidenblattes (b^1) sitzt ein Knöschen (S), welches an seiner Basis eine Anschwellung (K^{III}) erkennen läßt, die in der Achse des Knöschens entstehende Nebenwurzel. Das Knöschen mit seiner Anschwellung ist die junge Knolle, deren Entwicklung wir verfolgen wollen. Durchschneiden wir die

junge Knolle (*S. K^{III}*) median, also der Länge nach, so sehen wir, was in Fig. 170 dargestellt ist. Das ganze Gebilde sitzt an der Achse der großen Knospe (Fig. 170, *A*) oberhalb des Scheidenblattes (*b'*, Fig. 170). Die Achse des Knöspchens reicht von *i* bis *a* der Fig. 170. Die Endknospe der kleinen Achse, deren Scheidenblätter (*s*, *b*, *u*) wir ebenfalls längs durchschnitten haben, ist etwas zur Seite oder vielmehr nach oben gewachsen; der Vegetationspunkt der Knospenachse liegt bei *v*. Der weiß gehaltene Teil *W*, welcher von der dunklen Schicht *H* überzogen erscheint, stellt die junge Wurzel dar mit ihrer Wurzelhaube (*H*). Sie ist innerhalb des Gewebes der Achse entstanden und letzteres (*P*) umgiebt

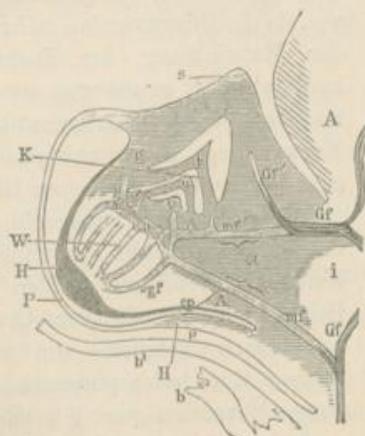


Fig. 170.

Fig. 170. Medianer Längsschnitt durch die junge Knolle *K^{III}* der Figur 169 A, 10fach vergr. Pflanze vom 2./II. 1884.

W Wurzel, *i* bis *a* Achse, *s* äußerstes Scheidenblatt des Knöspchens. *H* Wurzelhaube. *b'* Deckblatt des Knöspchens *K*.

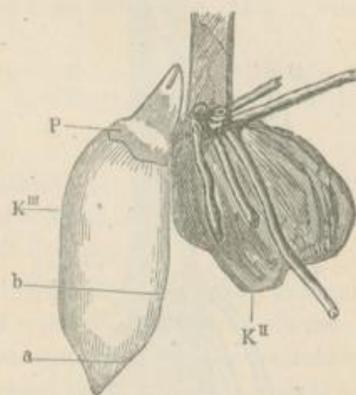


Fig. 171.

Fig. 171. Am 30. April 1885 gesammelte Knollen.

Die junge Knolle *K^{III}* hat in diesem Falle keinen Stiel entwickelt.

die Wurzelanlage auf der Vorderseite noch wie ein Sack. Diese sackartige Hülle (*P*) wächst noch längere Zeit mit und wird erst später von der Wurzel zerrissen und durchbrochen. In dem dargestellten Zustande ist das ganze Gebilde aus meristematischem Gewebe aufgebaut; auch die mit *vgf* bezeichneten Gefäßbündelanlagen der Wurzel und die mit *mf* bezeichneten der jungen Achse befinden sich noch im Meristemzustande.

Das kleine Knöllchen bildet sich weiter aus, indem sich vorzüglich die Wurzelanlage streckt und verdickt und das Gewebe der fast nur in die Breite wachsenden Achse durchbricht, das Knöspchen aber relativ langsam wächst und es schließlich nur zur Entwicklung einiger Scheidenblättchen bringt. Dabei treten selbstverständlich die Gefäßbündel der Achse und Wurzel, überhaupt das Gewebe dieser Teile nach und nach in den definitiven Zustand ein, bei der sich vergrößernden Wurzel zuerst in

der Nähe der Achse, zuletzt an der Spitze. Untersucht man dann eine Pflanze anfangs Mai, so findet man die Mutterknolle (Fig. 171, K'') ganz eingeschrumpft, unsere junge Knolle schon fast ausgebildet. Die Reste des von der Wurzel durchbrochenen Achsengewebes (P) lassen sich auf dem Gipfel der Knolle noch leicht auffinden. Bis Juni ist dann die Knolle völlig ausgewachsen und würde in diesem Zustande am besten einzusammeln sein.

Anatomie: Die ausgewachsene Knolle besteht also zum allergrößten Teile aus der verdickten Wurzel, auf deren Gipfel das ganz kleine Knöschen sitzt. Zu den Scheidenblättchen des Knöschens führen einige der Knospachse angehörige, teilweise anastomosierende Gefäßbündel, welche sich am Gipfel der Knospe flach ausbreiten, und an welche sich die Gefäßbündel des Wurzelteiles der Knolle anschließen. Stellen wir einen Querschnitt von der Knolle her, welcher nur einige Millimeter unter dem Gipfel entnommen ist, so haben wir schon den Durchschnitt des Wurzelteiles der Knolle vor uns. Bei genauer mikroskopischer Betrachtung dieses Querschnitts finden wir, daß die verdickte Wurzel noch umgeben ist von ihrer, teilweise noch Wurzelhaare tragenden Epidermis; daß darunter die sehr reducierte Rinde in Form einer einzigen Zellschicht liegt, und daß darauf eine Endodermis folgt. Innerhalb der Endodermis finden wir bei Monokotyledonen-Wurzeln von normalem Baue stets ein einziges radiales Gefäßbündel, welches aus wenigen oder, wie z. B. bei der Sarsaparillwurzel, zahlreichen miteinander abwechselnden Siebröhren- und Gefäßsträngen besteht. In dem Wurzelteile der Orchisknolle liegt aber innerhalb der Endodermis nicht nur ein radiales Gefäßbündel, sondern es liegen



Fig. 172.
Schema des Querschnittes der Knolle.

dort, eingelagert in Schleimzellen führendes, stärke-reiches Parenchym eine ganze Anzahl, ungefähr 30 radiale Gefäßbündel, welche meist in der Peripherie der Knolle verlaufen, teilweise auch auf dem mittleren Teile des Querschnittes aufzufinden sind. Jedes radiale Gefäßbündel besitzt dann auch noch einmal eine eigene Endodermis. In Fig. 172 bezeichnet die peripherische Linie den ganzen Rindenteil der Knolle; die Punkte deuten die Lage der radialen Gefäßbündel an. Die Verdickung der Wurzel kommt allein durch die mächtige Ausbildung des innerhalb der inneren Endodermis der Wurzel liegenden Gewebes zu stande, welches im normalen Falle zu dem radialen Gefäßbündel geworden sein würde.

Die Epidermis der Knolle besteht aus tafelförmigen, verkorkten Zellen. In Fig. 174, Ep sind dieselben im Querschnitte, in Fig. 173 von der Fläche gesehen dargestellt. Viele der Epidermiszellen sind zu Wurzelhaaren (H) ausgewachsen. Die Zellen der unter der Epidermis liegenden Parenchymschicht sind ebenfalls tafelförmig (Fig. 174, Pa). Die verkorkten Endodermiszellen (E , Fig. 174) zeigen auf ihren Radialwänden meist die für diese Zellform charakteristische Wellung der Membran.

Die äußerste Region der von der Endodermis umschlossenen, die zahlreichen Gefäßbündel führenden Gewebemasse besteht aus zusammengefallenem, stärkearmem Parenchym (*Pa'*, Fig. 174) und aus schleimzellen, welche relativ große Oxalatkrystalle enthalten. Das übrige Parenchym (*P*, Fig. 175) der in Rede stehenden Knollenregion ist mit meist eiförmigen Stärkekörnchen dicht gefüllt, dünnwandig, fein getüpfelt und fast isodiametrisch. In der Droge findet man selbstverständlich in diesen Zellen die Stärkekörner verquollen. Die ferner dort liegenden Schleimzellen (*S*, Fig. 175) sind sehr groß (0,2—0,7 mm). Sie zeigen in ihrer Anordnung insofern eine Beziehung zu den Gefäßbündeln, als auf dem

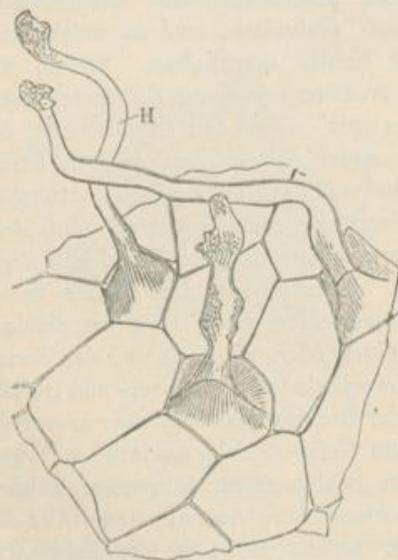


Fig. 173.

Fig. 173. Ein Stück von der Epidermis der Knolle.

H Wurzelhaare.

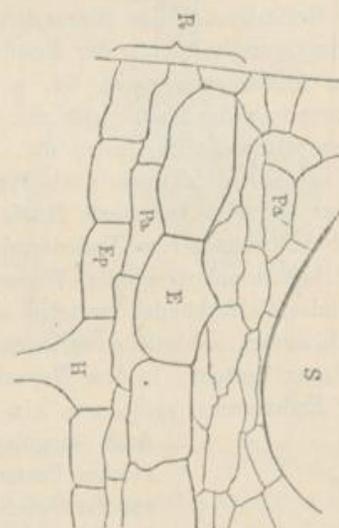


Fig. 174.

Fig. 174. Querschnitt durch die Rinde der ausgewachsenen Orchidknolle.

F Endodermis. Pa Rindenparenchym. Ep Epidermis. H Basis eines abgeschnittenen Haares.
120fach vergr.

Querschnitte der Knolle jedes Gefäßbündel von 5 bis 8 Schleimzellen strahlenartig umgeben erscheint. Die übrigen Schleimzellen sind dann ziemlich gleichmäßig über den Querschnitt verteilt.

Auf dem Querschnitte der Knolle erblickt man nicht gerade selten, daß sich zwei Schleimzellen mit breiter Wandfläche direkt berühren, und nur durch eine äußerst dünne Cellulosemembran geschieden sind; viel häufiger sieht man im Längsschnitt der Knolle Reihen von 2, 3, ja 6 Schleimzellen liegen. In Fig. 175 ist eine besonders lange Reihe abgebildet.

Die Leitbündel der Knolle besitzen alle im wesentlichen den Bau, welcher in Fig. 176 dargestellt ist.

Sie sind alle mehr oder weniger regelmäßig radial gebaut, mit 2 bis 4 Gefäß- (*g*, Fig. 176) und Siebsträngen (*S*, Fig. 176) versehen und von einer Endodermis (*E*, Fig. 176) umschlossen. Die Tracheen der Bündel sind einfache Spiral- oder Netzgefäße. Ein Stück der Endodermis (von der Fläche gesehen) ist in Fig. 177 abgebildet.

Die Schleimzellen besitzen dünne, sehr zart, punktförmig getüpfelte, aus reiner Cellulose bestehende Wände. Das Plasma der Schleimzelle

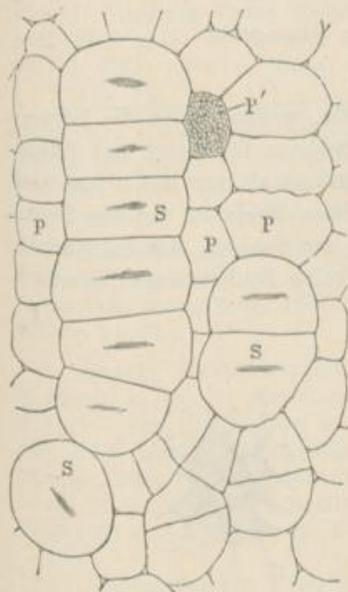


Fig. 175.

Fig. 175. Längsschnitt durch das Parenchym der Knollenmitte.
S Schleimzelle. *p'* mit Stärke erfüllte Parenchymzellen. *p* von der Stärke befreite Parenchymzellen.

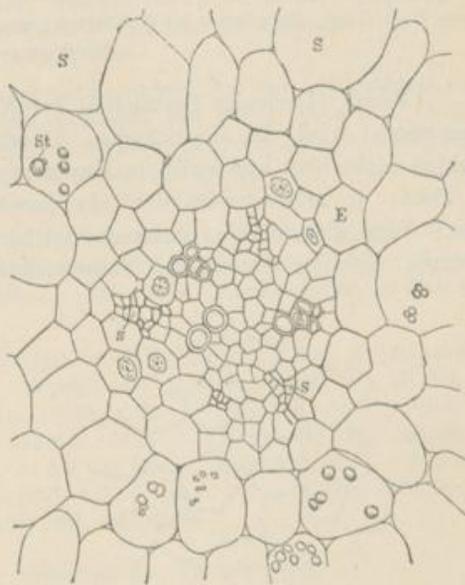


Fig. 176.

Fig. 176. Radiales Gefäßbündel der Knolle.
E Endodermis. *g* Gefäßstrang. *s* Siebröhrenstrang. *S* Schleimzelle.

bildet teilweise einen netzförmigen Wandbeleg (Fig. 178), in welchem auch die Reste des zerstörten Zellkernes (Fig. 179) liegen, teilweise liegt es als ein, eine kleine Höhlung umgebender Sack im Centrum der Schleimzelle, und zwischen dem äußeren Wandbeleg und der inneren Plasmamasse finden sich oft einzelne gröbere, hie und da Leukoplasten führende Stränge von Plasma angespannt. Der ganze Raum, welchen diese geringen Plasmamassen und die sehr kleine centrale Höhlung frei lassen, ist mit Schleim gefüllt. Der Schleim liegt also innerhalb des Plasmas und bildet nicht einen Teil der Zellwand (wie letzteres z. B. bei den Schleimzellen der

Althewurzel der Fall ist). Innerhalb des inneren Plasmasäckchens liegt ein kleines Bündel nadelförmiger Oxalatkristalle.

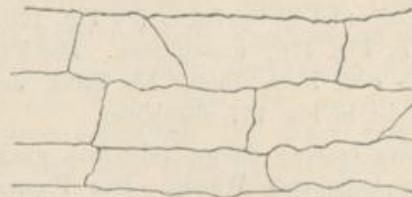


Fig. 177.

Endodermis der Gefäßbündel, von der Fläche gesehen.
180fach vergr.

Chemie: Derjenige Bestandteil der Knolle, wegen dessen die letztere angewendet wird, ist der Schleim. Dieser Schleim färbt sich mit Chlorzinkjod nicht blau und quillt in Kupferoxydammoniak nur auf, ohne sich zu lösen; er unterscheidet sich also durch diese Reaktion von der Cellulose. Vom Altheschleim unterscheidet sich der Schleim der Salepknolle dadurch, daß der letztere mit Salpetersäure keine Schleimsäure liefert.

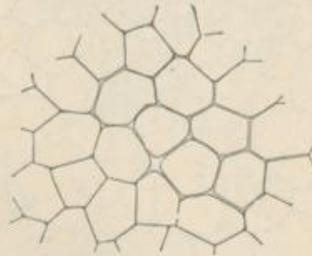


Fig. 178.

Fig. 178. Ein Stück des Plasmanetzes von der Wand einer großen Schleimzelle.
1000fach vergr.

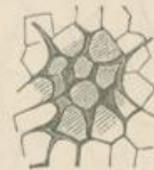


Fig. 179.

Fig. 179. Rest des Zellkerns aus einem Plasmanetze.

Der wässrige Auszug des Pulvers der gebrühten Knolle färbt sich mit Jod rötlich, weil etwas Amylodextrin in Lösung geht. Aus demselben Grunde färbt sich der konzentrierte Auszug violett mit Jod.

Geschichte: Schon Theophrast erwähnt die Salepknollen, jedoch nur als Nahrungsmittel. Die Bezeichnung Salep ist aus dem Arabischen abzuleiten; Chusjata ssalab (Hoden des Fuchses) nannten die arabischen Ärzte des Mittelalters die Orchideenknollen. In Deutschland ist ihr Gebrauch bis ins 15. Jahrhundert mit Sicherheit zurück zu verfolgen.

C. Wurzeln von normalem Dicotyledonen-Baue.

I. Wurzeln, bei denen die primären Geweberegionen erhalten sind.

o) **Radix Valerianae.**

Baldrianwurzel.

Literatur.

Kultur: Dr. Schwabe, Der Medicin-Kräuterbau in Thüringen, Pharmaz. Handelsblatt der Pharm. Zeitung, No. 64, 1876. — Handelsbericht von Gehe & Co. Dresden 1885, April, S. 40. — Flückiger and Hanbury, Pharmacographia 1879, London, S. 377.

Formenkreis der Stammpflanze: Tchihatcheff, l'Asie mineure 1856. — Regel, Tentamen Florae Ussuriensis, Memoire de l'Acad. de St. Pétersbourg IV, 1862, No. 4, p. 79. — Herder, Bulletin de la Soc. imp. des Naturalistes de Moscou, 1864, I, 229. — Beeby, Journal of Botany, 1888.

Morphologie: Irmisch, Beitrag zur Naturgeschichte der einheimischen Valeriana-Arten, insbesondere der Valeriana officinalis und dioica. Halle 1854. (Abb. d. Naturf. Ges. zu Halle, 1853, p. 18—49). — Chatin, Etudes botaniques, chimiques et médicales sur les Valérianees. Paris 1872, 14 planches gravées. — Höck, Beiträge zur Morphologie etc. der Valerianaceen, Engl. Bot. Jahrb. III, 1882.

Anatomie: Arthur Meyer, Illustriertes Lexikon der Verfälschung von Otto Dammer, Leipzig 1887, S. 80. — Zacharias, Über Sekretbehälter mit verkorkten Membranen, Botan. Zeitg. 1879, S. 635. — Schrenck, Americ. Journ. of Pharmacy 1887, p. 2 u. 61.

Chemie: Gerhardt, Ann. de Chim. et de Phys. (3) 7, p. 275. — Bonastre, J. Pharm. 12, 66. — Bruylants, Berichte der Deutsch. chem. Ges. 11, 452. — Pierlot, Ann. de Chim. et de Phys. (3) 56, p. 281. — Zeller, Studien über äth. Öle, 1850, Landau; Canstatt'scher Jahrb. 1855. — Schoonbrodt, Jahrb. f. Pharm. 1869, 17. — Flückiger, Archiv der Pharm., 209, 1876, 204. — Lindenberg, Pharm. Zeitschr. f. Rußland, 1886, S. 72; Pharm. Zeitg., Berlin, 1886, No. 23. — Bericht v. Schimmel & Co., Leipzig 1887, Okt. S. 45.

Stammpflanze: Valeriana officinalis L., Valerianaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Der Baldrian ist fast durch ganz Europa verbreitet, auch in Kleinasien, im Kaukasus und Südsibirien einheimisch. Die Pflanze wächst sowohl an trocknen Abhängen als an feuchten Gräben und hat je nach dem Standorte recht verschiedene morphologische Eigenschaften. Die Varietäten des Baldrian, von denen wohl eine oder die andere sich bei Kulturversuchen als konstant herausstellen würde, bedürfen noch einer genaueren Untersuchung.

Kultur: In der Kultur gedeiht die Pflanze sehr gut und liefert auch recht aromatische Wurzeln. Die größte Menge der in den deutschen Handel kommenden Baldriandroge stammt von kultivierten Pflanzen, geringere Mengen werden von wildwachsenden Pflanzen (z. B. im Harzgebirge) gewonnen. Größere Mengen des Baldrians baut man bei Cölleda in Thüringen. Man pflanzt ihn dort durch die vom Rhizome losgetrennten Ausläufer fort und setzt diese häufig zwischen Runkelrüben etc., baut ihn aber auch allein an. Die Pflanzen werden nach einem Jahre, im Herbste

ausgegraben, die Wurzelsysteme abgeschnitten, gewaschen, meist mit eisernen Kämmen von den feinen Wurzelzweigen befreit und entweder auf kurz geschnittenen Wiesen ausgebreitet oder, auf Fäden gereiht, hängend an der Luft getrocknet. Das Handelshaus Caesar & Loretz in Halle unterscheidet „wild gewachsene, kleinzöpfige Harzer Gebirgsware“, kultivierte Harzer Ware, kultivierte Thüringer Ware. Die Preise dieser drei Waren stellen sich bei Caesar & Loretz 1889 wie 220:135:90. Gehe führt in seinem Handelsberichte einen „braunen holländischen Baldrian“ an.

In England wird der Baldrian in der Nähe von Chesterfield in Derbyshire gezogen, in den Vereinigten Staaten in New-Hampshire, Vermont und New-York.

Morphologie: Die Droge besteht, wenn sie, wie es meist der Fall ist, von kultivierten Pflanzen stammt, aus höchstens 5 cm langen und 3 cm dicken, unten mehr oder weniger spitz zulaufenden Rhizomen, welche auf ihrem Gipfel die Endknospe des Rhizomes, seitlich meist mehrere beblätterte, kurze Rhizomzweige tragen und mit zahlreichen Nebenwurzeln besetzt sind. Längere Rhizomstücke finden sich niemals, da die Rhizome, auch wenn sie mehrere Jahre alt werden, nicht an Länge zunehmen, vielmehr ganz regelmäßig jedes Jahr ein bestimmtes Stück ihres Hinterendes abstirbt und abgestoßen wird.

Von den größeren entwickelten Blättern der offenen Knospe der Hauptachse des Rhizomes ist in der Droge meist nur der Blattstiel mit der verbreiterten Blattbasis vorhanden; die Spreiten sind abgeschnitten, die jüngeren Blättchen im Centrum der Knospe aber meist noch erhalten. Die meist regelmäßig zweizeilig alternierend angeordneten Blätter stehen dicht gedrängt am Rhizome, so daß dessen Internodien also in der Regel sehr kurz sind. Blattnarben sind am unteren Teile des Rhizomes meist nicht zu erkennen, da sie durch die äußerst zahlreichen, das Rhizom durchbrechenden Wurzeln zerstört und undeutlich werden. Die in den Achseln der zweizeilig alternierenden Blätter entspringenden Rhizomzweige besitzen entweder kurze Internodien oder lange, und dann sind sie zu mit kleinen Scheidenblättern besetzten Ausläufern geworden. Ausläufer finden sich an der kultivierten Droge nicht, weil sie abgeschnitten werden, um zur Vermehrung der Pflanzen zu dienen. Die Nebenwurzeln stehen oft ganz regelmäßig am Rhizome und zwar je eine rechts und links von der Mediane eines jeden Blattes; doch wird die regelmäßig vierzeilige Anordnung der Wurzeln nicht selten durch überzählig hinzukommende Wurzeln gestört. Die Nebenwurzeln zeichnen sich durch ihre schlanke Gestalt und gleichmäßige Dicke aus; sie sind durchschnittlich 20 cm lang und 2 mm dick und mit zahlreichen dünnen Zweigen besetzt.

An der Droge, welche von wild wachsenden Pflanzen stammt, findet man nicht selten die Rhizome und ihre Zweige mit den Resten der terminalen Blütenachsen und auch mit langen, dünnen, mit Scheidenblättern

besetzten und häufig mit einer noch von Scheidenblättern umhüllten Knospe endigenden Ausläufern versehen.

Anatomie des Rhizomes.

Lupe: Die Querschnittfläche des harten und spröden Rhizomes der Droge erscheint hornartig glänzend und dunkelbraun; die Zeichnung derselben ist ziemlich unregelmäßig. Die Mitte der Querschnittfläche wird von einem sehr dicken, relativ dunkel gefärbten Marke (*M*, Fig. 180) eingenommen. Der übrige, Gefäße führende Teil des Holzes ist durch die

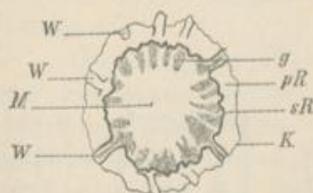


Fig. 180.

Schema der Querschnittfläche des Rhizomes der Radix Valerianae.

K Periderm. *pR* Außenrinde.
W Wurzelspur. *sR* Endodermartige
Cylinderscheide, sekundäre Rinde
und Kambium. *g* Holzstränge.
M Mark.

Wenig vorgegr.

heller gefärbten, aus Radialreihen von Gefäßen gebildeten Holzstränge (*g*) charakterisiert, welche in der Peripherie des Holzes in einer schmalen Zone liegen. Außerhalb dieser Zone verläuft eine unregelmäßig gebogene, dunkle, dünne Linie (*sR*), welche aus dem Kambium, der dünnen sekundären Rinde, dem inneren Teile der primären Rinde und einer außerhalb derselben liegenden einschichtigen endodermartigen Cylinderscheide besteht. Außerhalb des dunklen Streifens liegt die von einer Korkschiebt (*K*) bedeckte Außenrinde (*pR*). Die primäre und die sekundäre Rinde werden von zahlreichen Wurzeln (*W*) quer durchbrochen, deren Vorhandensein die Unregelmäßigkeit

des Bildes des Querschnittes wesentlich bedingt. Im Längsschnitte erkennt man im Marke entweder quere dunklere Streifen, welche den Knoten der Internodien entsprechen und zwischen sich das lockere und hellere Gewebe der Internodialteile des Markes lassen, oder man findet das lockere Gewebe auch zerrissen, so daß Fächerung des Rhizomes eintritt.

Anatomie der Nebenwurzeln.

Mikroskop: Die Nebenwurzeln des Baldrianrhizomes werden kaum älter als ein Jahr und besitzen ein sehr geringes sekundäres Dickenwachstum, welchem die primäre Rinde stets folgt. Man findet deshalb an den Wurzeln der Droge überall noch alle vom primären Baue herührenden anatomischen Teile der Wurzel, an den dünneren, meist noch erhaltenen Spitzen der Wurzeln den primären Bau allein.

Die Wurzeln sind di- bis heptarch, meist tetrarch, besitzen also in der Nähe ihrer Spitze ein 2- bis 7-strahliges Gefäßbündel, dessen primäre Gefäßstränge häufig ein ziemlich breites centrales Parenchym frei lassen. Ein einschichtiges Perikambium liegt außerhalb der Stränge des Leitbündels.

Die primäre Rinde ist meist dicker als der Durchmesser des Gefäßbündels. Sie besteht aus stärkehaltigem, mehr oder weniger längsge-

strecktem Parenchym. Eine relativ grofzzellige, völlig verkorkte, Öltropfen führende Hypodermis (Fig. 53; *E*, Fig. 181; *b*, Fig. 182) und eine kleinzelligere Epidermis (*Ep*, Fig. 181; *a*, Fig. 182) schliessen die Wurzel ausen ab. Die Hypodermis enthält zerstreute, unverkorkte Kurzzellen, welche keine Öltropfen, überhaupt einen anderen Inhalt führen als die längeren

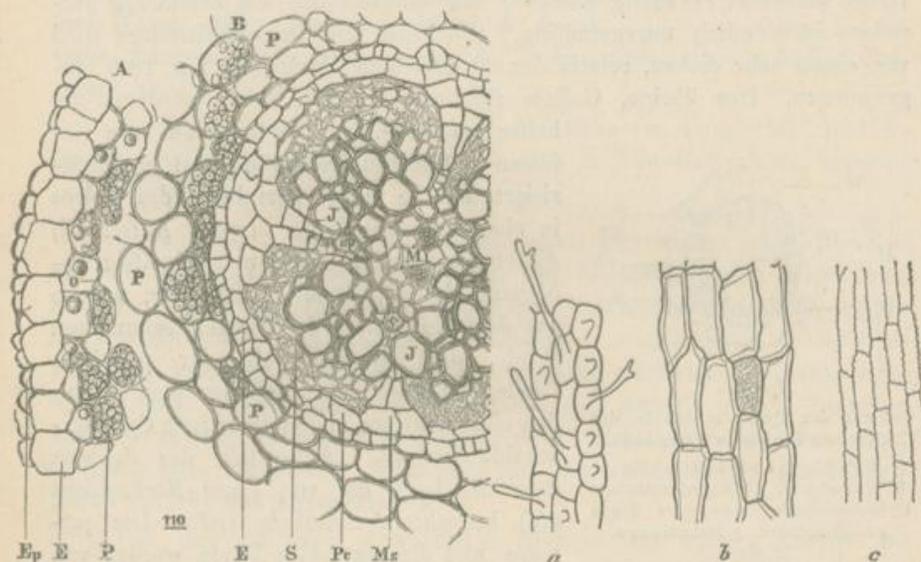


Fig. 181.

Fig. 182.

Querschnitt der Wurzel von *Valeriana officinalis* L.

M Marks. *J* Gefäße des sekundären Holzes. *Ms* Hauptmarkstrahl. *S* Siebstränge, primäre und sekundäre. *E'* Endodermis. *P* Rindenparenchym, innerstes und äußerstes. *O* Öltropfen.
E Hypodermis. *Ep* Epidermis.

110fach vergr.

Fig. 182. *a* Epidermis, *b* Hypodermis, *c* Endodermis der Wurzel von *Valeriana officinalis* L., mit Schwefelsäure isoliert und von der Fläche gesehen.

100fach vergr.

Zellen. Die Epidermiszellen (*a*, Fig. 182) sind mit kürzeren oder längeren Wurzelhaaren versehen. Das radiale Gefäßbündel ist umgeben von einer einfachen, dünnwandigen, bald ringsum verkorkten Endodermis (*E'*, Fig. 181; *c*, Fig. 182).

Im oberen Teil der Wurzel findet man nicht selten Partien, in welchen die Anlage des Kambiums zu sehen ist und schließlich solche, in denen sekundäres Holz und sekundäre Rinde angelegt worden sind (Fig. 181). In diesen Regionen sind die primären Gefäßstränge, eine deren Anzahl entsprechende Anzahl von Hauptmarkstrahlen (*Ms*, Fig. 181), die sekundären Holz- und Rindenstränge leicht aufzufinden. Eine wesentliche Veränderung im Baue der primären Rinde findet dabei nicht statt.

Die Gefäße der Wurzel sind mit quergestellten, spaltenförmigen Tüpfeln und kreisförmig durchbrochenen Zwischenwänden versehen. Das

centrale Parenchym ist kleinzellig, gestreckt. Als Inhalt führen, wie schon gesagt, alle Parenchymzellen Stärke. Die dicht an die Hypodermis grenzenden Parenchymzellen enthalten auch etwas ätherisches Öl, welches also hier nicht in besonderen Sekretbehältern liegt.

Chemie: Die wirksamen Substanzen der Baldrianwurzel lassen sich durch Destillation der Wurzel mit Wasser gewinnen. Die Droge liefert höchstens 1 % ätherisches Öl. In diesem Gemische sind nachgewiesen Baldriansäure, etwas Essigsäure und Ameisensäure, ein Terpen, ein flüssiger Alkohol ($C^{10}H^{16}O$), ein fester Alkohol (Borneol). Die mit den Wasserdämpfen übergehende Baldriansäure kann über 0,4 % der Droge betragen.

Das ätherische Öl ist sicher der Hauptsache nach identisch mit den Substanzen, welche in Form von Öltröpfen in den Hypodermiszellen der Wurzel liegen. Davon, daß in anderen Elementen des Wurzelgewebes keine größeren Mengen riechender und scharfer Stoffe enthalten sind, kann man sich leicht überzeugen, wenn man von einer frischen, kräftigen Wurzel die Epidermis und Hypodermis abschält und diese, sowie den geschälten Teil der Wurzel gesondert kostet.

a) *Tubera Aconiti.*

Eisenhutknollen, Aconitknollen.

Litteratur.

Kultur und Einsammlung: Holmes, Pharm. Journ. Transact. 1889, Aug. 17, p. 122. — Squire, Pharm. Journ. Transact. 1889, p. 645 (Krit. Referat: Husemann, Pharmakognostische Berichte aus dem Auslande III; Pharm. Ztg. 1889, No. 22).

Botanisches: Th. Irmisch, Über Keimung und Knospenbildung des Aconitum Napellus. Zeitschrift für die gesamten Naturwissenschaften, h. v. d. Naturwissensch. Vereine für Sachsen und Thüringen, in Halle 1854, Sep. pg. 181. — Charles Patrouillard, Tèse des Aconits et de l'Aconitine, Paris 1872. — Arthur Meyer, Über Aconitum Napellus L. und seine wichtigsten nächsten Verwandten; Archiv der Pharmacie 219. Bd. 3. Heft, 1881. — Labordes et Duquesnel, Des Aconits et de l'Aconitine. Avec 4 planches, Paris, Masson, 1883. — Richards and Rogers, Pharm. Journ. Transact. 1889, May 11, p. 913. — J. Schrenk, Pharm. Zeitung, Berlin 1887, No. 41. — Errera, Premières recherches sur la localisation et la signification des Alcaloïdes dans les plantes, Bruxelles, 1887, Henri Lamertin, pg. 15. — H. Hartleb, Aconitum Stoerkeanum Rehb., sein Vorkommen und seine Natur, Halle 1885, H. Petersen. — Theoria, Justs Botan. Jahresb., 1886, S. 106.

Chemie: Frisch, N. Jahrb. Pharm. 23, 140. — Procter, Jahrb. Pharm. 23, 37. — Hottot, Journ. Pharm. 2 (45), 169 u. 304. — Hottot et Liégeois, Journ. Pharm. 2 (49), 130. — Wright and Luff, Journ. chem. soc. 33, p. 151 u. 318, 35, p. 387. — Jürgens, Pharm. Zeitg. für Rufsland 1885, No. 46–50 (auch Dissertation, Dorpat 1885). Mandelin, Archiv für Pharmacie (3) 23, S. 97.

Stammpflanze: Aconitum Napellus, Ranunculaceae. (Aconitum Stoerkeanum Reichenbach und variegatum L. können eine ganz gleiche Droge liefern.)

Verbreitung der Stammpflanze: Aconitum Napellus wächst in den höheren Gebirgen der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel und steigt dort sehr hoch hinauf, in den Alpen z. B. bis 2000 m, im Himalaya bis ungefähr 5000 m ü. d. M.

Einsammlung: Die Aconitknollen werden für den deutschen Bedarf nur von wild wachsenden Pflanzen gesammelt. Man gräbt die ganze Pflanze aus, wäscht die Erde ab, entfernt die oberirdischen Stengel durch Abschneiden und trocknet die ganzen unterirdischen Teile an der Luft. Man sammelt die Droge im Juli und August, also zur Blütezeit, wie mit Sicherheit aus der Beschaffenheit der Droge hervorgeht. Unzweifelhaft ist der Herbst die beste Sammelzeit für die Droge, doch sollten zweckmäßigerweise nur die mit der Knospe versehenen Tochterknollen benutzt werden, während die mehr oder weniger ausgesogenen Mutterknollen verworfen werden müssen, wenn eine stets gleichmäßig wirkende Droge erhalten werden soll.

In England, wo Aconitum Napellus nicht mehr wild vorkommt, kultiviert man kleine Mengen der Pflanze in Cambridgeshire, hauptsächlich der Blätter, doch auch der Knolle wegen. Wo das ebenfalls blau blühende Aconitum variegatum vorkommt, welches nicht so hoch aufsteigt, wird wohl auch die Knolle dieser Art gesammelt werden, die sich weder morphologisch noch anatomisch unterscheidet von der, von der Pharmakopoe verlangten Knolle von A. Napellus.

Morphologie: Die vollkommenen Exemplare der Droge bestehen gewöhnlich aus zwei, selten aus drei rübenförmigen, in eine längere oder kürzere Spitze auslaufenden, mit Seitenwurzeln versehenen Knollen; meist sind die zwei zu einander gehörenden verschiedenen Knollen jedoch beim Trocknen und Verpacken der Droge voneinander getrennt worden. Unsere Fig. 182a, welche ein solches vollkommenes, relativ junges Knollensystem nach dem frischen Zustande gezeichnet darstellt, kann uns zur Orientierung über die wichtigsten Teile der Droge dienen.

Eine der zwei Knollen, welche die vollkommene Droge zusammensetzen, trägt auf ihrem Gipfel ein kürzeres oder längeres Stück der im übrigen abgeschnittenen oberirdischen Achse, welche Laubblätter und Blüten trug. Dieses Achsenstück ist nicht selten hohl, kantig, längsgestreckt und zeigt, wenn es lang genug ist, eine oder einige Blattnarben. Die Knolle selbst ist häufig, vorzüglich wenn die Droge etwas spät gesammelt wurde, hohl oder porös. Es ist die ältere, durch die Erzeugung des Blütenstengels und der jungen Knolle teilweise erschöpfte Knolle, welche mit dem Blütenstengel im Winter völlig abgestorben sein würde, wenn sie nicht eingesammelt worden wäre; wir wollen sie die Mutterknolle nennen.

Durch einen kürzeren oder längeren, oft sehr kurzen Stiel (a, Fig. 182a) ist mit ihr eine massive, in der Droge weniger runzelige Knolle verbunden, welche wir als Tochterknolle bezeichnen. Diese Tochter-

knolle trägt auf ihrem Gipfel eine Knospe (*K*), deren Scheidenblätter an der lebenden Pflanze weiß, in der Droge braun oder schwarz aussehen und meist gut erhalten sind. Diese Knospe würde mit der Tochterknolle

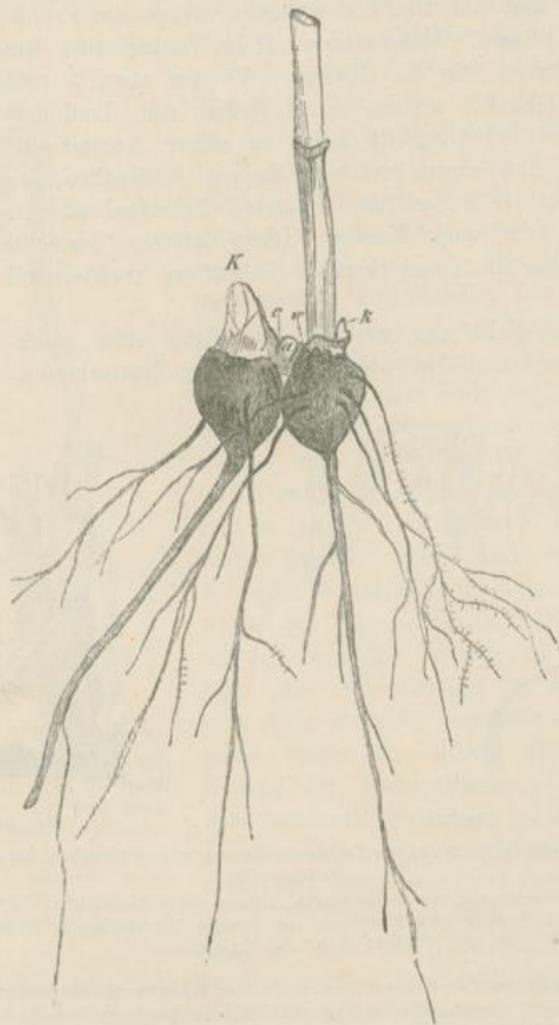


Fig. 182 a.

Knollen einer noch nicht blühenden, zweijährigen Pflanze von *Aconitum Napellus*.
(Gesammelt im September.)
Natürliche Größe.

überwintert worden und im nächsten Frühjahre zur neuen oberirdischen Achse ausgewachsen sein, wenn die Pflanze am Leben geblieben wäre. An beiden Knollen findet man dünne Seitenwurzeln, die man als Zweige der Knolle bezeichnen darf.

Um uns über die morphologische Natur der Knollen völlig klar zu werden, wollen wir die Entwicklungsgeschichte derselben betrachten. Wenn die Teile der Pflanze, welche unsere Droge bilden, weiter den Winter über im Boden gelegen hätten, so würde also die Mutterknolle abgestorben, und nur die Tochterknolle würde im Frühjahr zu neuem Leben erwacht sein. Untersuchen wir im Januar eine derartige lebende Knolle, so finden wir die Knospe (*K*) aus etwa 5 weissen Scheidenblättern bestehend, welche eine Reihe von Laubblattanlagen umhüllen. Jedes Scheidenblatt trägt in seiner Achsel ein ganz kleines Knöspchen. Aus einem solchen kleinen Knöspchen, und zwar dem Knöspchen in der Achsel des innersten Scheidenblattes der Knospe *K*, entsteht nun die neue Knolle. Diese letztere bezeichnen wir jetzt wiederum besser als Tochterknolle, die frühere Tochterknolle als Mutterknolle.

Fig. 183 giebt uns nun die Abbildung eines stark vergrößerten Längsschnittes durch den oberen Teil dieser Mutterknolle, welche nach

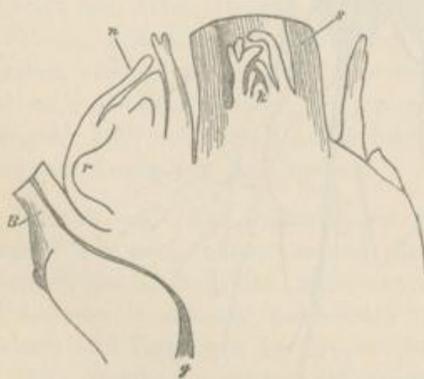


Fig. 183.

Fig. 183. Medianschnitt durch das zur Tochterknolle werdende Knöspchen und die Spitze seiner Mutterknolle.

B Basis des Scheidenblattes der Mutterknolle. *s* Basis eines Laubblattes. *v* Nebenwurzel des Knöspchens, welche später den Hauptteil der fertigen Tochterknolle bildet. *n* äusserstes Scheidenblatt des Knöspchens.



Fig. 184.

Fig. 184. Ein etwas älteres Knöspchen (*k-w*) mit seiner Nebenwurzel, welches zur Tochterknolle heranwächst, an dem oberen Teil der Mutterknolle (*Ka*) sitzend. Es hat das Scheidenblatt, in dessen Achse es entstand, durchbrochen und ist durch den Riss (*S*) ausgetreten. *L* Basen der abgeschnittenen Laubblätter.

der im März ausgegrabenen Pflanze hergestellt ist. Dort bezeichnet *k* die Laubblattanlagen, *s* ein Stückchen einer Laubblattscheide eines der Laubblätter, welche sich jetzt aus den Anlagen der Endknospe der Mutterknolle (*K*, Fig. 182a) zu entwickeln beginnen. *B* ist die Basis des innersten, hier abgeschnittenen Scheidenblattes, in dessen Achsel das kleine Knöspchen, die Anlage der neuen Tochterknolle, sitzt. Diese hat schon einige Scheidenblättchen erzeugt (*n*) und läßt in ihrem Gewebe die

erste Anlage einer Nebenwurzel (r) erkennen. Die Achse des stark an-schwellenden Knöspchens streckt sich nun etwas und durchbricht die Basis des Scheidenblattes der Mutterknolle, wie es in Fig. 184 in natürlicher Größe dargestellt ist. Dort sind L die Basen der nun schon groß ge-wordenen Laubblätter, k das Knöspchen, welches zu der Tochterknolle wird, w die während der Zeit größer gewordene Neben-wurzel (r , Fig. 183), welche das Gewebe der Achse des Knöspchens durchbrochen hat.



Fig. 185.

Weiter in der Entwicklung fortge-schrittene Tochterknolle, an einem Stück der unten und oben abge-schnittenen Mutterknolle sitzend.

r Nebenwurzel des Knöspchens.
 n Spitze des Knöspchens, s ein Scheidenblatt desselben. w , L , m Teile der Mutterknolle.

In Fig. 185 erscheint diese, jetzt senkrecht abwärts wachsende Wurzel (r) länger ge-worden, und das Knöspchen (n und s) etwas stärker angeschwollen. Mit K ist die ab-geschnittene Mutterknolle, mit L die Basis der Laubblätter und der Stumpf der abge-schnittenen oberirdischen Achse bezeichnet.

Jetzt sind alle Teile der Tochterknolle angelegt. Die Nebenwurzel (r , Fig. 185) wächst nun an der Spitze zum schlanken (oft 30 cm langen) Knollenende aus, während sich ihr oberer Teil, indem er zugleich zahl-reiche Zweige treibt, stark verdickt. Der verdickte Wurzelteil bildet dann die Haupt-masse der Tochterknolle. Die Knospe (n und s , Fig. 185) bildet sich weiter aus, folgt der Verbreiterung der Wurzel, stellt sich völlig aufrecht und scheint dann deren obere Spitze zu bilden. Die kurze, zur Knospe der Tochterknolle gehörige Achse wird zum seitlichen Stiele (a , Fig. 182a) der Knolle, indem sie sich relativ wenig ver-dickt und vergrößert. Im Juli oder August ist die Tochterknolle völlig ausgebildet. Da-nach ist also die Tochterknolle eine kurze

Achse mit einer von Scheidenblättern und Laubblattanlagen gebildeten Endknospe, deren einzige (aus der Achse hervorgebrochene) Nebenwurzel sich knollig verdickt hat. Die verbreiterte Endknospe der wesentlich horizontal wachsenden Achse ist senkrecht aufwärts, die Nebenwurzel ist senkrecht abwärts gewachsen, so daß die Wachstumsachse beider schließ-lich zusammenfiel, und die breite niedrige Knospe nun das obere Ende der Wurzelknollen bildet.

Anatomie.

Lupe: Die Querschnittfläche der Tochterknolle, welche letztere man also leicht an ihrer großen Knospe erkennen kann, ist, wenn die Droge

frisch und gut getrocknet vorliegt, fast ganz weiß, meist aber, vorzüglich im äußeren Teile, grau.

Obleich die Knolle eine verdickte Dikotyledonen-Wurzel ist, besitzt dieselbe doch in ähnlicher Weise wie die Baldrianwurzel außer der Epidermis noch alle morphologischen Bestandteile der im primären Zustande befindlichen Dikotyledonen-Wurzeln, und wir können diese auch noch an der Droge erkennen.

Die äußerste, dünne dunkle Schicht (*R*, Fig. 186), welche der Knollenquerschnitt zeigt, ist die trotz der Verdickung der Wurzel nicht abgestoßene primäre Rinde, welche sich zusammensetzt aus der Epidermis (*m*), dem primären Rindenparenchym und der Endodermis (*E*). Die breite,

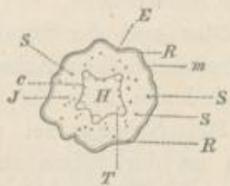


Fig. 186.

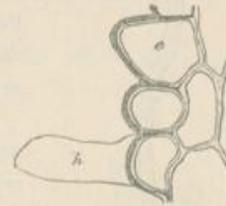


Fig. 187.

Fig. 186. Querschnittsfläche der Droge (Tochterknolle).

m Epidermis. *R* Primäre Rinde. *J* Sekundäre Rinde, darin *s* Siebröhrenstränge. *c* Kambium. *H* Holz der Wurzel, darin *T* Tracheenstränge.

Fig. 187. Querschnitt durch die Epidermiszellen einer 1 mm starken Seitenwurzel.
e Epidermiszellen. *h* junges Wurzelhaar.

weiße Zone, welche zwischen der primären Rinde und dem sternförmigen Kambium (*c*) liegt, ist die sekundäre Rinde, in welcher man vereinzelt dunkle Pünktchen erkennt, die Querschnitte der Siebröhrenstränge. Der ganze innerhalb des Kambiums liegende Teil des Wurzelquerschnittes ist als das Holz (*H*) der Wurzelknolle zu bezeichnen. Sieht man genau nach, so erkennt man dem Kambium dicht innen anliegende Pünktchen, die Tracheenquerschnitte (*T*).

Mikroskop: Da, wo die Epidermis der Wurzelknolle noch erhalten ist, also vorzüglich im unteren dünnen Teile der Knolle und an den Seitenwurzeln derselben, besteht dieselbe aus mehr oder weniger längsgestreckten, teilweise zu Wurzelhaaren ausgewachsenen Zellen (Fig. 187). Dieselben zeigen unter der dunklen Kutikula noch eine stark verkorkte Schicht von brauner Farbe, an welche sich ein dicker Celluloseschlauch anschließt. Am oberen Teile der Knolle ist die Epidermis größtenteils zerstört, die äußersten Zellen des Parenchyms sind dann dunkelbraun gefärbt und ihre Wände eigentümlich verändert, sie sind in ein Metaderm verwandelt.

Das Parenchym der primären Rinde besteht aus mehr oder weniger

tangential gedehnten, mit runden oder spaltenförmigen Tüpfeln versehenen, stärkeführenden Zellen. Eingestreut finden sich mehr oder weniger längsgestreckte, Sklerenchymzellen (Fig. 188, *s*). Die Endodermis besteht aus nicht sehr auffallend längsgestreckten, mit dünner, ringsum verkorkter Membran versehenen, stärkefreien Zellen, die meist etwas bräunlich gefärbt sind.

Die zwischen Endodermis und Kambium liegende sekundäre Rinde ist vorzüglich charakterisiert durch ihre Siebstränge, welche innerhalb

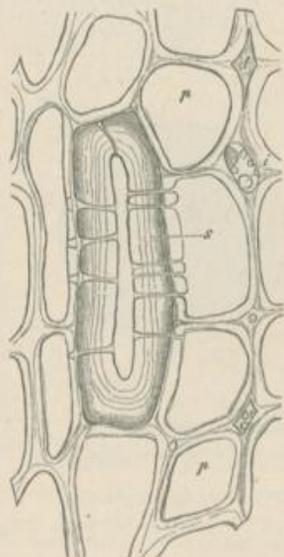


Fig. 188.

Fig. 188. Längsschnitt einer Sklerenchymzelle (*s*) und einiger Parenchymzellen (*p*).

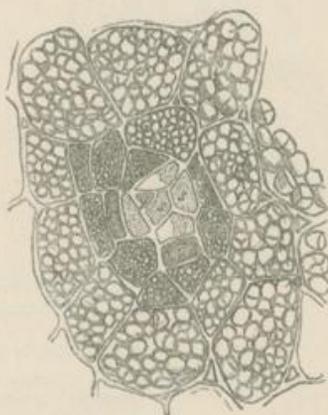


Fig. 189.

Fig. 189. Querschnitt eines sekundären Siebröhrenstranges.
p Parenchym. *c* Kambiformzellen. *g* Geleitzellen. *s* Siebröhren.

eines Parenchyms, welches aus fast isodiametrischen, stärkehaltigen Zellen besteht, liegen. Ein solcher Siebröhrenstrang ist in Fig. 189 im Querschnitt, in Fig. 190 im Längsschnitt abgebildet.

Die Verteilung dieser Siebröhrenstränge auf dem Querschnitte der Knolle ist aus Fig. 191, einem Schema des in Wasser erweichten Knollenquerschnittes zu ersehen. Die mit *p.S.* bezeichneten dunkleren Stellen deuten die primären, die dunklen Punkte, von welchen einige mit *S* bezeichnet sind, die sekundären Siebröhrenstränge an. Über das Aussehen und die Lage der Siebröhrenstränge in dem von der Stärke befreiten Schnitte kann Fig. 192 eine Vorstellung geben, welche ein Stück des Querschnittes durch eine verdickte Seitenwurzel der Knolle (die ganz den Bau einer schwachen Knolle besitzt) darstellt, etwa vom Centrum der Wurzel an, bis zur Endodermis (*e*). In dieser Abbildung sind die Sieb-

röhrenstränge mit *s* und *s'* bezeichnet. Zu bemerken ist, daß die Siebröhrenstränge eine Beziehung zu den Tracheensträngen des Holzes in der Art zeigen, daß die ersteren den letzteren ungefähr gegenüberliegen. Auch in dem Parenchym der sekundären Rinde liegen meist sklerotische Zellen. Das Kambium verläuft als schmale sternförmige Zone zwischen Rinde und Holz. Das letztere besteht größtenteils aus stärkeerfülltem Parenchym. Außerdem sieht man nur wenige nur aus Gefäßen bestehende

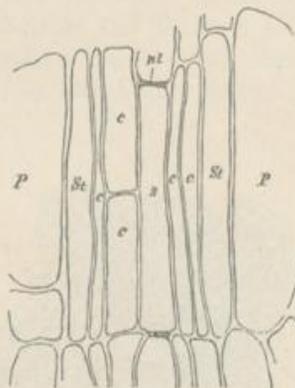


Fig. 190.

Fig. 190. Längsschnitt eines Siebröhrenstranges.

s Siebröhren. *c* Kambiformzellen. *P* und *St* Parenchymzellen.

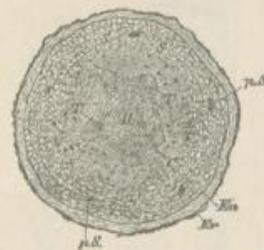


Fig. 191.

Fig. 191. Querschnitt der in Wasser aufgeweichten Tochterknolle.

Ep Epidermis. *En* Endodermis. *p.S.* primäre Siebstränge. *S* sekundäre Siebstränge. *T* Tracheenstränge. *M* mittlerer Teil des Holzes.

Gefäßstränge in der Nähe des Kambiums liegen. Die in den Spitzen des Sternes liegenden Gefäße (*T*, Fig. 191) bilden im Querschnitte der Knolle einen nach dem Kambium zu geöffneten Winkel. In der Spitze des Winkels liegen die primären Gefäßgruppen (*t'*, Fig. 192). Zwischen den Schenkeln liegt radial gestrecktes Parenchym. In den Einbuchtungen des Sternes findet man nur einzelne kleine Gefäßstränge. Die Gefäße (Fig. 193) sind in den primären Gefäßsträngen teilweise Spiralgefäße, sonst kurz spaltenförmig-behoft-getüpfelte Gefäße; ihre Zwischenwände sind kreisförmig durchlöchert.

Obgleich es selbstverständlich ist, mag doch noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß sich an die Spitzen des Sternes, welchen das Kambium bildet, stets die Gewebe der Seitenwurzeln der Knolle ansetzen, weshalb überall da, wo auf dem Querschnitte der Knolle eine Seitenwurzel getroffen wird, die Spitze des Sternes durch die ganze Rinde hindurchreicht.

Bemerkenswert ist es, daß die meisten (1—2 mm dicken) Seitenwurzeln der Knolle ihren primären Bau beibehalten, nur relativ stark verdickte ein geschlossenes Kambium erzeugen.

Bei der Umgestaltung der meist 5—7 primäre Gefäß- und Siebstränge führenden, schlanken Nebenwurzel des Knöspchens (Fig. 185) spielt das centrale Parenchym durch ausgiebige Teilung und Vergrößerung seiner Zellen eine nicht unwesentliche Rolle. Das Kambium erzeugt fast nur sekundäres Rindengewebe, dieses aber um so ausgiebiger, und trägt so den größten Anteil an der Verdickung der Wurzel zur Knolle.

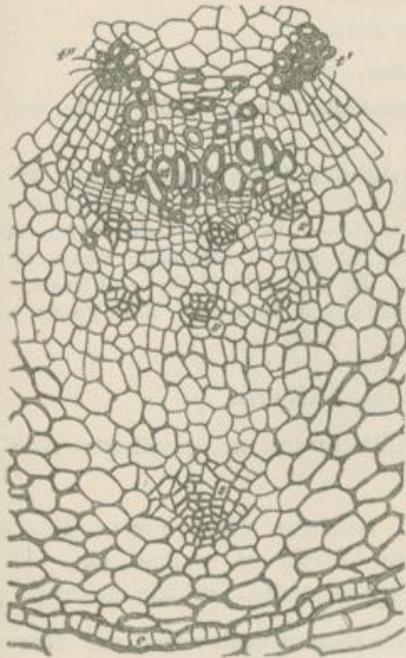


Fig. 192.

Fig. 192. Querschnitt durch einen Teil des innerhalb der Endodermis (e) liegenden Gewebes einer verdickten, hexarhen Seitenwurzel.

s primärer Siebröhrenstrang. l' und l'' primäre Gefäßstränge. e Endodermis. s' sekundäre Siebröhrenstränge. st sekundäre Gefäße.

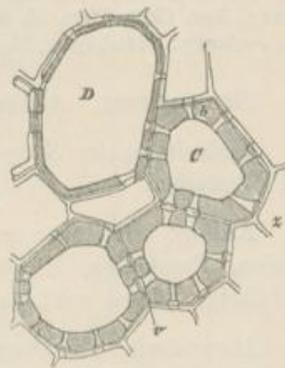


Fig. 193.

Fig. 193. Querschnitt durch einige Gefäße.

z Cellulosemembran der Parenchymzellen. s stark verholzte Mittellamelle, b weniger verholzte Verdickungsschicht der Gefäßwand.

Chemie: Aus den trocknen Knollen lassen sich etwa 4% Akonitin darstellen. Sehr geringe Mengen dem Akonitin ähnlicher Alkaloide begleiten das letztere.

Akonitin ist ein Alkaloid von der Zusammensetzung $C^{33}H^{43}NO^{12}$, welches sehr leicht in Alkohol und in Äther löslich ist und nur schwierig krystallisiert erhalten werden kann.

Das reine, krystallisierte Akonitin gehört zu den giftigsten Körpern. Nach Errera ist das Alkaloid in dem Parenchym des verdickten Teiles der Knolle gleichmäßig verteilt.

Geschichte: Die Knollen sind erst in neuerer Zeit in der wissenschaftlichen Medizin angewendet worden; es läßt sich jedoch mit Sicherheit nachweisen, daß man sie in Deutschland schon im 17. Jahrhundert in den Apotheken führte.

2. Wurzeln von völlig normalem Baue.

e) **Radix Althaeae.**

Eibischwurzel.

Litteratur.

Anatomie: Franck, Jahrb. für wissenschaftl. Botanik V, 165. — de Zary, Anatomie, S. 151.

Chemie: Buchner 1832, Wittstock 1830 (Flückigers Pharmakognosie 1881, S. 347). — Mulder, Gmelin Krauts Handbuch 7, 1, p. 654. — C. Schmidt, Wiesners Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1873, p. 45. — Rebling, Jahresberich der Pharmacie 1855. — Landrin, Journ. pharm. 22, 278. — Asparagin: Bacon, Ann. Chim. Phys. 34, 203. — Plisson, Ann. Chim. Phys. 35, 175; 37, 81. — Plisson et Henry, Ann. Chim. Phys. 45, 304. — Dessaignes et Chautard, N. J. Pharm. 13, 245. — Asche: Flückiger, Pharmakognosie 1881, S. 347.

Stammpflanze: *Althaea officinalis* L., Malvaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Mitteleuropa und gemäßigtes Nord- und Westasien.

Kultur: Bei uns in Nürnberg, Bamberg, Schweinfurt. Die in Belgien, Frankreich, Ungarn kultivierte Wurzel ist weniger gut. Die zweijährige Pflanze wird im Herbst oder im ersten Frühjahr geerntet.

Morphologie: Die Droge besteht aus Hauptwurzelzweigen und Nebenzweigen der zweijährigen Pflanze. Die Wurzeln sind durch Schaben von der Korkschicht und dem größten Teil des Phelloderm (Periderm-Parenchym) befreit.

Anatomie.

Lupe: Die Querschnittfläche der Droge (Fig. 194) ist fast ganz weiß, nur das Kambium (c) erscheint hellbraun. Die Rinde (r), welche $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{10}$ des Wurzeldurchmessers einnimmt, erscheint wie das Holz von zarten, weißen Markstrahlen durchzogen. In der Rinde sieht man zwischen den Markstrahlen, bei genauer Betrachtung zarte dunklere Querzonen, die von den Sklerenchymfasern gebildet werden. Das Holz zeigt als auffallendere Bestandteile nur die Öffnungen der weiteren Tracheen. Nach Befechten des Querschnittes mit Anilinsulfat treten die Tracheen und die eventuell stärker verholzten Sklerenchymfasern

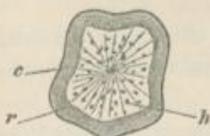


Fig. 194.

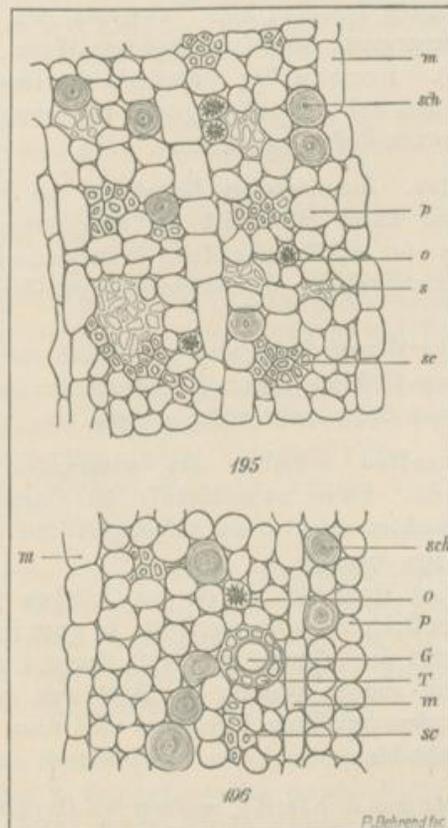
Skizze der Querschnittfläche von *Radix Althaeae*.

r Rinde. c Kambium.
h Holz.

des Holzes stärker hervor, indem sie sich gelb färben. Durch Jodjodkalium wird der Querschnitt gebläut.

Mikroskop: Rinde. Fig. 195. Die äußerste Rindenpartie ist entfernt. Die erhaltene Partie der sekundären Rinde besteht der Haupt-

masse nach aus einem ganz wenig in der Richtung der Längsachse der Wurzel gestreckten, mit Stärke gefüllten Parenchym (*p*), dessen Wände sich mit Chlorzinkjod sofort blau färben und in Schwefelsäure leicht löslich sind.



Erklärung der Tafel.

Fig. 195. Partie aus der Rinde der Eibischwurzel.

m Markstrahlenparenchym. *sch* Schleimzelle. *p* Rindenparenchym. *o* Siebröhrengruppe.
sc Sklerenchymfasergruppe.

Die Schleimzellen nach Alkoholmaterial gezeichnet. Der Schnitt in Bleiessig liegend. Stärkekörner ausgewaschen.

140fach vergr.

Fig. 196. Partie aus dem Holze der Eibischwurzel.

T Tracheiden. *G* Gefäß. *p* Holzparenchym.

Sonst wie bei der Rinde.

140fach vergr.

Dieses Parenchym wird durchzogen von Markstrahlen (*m*), welche 1–2 Zelllagen breit, 4–7 Zelllagen hoch sind. Ihre Elemente sind senkrecht zur Wurzelachse gestreckt, gleichen sonst dem Rindenparenchym.

Die zwischen den Markstrahlen liegenden Gewebestreifen, die Rindenstränge, erscheinen auf dem Querschnitte meist 4—10 mal so breit als eine Parenchymzelle. In dem Parenchym dieser Gewebestreifen sind zuerst in Tangentialreihen gestellte Gruppen oder Bündel von Sklerenchymfasern (*sc*) zu erkennen. Chlorzinkjod färbt eine dünne Schicht ihrer Wand gelb, die inneren Lamellen blau. Zwischen den Tangentialreihen der Sklerenchymfasergruppen liegen in ähnlicher Weise geordnete Siebröhrenstränge (*s*). Unregelmäßig verteilt in der Rinde liegen ferner Oxalatzellen (*o*) und Schleimzellen (*sch*), teils einzeln, teils übereinanderstehend, zu kurzen Reihen geordnet.

Holz. Fig. 196. Aus denselben Elementen wie die Rinde besteht auch das Holz, nur finden sich statt der Siebröhrenstränge Gruppen, welche aus Gefäßen (*g*) und Tracheiden (*T*) zusammengesetzt sind. Die Tracheen sind mit rechtwinkelig zur Längsachse gestellten spaltenförmigen Tüpfeln versehen.

Im Centrum der Wurzel findet man gewöhnlich einen größeren oder kleineren Komplex von Gefäßgruppen und zahlreicheren Sklerenchymfasern; letztere sind an dieser Stelle meist völlig verholzt.

Die Schleimzellen enthalten den wichtigsten Bestandteil der Wurzeln, den Schleim. Dieser ist außerhalb des Plasmakörpers auf die festeren Zellwandschichten direkt innen aufgelagert und bildet eine dicke, fein geschichtete Lage derselben.

Mit Chlorzinkjod färbt sich nur die aus Cellulose bestehende Membranschicht blau, der Schleim bleibt ungefärbt. In einer Lösung von basisch essigsaurem Blei quillt der Schleim nicht auf, dagegen sehr energisch in Kupferoxydammoniak und in Wasser; er färbt sich, wenn man einen Querschnitt mit Kupfersulfatlösung befeuchtet und dann in Kaliumhydroxydlösung legt, nicht blau.

Chemie: Außer dem Schleime, welcher bei Oxydation mit Salpetersäure Schleimsäure liefert, enthält die Wurzel viel Stärke. Auch 2% Asparagin und Rohrzucker sind daraus gewonnen worden. 4,88% Asche.

Geschichte: Die Eibischwurzel gehört zu den ältesten Arzneipflanzen und ist in Folge des Kapitulars Karls des Großen in die deutschen Bauerngärten gelangt.

1) *Radix Liquiritiae.*

Radix Glycyrrhizae. Süßholz, Lakrizwurzel.

Litteratur.

Formen von Glycyrrhiza glabra und ihr Vorkommen: Regel und Herder, Arten und Formen von Glycyrrhiza in der russischen Flora. Bulletin de la Société imp. des Naturalistes de Moscou 39 (1866 II) p. 563. — Boissier, Flora orientalis II (1872) p. 202. — Bunge, Enumeratio plantarum quas in China boreali collegit. Petropoli 1831. 97. — Aitchison, Some plants of Afghanistan and their medicinal

products. Ph. J. 1886—87 p. 465. — Pharmaz. Zeitg. 1887, No. 4, S. 27 und No. 12, S. 82; Arzneipflanzen der Mandchurei, Arch. d. Pharm. 1886 p. 36.

Kultur und Einsammlung: Italien: Sestini, Gazzetta chimica italiana 1878, p. 131. — England: Flückiger and Hanbury, Pharmakographia, London 1879, p. 180. — Whitmann, Zeitschr. d. österr. Apothekervereins 1886, No. 18, S. 277. — Deutschland: Flückiger, Pharmakognosie, 1882, Berlin, S. 348. — Neuseeland: Archiv für Pharmacie 1883, S. 854. — Kleinasien: Jahresbericht für Pharmacie 1838, u. 1884, S. 268. — Syrien: Pharmaz. Zeitung 1886, No. 16, S. 129. — Rußland: Pharm. Journ. Transact. 1880, p. 613.

Handelssorten: Preis-Verzeichnis von Caesar und Loretz, Halle a. S. 1889. — Handelsbericht von Gehe & Co., Dresden, April 1889, Sept. 1887, April 1885, April 1884, Sept. 1884.

Morphologie und Anatomie: Tschirch und Holfert, Über das Süßholz, Archiv der Pharmacie 1888, Heft 11.

Chemie: Gorup Besanez, Ann. Chem. Pharm. 118, 236. — Roussin, Journ. Pharm. Chim., 1875. — Sestini, J. Chem. M. 1878, 1879, 921. — Habermann, Ann. Chem. Pharm. 197, 110. — Wesesky, Benedict, Berl. Ber. 1876, 802.

Stammpflanze: Glycyrrhiza glabra L., Papilionaceae; Radix Liquiritiae mundata, das russische Süßholz, stammt von einer Spielart der genannten Pflanze, von Glycyrrhiza glabra, Var. glandulifera. Glycyrrhiza echinata kann kein Süßholz liefern, da weder Wurzeln noch Achsen der Pflanze im geringsten süß schmecken.

Verbreitung der Stammpflanze: Glycyrrhiza glabra, eine bis 2 m hohe Staude ist durch Südeuropa bis Mittelasien verbreitet; die Varietät glandulifera ist einheimisch in Ungarn, Galizien, in den mittleren und südlichen russischen Gouvernements, in Kleinasien, Armenien, Persien, Afghanistan, Turkestan, Südsibirien, in der Sungarei.

Kultur und Einsammlung: In Spanien, in Italien, in Südfrankreich, in kleinen Mengen in England, in Mähren und Deutschland wird Süßholz angebaut. In Rußland werden große Mengen Süßholz von wild wachsenden Pflanzen gesammelt, jedoch auch große Quantitäten kultiviert. Die Kulturmethode scheint überall eine ähnliche zu sein. In Bamberg, wo nur noch ganz wenig Süßholz gebaut wird, wie ich mich selbst überzeugte, pflanzt man Ausläufer der geernteten Pflanze in guten, tief gepflügten, gut gedüngten Boden und gräbt die daraus erwachsenen Wurzel- und Ausläufersysteme im dritten Jahre aus. In England verfährt man ganz ähnlich. Man sammelt die Wurzeln und alten, kräftigen Ausläufer der kultivierten Pflanzen im Anfange des dritten oder vierten Winters nach der Anpflanzung der Stecklinge und benutzt die jungen Ausläufer, die gleichseitig an den geernteten Pflanzen sitzen, zur neuen Anpflanzung, indem man sie aufrecht, in Reihen in den Boden setzt. Bei dem Ausgraben geht man vorsichtig zu Werke, wäscht die geernteten Teile sorgfältig, zerschneidet sie in kurze Stücke und schabt wohl auch die äußere Rinde ab.

In Italien, wo man der üppigen Fruchtbarkeit des Bodens mehr zuzumuten kann, baut man das Süßholz mit Mais, Erbsen oder Weizen auf einem Felde, erntet nach 2 oder 3 Jahren durch Auspflügen und pflanzt dann wiederum die Ausläufer.

Handelssorten: Das bei uns gebrauchte Süßholz kommt größtenteils aus Spanien und Rußland, in neuerer Zeit in etwas größerer Menge auch aus Kleinasien und Syrien.

Das spanische Süßholz. Die beste Handelsware kommt aus Tortosa in Catalonien. Sie besteht aus fast geraden, fast gleichmäßig cylindrischen unterirdischen Achsen, die gut gewaschen sind. Eine ähnliche, aber unansehnlichere Sorte, die ungleichmäßiger und schlechter gewaschen ist, kommt in großen Quantitäten aus Alicante in Valencia; ihr sind auch hie und da Wurzeln beigepackt, welche sonst in Spanien meist zur Extraktbereitung benutzt werden. Auch aus Cordoba und Barcelona kommt Süßholz in den Handel.

Das kleinasiatische Süßholz, welches aus der Umgebung von Smyrna (z. B. Sokia) in den Handel kommt, steht in seiner Qualität der Alicante-Ware meist nahe, erreicht nicht selten die Tortosa-Ware. Es wird von wild wachsenden Pflanzen gesammelt.

Aus Syrien kommt geschältes Süßholz, welches noch etwas bitterlicher als das russische Holz schmeckt, und ungeschältes in den Handel, welches dem spanischen Süßholze nahe steht. Es stammt von kultivierten Pflanzen ab.

Das russische Süßholz. Zum Unterschiede von den bisher genannten Sorten kommt das russische Süßholz meist geschält in den Handel, und die Ware besteht dann größtenteils aus kräftigen, alten Wurzeln, enthält nur relativ wenige meist dicke Achsenstücke. Es schmeckt, verglichen mit dem spanischen Süßholz, etwas bitterlich. Das russische Süßholz wird teilweise auf den Inseln des Wolga-Deltas kultiviert, wo man es bei der Ernte auspflügt wie in Italien, gereinigt und über Astrachan nach Moskau und Petersburg gesandt. Dort wird es meist geschält. Auch in der Gegend von Batum (Liakha im Distrikte Elisabethpol) wird jetzt viel Süßholz kultiviert. Große Mengen von wild wachsenden Pflanzen scheinen an den Ufern des Ural gegraben zu werden und nach Nischni-Nowgorod zu gelangen, um von dort aus verhandelt zu werden. Häufig kommt das russische Süßholz in mit Lindenbastmatten verpackten Ballen von 80—100 kg in den Handel.

Morphologie: Die russische Ware besteht hauptsächlich aus Nebenwurzeln und deren Zweigen, welche von dem äußeren Teile der Rinde befreit sind. Die spanische Ware und die Ware der anderen Länder besteht meist nur aus Ausläufern (also unterirdischen Achsen) der Pflanze; doch sind auch einzelne Wurzeln beigemengt. Diese unter dem Boden hinkriechenden Achsen werden oft mehrere Meter lang, verzweigen sich

hier und da und tragen in kürzeren oder längeren Abständen kleine Knöspchen.

Anatomie.

Lupe: Betrachten wir die Querschnittfläche eines Ausläufers oder einer dünneren Wurzel des spanischen Süßholzes, so finden wir unter der dunklen Peridermschicht (*k* Fig. 197) die relativ breite, hellgelbe Rinde, in welcher helle Markstrahlen (*m*) und dunklere Rindenstränge (*R*) verlaufen. Die Rindenstränge sind charakterisiert durch graue Punkt (*f*), die hauptsächlich durch die Sklerenchymfaserstränge der Rindenstrahlen veranlaßt werden. Das Kambium (*c*) tritt kaum als eine besonders markierte Linie hervor. Das Holz ist bei der Wurzel marklos, bei den Ausläufern mit einem meist fünfeckigen, aber oft auch unregelmäßig geformten Marke (*mk*) versehen.

Die Markstrahlen (*m'*) des Holzes sind ebenfalls, wie die der Rinde, hellgelb. Die Holzstränge lassen große Gefäße (*g*), oft auch ähnliche graue Punkte wie die Rindenstränge, also Sklerenchymfaserstränge, welche mit den Gefäßen abwechseln, mehr oder weniger deutlich erkennen. Das Holz erscheint dunkler gelb als die Rinde.

Die Wurzelstücke des russischen Süßholzes (Fig. 198), zeichnen sich dadurch aus, daß die Markstrahlen des Holzes und der Rinde (*m'* und *m*) relativ schmal und oft durch das Austrocknen zerrissen sind, so daß an ihrer Stelle radiale Risse die Droge durchziehen. Die Gefäße des Holzes (*g*) sind weiter und reichlich vorhanden.

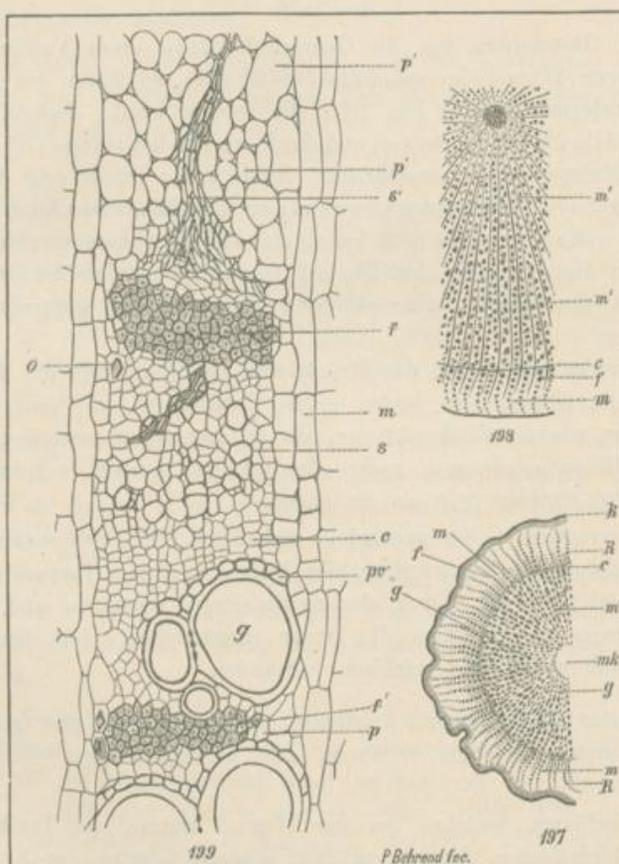
Mikroskop: Die feinere Anatomie ist im großen und ganzen bei spanischem und russischem Süßholz, bei Ausläufern und Wurzeln die gleiche.

Das Periderm, welches bei der Wurzel normal im Perikambium, bei den unterirdischen Achsen an der inneren Grenze der Außenrinde angelegt wird, die Außenrinde der Achse also völlig abstößt, besteht aus einer mehr oder weniger dicken Lage dunkelbrauner, sehr regelmäßiger Korkzellen mit ein wenig verdickten Wänden und einer Phellodermis, deren Zellen ebenfalls etwas verdickt sind, im Radialschnitt der Wurzel fast kreisrunden Querschnitt zeigen und dort auch erkennen lassen, daß sie deutliche Intercellularräume zwischen ihnen ausgebildet haben.

Im Querschnitte der Wurzel erscheinen die Phellodermzellen tangential gestreckt. Es kommen auch Oxalatzellen im Phelloderm vor, deren monoklinische Krystalle, wie die von *Ononis* und wie alle der Süßholzwurzel von einer Membran umschlossen sind, welche jedoch hier nicht verholzt zu sein scheint. Die Wurzelrinde ist ausgezeichnet durch große, in der Aufsicht runde Lenticellen, welche aus lockerem Füllgewebe und ziemlich dichten Zwischenstreifen bestehen.

Die auf das Periderm folgende Rinde ist bei Wurzel und Achse fast nur sekundäre Rinde, da die geringen primären Reste bei der Wurzel

(die Außenrinde) und der Achse (der Siebstränge führende Teil der primären Rinde) nicht in Betracht kommen und wohl kaum mehr auf-



Erklärung der Tafel.

Radix Liquiritiae.

Fig. 197. Querschnitt durch einen Ausläufer von Rad. Liquirit. Hispanica.

h Periderm. m Markstrahlen. mk Mark. c Kambium. R Rinde. f Sklerenchymfaserstrang.
g Gefäße.

3fach vergr.

Fig. 198. Stück des Querschnittes von Rad. Liquirit. Rossica.

Bezeichnungen wie bei Fig. 197.

3fach vergr.

Fig. 199. Partie des Querschnittes, Ausläufer von Rad. Liquirit. Hispanica, zwischen zwei Markstrahlen.

f Sklerenchymfaserstrang. c Kambium. s Siebröhrengruppen. m Markstrahlparenchym. s' obli-
terierte Siebstränge. p Rindenparenchym. o Oxalatzelle. g Gefäße.

zufinden sind. Bemerkenswert ist nur, daß den Achsen die primäre Außenrinde stets fehlt.

Die Markstrahlen der Rinde (*m*, Fig. 199) werden wie die des Holzes von dünnwandigen, unverholzten Parenchymzellen gebildet. In der Nähe des Kambiums sind sie 3—8 Zellen breit, verbreitern sich aber nach außen zu mehr und mehr. Die sekundären Rindenstränge lassen in der Nähe des Kambiums (*c*) Siebstränge (*s*) erkennen, welche über die ganze Quere eines jeden Rindenstranges verbreitet sind. Nach außen zu folgen auf diese Siebstränge Stränge (zu 1—4 nebeneinanderstehend) von Sklerenchymfasern (*f*), welche wie die des Holzes aus sehr langen Elementen bestehen, deren Wände nur in einer äußersten Lamelle verholzt, aber stark verdickt sind. Siebstränge und Faserstränge wechseln weiter nach außen zu regelmäßig mit einander ab, gewöhnlich 2 Faserstränge mit jeder Siebröhrenregion. Die Siebstränge obliterieren aber dort überall sehr schnell und erscheinen dann auf dem Querschnitte der Wurzeln als hornige Streifen (*s'*). Die wenigen Parenchymzellen, welche die Siebröhrenstränge umgeben (*p'*) haben sich dort sehr vergrößert und haben die dünnen Siebröhren mit den sie begleitenden Elementen stark zusammengedrückt. Vorzüglich an der Grenze zwischen Sklerenchymfasersträngen und Markstrahlen liegen Oxalatzellen (*o*).

Das Holz ist in ähnlicher Weise wie die Rinde aus abwechselnden Tracheensträngen (*g*) und Sklerenchymfasersträngen (*f''*) zusammengesetzt. Die Sklerenchymfasern sind auch hier von Oxalatzellen begleitet, welche, wie man im Radialschnitt der Wurzel leicht erkennt, in Reihen übereinanderstehen. Das Parenchym des Holzes (*p*) besteht aus in der Längsrichtung der Wurzel gestreckten, unverholzten Zellen. Nur in der Nähe der Tracheen liegen einige etwas gestrecktere, engere und verholzte Elemente (*po*).

Die Tracheen sind mit dichten kurz spaltenförmigen Hoftüpfeln versehene Gefäße, und wie alle verholzten Teile der Wurzel gelb gefärbt; ihre Zwischenwände sind bis auf einen Ring völlig durchbrochen. Alle Parenchymzellen enthalten in der Regel Stärkekörner von 10—12 μ Durchmesser.

Chemie: Die süßschmeckende Droge enthält als hauptsächlichstes süßes Prinzip die Ammoniakverbindung der Glycyrrhizinsäure ($C^{44} H^{62} NO^{18}$ (NH^4)), welche etwa zu 8 % aus der Droge gewonnen werden kann. Vielleicht enthält das trockene Süßholz auch reduzierenden Zucker. Der Kaltwasserauszug des frischen Süßholzes reduziert Fehlings Lösung nur schwach.

Außerdem enthält die Droge einen gelben Farbstoff und liefert etwa 4 % Asparagin.

Geschichte: Das Süßholz wurde schon von den Alten gebraucht, und fand im Mittelalter allgemeine Anwendung.

Im XV. Jahrhundert wurde die Süßholzkultur in Bamberg eingeführt.

g) **Radix Ratanhiae Peruviana.**

Peruanische Ratanhiawurzel.

Litteratur.

Chemie: Wittstein, Viertelj. f. Pharm. III, 353; VI, 621. — Grabowski, Ann. Chem. Pharm. 143, S. 274. — Gehe & Co., Handelsbericht 1883, April p. 35.

Stammpflanze: Krameria triandra Ruiz et Pavon. Caesalpiniaeeae.

Verbreitung der Stammpflanze: Der mit relativ kräftiger Wurzel versehene kleine Strauch wächst auf sandigen Abhängen der Cordilleren von Peru in einer Höhe von 1000–2500 m.

Einsammlung: Die Droge wird von wildwachsenden Pflanzen hauptsächlich im Osten und Nordosten von Lima und im Hochlande des Titicaca-Sees gesammelt und von Callao, Payta und Islay aus verschifft.

Morphologie: Die Droge besteht meist aus dem Wurzelsystem der Pflanze, mit Resten der oberirdischen Achse und von deren Zweigen. Die Hauptwurzel der Pflanze scheint stets erhalten zu sein und mit ihren Zweigen die Hauptmasse der Droge auszumachen. Die Spitzen der Wurzel sind, infolge schlechter Grabung, häufig weit hinauf abgebrochen.

Anatomie.

Lupe: Die Hauptwurzel ist von einer rissigen Borke bedeckt, unter welcher die rote Rinde liegt. Diese grenzt an das relativ helle Jungholz, während das weiter innen liegende Holz der Hauptwurzel dunkler und rot ist. Die dunkle Färbung des Kernholzes rührt daher, daß nicht nur, wie im Jungholze, in den Markstrahlen und dem Holzparenchym rotbraune Massen, sondern auch in den Sklerenchymfasern gelbe, stark lichtbrechende Füllungen liegen, und selbst die Tracheen der Wurzel von gelblichen, in Salzsäure unlöslichen Massen erfüllt sind.

Die Hauptwurzelzweige sind von einer dunkelroten Korkschicht bedeckt. Der Durchmesser der Seitenwurzeln schwankt zwischen 1 mm und 1 cm. Die Rinde der Seitenwurzeln wird nicht über 1 mm dick.

Mikroskop: Eingehender betrachten wir die Anatomie an einer 4 mm dicken Seitenwurzel. Fig. 203 stellt einen Querschnitt durch die Wurzel dar, welcher durch Einlegen in eine Chloralhydratlösung von

Erklärung der Tafel.

Fig. 200. Sklerenchymfaser aus der Rinde eines Wurzelzweiges von Krameria triandra (st, Fig. 203).
100fach vergr.

Fig. 201. Sklerenchymfaser des Holzes α , nebst Parenchymzelle β des Holzes, aus demselben Wurzelzweige (sc und kp, Fig. 203).
100fach vergr.

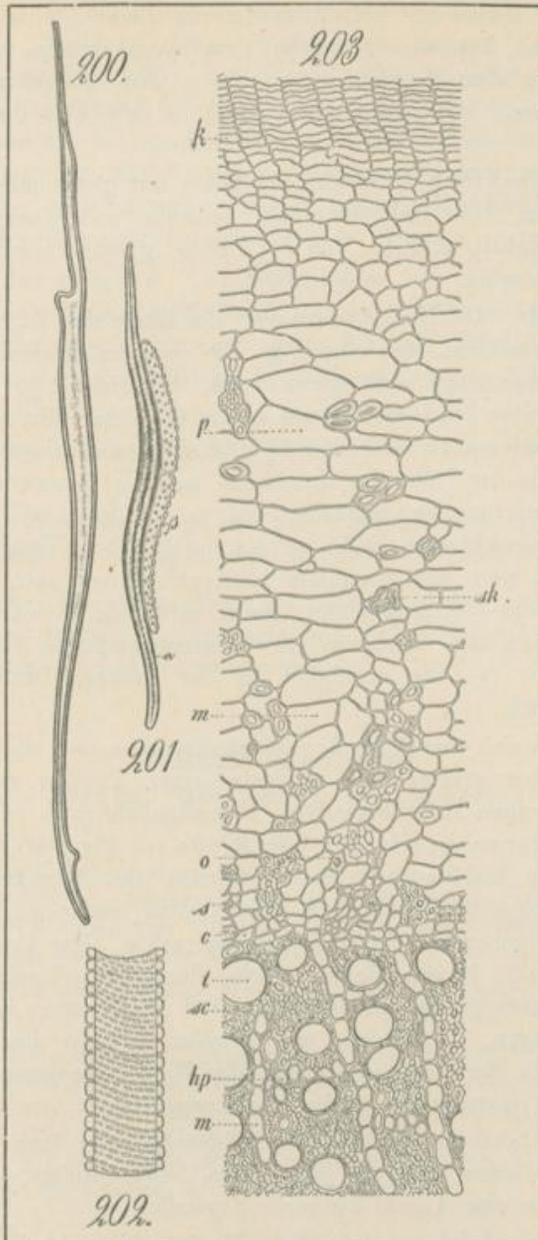


Fig. 202. Glied eines Gefäßes aus dem Wurzelzweige (t Fig. 203).
180fach vergr.

Fig. 203. Querschnitt durch einen 4 mm dicken Wurzelzweig von *Krameria triandra*, aus welchem auch die durch Maceration isolierten Elemente Fig. 200, 201, 202 stammen.
k Kork. s Siebröhre. p Rindenparenchym. sk Sklerenchymfasern der Rinde. o Oxalatzelle.
m Markstrahl der Rinde. c Kambium. t Trachee. hp Holzparenchym. sc Sklerenchymfaser des Holzes. m Markstrahl des Holzes.
160fach vergr.

Farbstoff und Stärkemehl befreit wurde. In dieser Abbildung ist mit *k* die Korkschicht bezeichnet, welche dem Korkkambium ihre Existenz verdankt. Von dem Korkkambium, bis *c*, dem Kambium, reicht die sekundäre Rinde. Was unterhalb *c* liegt, ist ein Teil des Holzes der Wurzel.

Die Korkschicht (*k*) besteht aus Zellen mit gleichmäßig verdickten, dünnen Wänden. Sie sind ganz oder teilweise mit einem rotbraunen, transparenten Inhalt erfüllt. Von der Fläche gesehen erscheinen sie unregelmäßig viereckig.

Die Rinde. Die Markstrahlen (*m'*) der Rinde sind da, wo sie an das Kambium (*c*) anstoßen, stets einreihig. Die zwischen je zwei Markstrahlen liegenden Rindenstränge sind gleich breit, bis dreimal so breit wie die Markstrahlen. Ihre Zusammensetzung ist die folgende. Die, wie es scheint, frühzeitig obliterierenden Siebröhren (*s*) sind nicht sehr zahlreich vorhanden; man kann sie in der Nähe des Kambiums noch am besten erkennen, wo sie von Kambiformzellen begleitet und in Gruppen von kleinzelligem Parenchym eingeschlossen sind, welches auch schon einige Oxalatzellen enthält. Nicht weit vom Kambium entfernt werden auch Gruppen von Sklerenchymfasern (*sk*) ausgebildet, denen zahlreiche Oxalatzellen (*o*) anliegen. Zwischen den Gruppen der Sklerenchymfasern liegen einzelne Parenchymzellen (*p*), die vorzüglich in der äußeren Partie der Rinde relativ groß sind.

Die Parenchymzellen der Markstrahlen (*m'*) sind fast kubisch, mit zarten, aber großen und unregelmäßigen Tüpfeln versehen. Die Siebröhren zeigen keine besonderen Eigentümlichkeiten und sind relativ zart. Die Sklerenchymfasern der Rinde (*sk*, Fig. 200) besitzen meist nur mäßig, hier und da auch stark verdickte, fast homogene, sehr zart und wenig getüpfelte Wände. Im Querschnitte erscheinen die 1—2 mm langen Fasern unregelmäßig drei- oder viereckig. Der Durchmesser der einzelnen Faser ist in verschiedener Höhe derselben oft sehr verschieden, und kleine Auszweigungen an der Faser sind nicht selten; häufig sind die Elemente gebogen, da sie sich, wie gewöhnlich dicht den Markstrahlen anschließen. In der äußeren Schicht der Rinde erscheinen die Sklerenchymfasern im Querschnitte häufig zusammengedrückt.

Die Oxalatzellen, die Krystallschläuche, sind lang gestreckt und enthalten meist einen oder ein paar lange, säulenförmige, monoklinische Krystalle, selten eine Anzahl kleinerer Krystalle.

Das Holz wird von einreihigen Markstrahlen durchzogen, welche durch tangential verlaufende Brücken einreihig gestellter Parenchymzellen (*hp*) miteinander verbunden werden. In den so durch die Parenchym-elemente gebildeten Abteilungen liegen weitere und engere Tracheen (*t*), umgeben von Sklerenchymfasern (*sc*).

Die Parenchymzellen der Markstrahlen (*m*) des Holzes stehen, wie der Tangentialschnitt durch das Holz lehrt, zu 1—6 übereinander.

Die Elemente der Markstrahlen besitzen dünne Wände und sind mit großen runden Tüpfeln versehen; ähnlich verhalten sich die Holzparenchymzellen (*hp*, Fig. 201 β). Letztere sind übrigens häufig langgestreckt, teilweise sogar faserförmig. Die Sklerenchymfasern (*sc*, Fig. 201 α) sind dickwandig und mit schräg gestellten, spaltenförmigen Tüpfeln versehen. Die Tracheen (*t*, Fig. 202) bestehen aus kurzen Gliedern, welche ebenfalls schräg gestellte, spaltenförmige Tüpfeln tragen. Die Zwischenwände der Tracheen sind vollkommen durchbrochen.

Inhalt der Gewebe. Die Markstrahlen des Holzes und der Rinde enthalten einen rotbraunen Farbstoff, ebenso das Parenchym des Holzes. Chloralhydratlösung, welcher man etwas Eisenchlorid zugesetzt hat, löst den Farbstoff und bewirkt zugleich das Auftreten einer grünlichen Färbung. Stärke ist im Rindenparenchym und in den Markstrahlen der Rinde und des Holzes enthalten. Auch die Parenchymzellen des Holzes enthalten Stärkekörner.

Chemie; Aus der Droge ist die amorphe, sich mit Eisenchlorid grünlich färbende Ratanhiagerbsäure hergestellt worden.

Geschichte: Die Anwendung der Ratanhiawurzel wurde 1796 von Ruiz in Spanien in Aufnahme gebracht und verbreitete sich von dort nach Frankreich, England und (1818) Deutschland.

b) **Radix Sassafras.**

Lignum Sassafras, Sassafrasholz.

Litteratur.

Vorkommen der Stammpflanze: Hale, Woods and timbers of North Carolina, Raleigh, 1883, p. 105. — Russell, Large trees of Sassafras, Gard. Monthly, 28, 1886, p. 22. — Th. C. Harris, Pharm. Journ. and transact. 1887, Vol. 18, p. 672. — Sargent, Just's Jahresber. für Botan. 1886, S. 227.

Einsammlung und Handel: Flückiger and Hanbury, Pharmacographia 1879, p. 539.

Chemie: Reinsch, Rept. Pharm. 39, S. 180. — Faltin, Ann. Chem. Pharm. 87, S. 376. — Saint-Evre, Ann. Chim. Phys. (3) 12, 107. — Grimaux et Ruotte, Compts rend. 68, 923. — Arzruni und Flückiger, Poggendorff's Annalen 158 (1876) 244. — Schiff, Über das Safrol, Dissert. Breslau, 1882. — Poleck, Berichte d. D. chem. Ges. 1886, S. 1096. — Flückiger, Pharm. Journ. and transact. 1887, 4. Juni. — Handelsbericht von Schimmel & Co. 1887, Okt. S. 45.

Stammpflanze: Sassafras officinalis Nees ab Esenbeck, Lauraceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Der diözische Baum ist in Nordamerika, hauptsächlich östlich vom Mississippi und ungefähr von Florida bis Kanada hinauf verbreitet.

Einsammlung: Die Wurzeln der Bäume werden im Herbst ausgegraben und mit Hilfe von Hebeln ausgehoben. Vorzüglich liefert wohl

New-Jersey, Pennsylvania und Nord-Carolina die Droge, für welche der Hauptmarkt Baltimore ist. Das Holz der Wurzel wird entweder mit der Rinde oder ohne dieselbe versandt. Die Rinde wird auch als Cortex Sassafras in den Handel gebracht. Die größeren Drogenhäuser raspeln oder schneiden das Holz meist und verkaufen es in zerkleinertem Zustande an die Apotheker. Das Stammholz ist nicht pharmazeutisch verwendbar, weil es kaum aromatisch ist.

Die Hauptwurzel der Pflanze, welche die Droge bildet, wird bis 20 cm dick und ist mit knorrigen Ästen besetzt. Die Oberfläche der Wurzel ist meist durch Borkenschuppen rau und erscheint dann rotbraun. Jüngere Stücke, welche noch mit der Korkschicht bedeckt sind, besitzen eine graue Farbe.

Morphologie: Die zerkleinerte Droge besteht also oft ganz, stets aber zum größten Teile aus dem Wurzelholze, da die Rinde relativ dünn ist.

Anatomie.

Lupe: Schneidet man die Wurzel quer durch und glättet die Fläche des graubraunen, lockeren Holzes mittelst eines scharfen Messers sorgfältig, so findet man in dem letzteren mit der Lupe leicht die sehr schmalen, geraden, heller als das Holz erscheinenden Markstrahlen (Fig. 204, *m*). Ferner erkennt man leicht die Frühjahrszonen der Jahresringe (*J*, Fig. 204) an den zahlreichen weiten Gefäßquerschnitten, welche dort beieinander liegen. Spaltet man das Holz in der Richtung eines Radius des Wurzelquerschnitts durch, so sieht man auf der Spaltungsfäche die Markstrahlen als quer verlaufende, dunklere, zarte, bräunliche Linien.

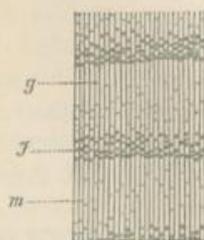


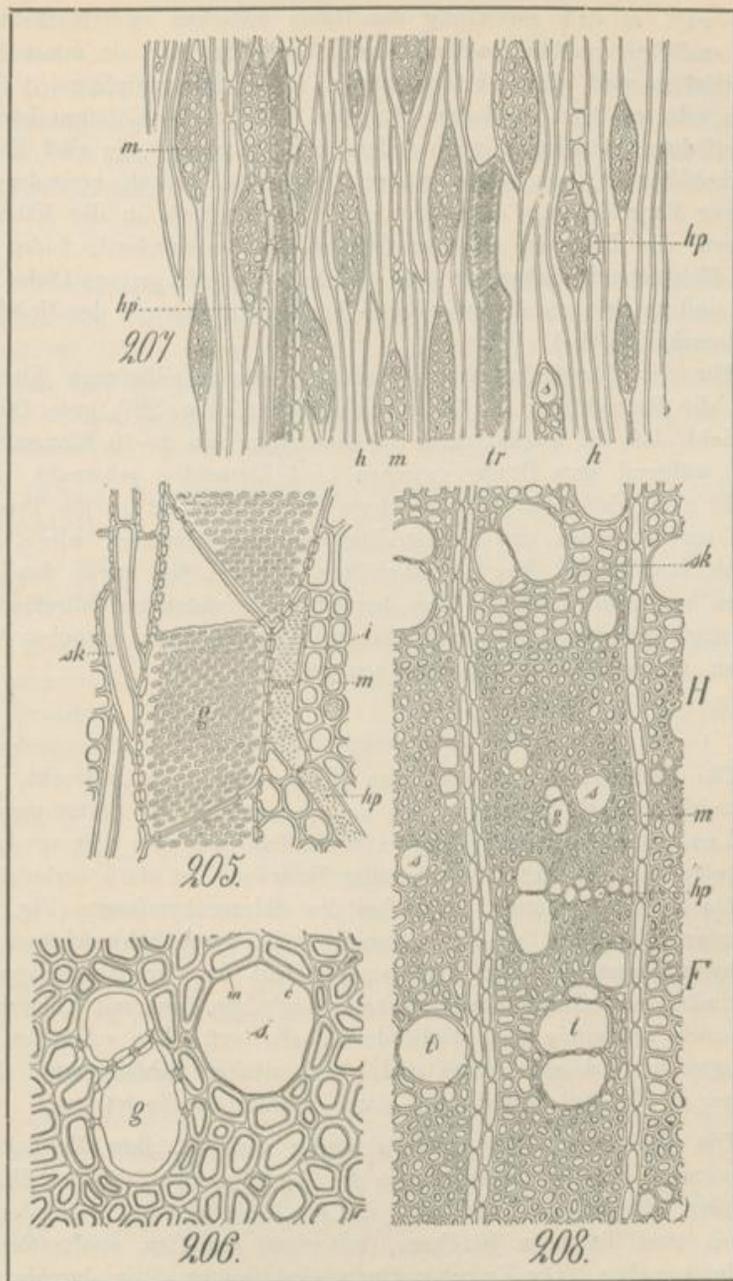
Fig. 204.

Lupenbild des Querschnittes von Lignum Sassafras.

m Markstrahlen. *J* Frühjahrszone des Jahresringes, ausgezeichnet durch die großen Gefäße. *g* kleine Gefäße.

Die Rinde, welche höchstens 1 cm dick ist, erscheint auf der Querschnittfläche fast homogen körnig und braun, die Borkenschuppen häufig heller als die aus dem lebenden Teile des Rindengewebes hervorgegangene innere Partie der sekundären Rinde der Droge.

Mikroskop: Betrachtet man einen Querschnitt des Holzes (Fig. 208) bei mäßig starker Vergrößerung, so findet man, daß die Markstrahlen aus 1—4 nebeneinander liegenden Zellreihen (*m*) bestehen. Der größte Teil des zwischen den Markstrahlen liegenden Gewebes ist aus Sklerenchymfasern aufgebaut, welche, wie gewöhnlich in der Frühjahrspartie (*F*) des Jahresringes relativ wenig verdickt und weit sind, während sie im Herbstteile (*H*) enger sind. Innerhalb des Sklerenchymfasergewebes sieht man die Gefäße (*t*) liegen. Dieselben sind in der äußersten Frühjahrs-



Erklärung der Tafel.

Das Holz von Radix Sassafras.

Fig. 205. Partie aus dem Tangentialschnitt. 370 fach vergr.

Fig. 206. Partie aus dem Querschnitte. 280 fach vergr.

Fig. 207. Tangentialschnitt. 78 fach vergr.

Fig. 208. Querschnitt. 78 fach vergr.

partie weit, so daß sie häufig den Raum zwischen zwei Markstrahlen völlig ausfüllen, im übrigen Teile des Jahresringes sind sie meist kaum ein Drittel so weit wie im Frühjahrsteile. Die kleineren Gefäße (*t*) liegen einzeln oder zu 2—4 in kleinen Gruppen. Außer den Gefäßen bemerkt man auf dem Querschnitte noch andere große Elemente, es sind dies die Sekretbehälter (*s*), von denen einer in Fig. 206, *s* noch besonders bei stärkerer Vergrößerung abgebildet ist. Hauptsächlich in der Nähe der Tracheen, die Tracheen mit den Markstrahlen verbindend, findet man ferner Holzparenchymelemente (*hp*), welche durch die geringe Dicke ihrer Wand und an dem meist vorhandenen braunen Inhalte von den Holzfasern zu unterscheiden sind.

Für das Verständnis der Anordnung der verschiedenen Elemente leistet die Betrachtung des Tangentialschnittes (Fig. 207) gute Dienste. Man sieht, daß die Markstrahlen (*m*) eine Höhe von 2—30 Elemente besitzen, während ihre Breite zwischen 1—4 Elementen schwankt. Dann bemerkt man, daß das Holzparenchym (*hp*) sich dicht an die Tracheen anlegt und Tracheen und Markstrahlen seitlich verbindet, wie z. B. in der Abbildung bei *hp'*. Die Sekretbehälter (*s*) liegen fast nur in den Markstrahlen und zwar häufig in der obersten oder untersten Zellreihe. Die meist stark gebogenen Sklerenchymfasern füllen den Raum zwischen Markstrahlen, Holzparenchym und Tracheen aus.

Bau der einzelnen Elemente.

Die Sklerenchymfasern des Holzes sind lang gestreckt, meist beiderseitig einfach zugespitzt, hie und da auch an der Spitze gegabelt; ihre Wand ist meist mächtig stark verdickt, fast homogen, sehr wenig und zart getüpfelt. Die Mittellamelle aller Zellwände ist stark verholzt und tritt überall scharf hervor, auch bei den Sklerenchymfasern (Fig. 206); mit Anilinsulfat färbt sie sich intensiv gelb, durch Schwefelsäure wird sie schwierig zerstört. Der Mittellamelle liegt bei der Sklerenchymfaser die primäre Verdickungsschicht als kaum verholzte, sich mit Chlorzinkjod meist noch schmutzig blau färbende Lamelle auf. Die sekundäre Verdickungsschicht ist sehr dünn und etwas stärker lichtbrechend als die primäre; in Fig. 206 erscheint sie etwas dunkler als die letztere.

Die Tracheen sind ebenfalls wenig verholzt, ihre Verdickungsschicht zeigt dieselbe Reaktion wie die Verdickungsschicht der Sklerenchymfaser. Die Wände sind, wie die Fig. 205, *g* zeigt, wenigstens da, wo sich zwei Tracheen berühren, mit rund behöftten, spaltenförmigen Tüpfeln versehen. Die Zwischenwände sind häufig völlig durchbrochen, wie bei Fig. 205, *g*, häufig auch nur leiterförmig durchbrochen.

Die Markstrahlencellen besitzen eine dünne, mit runden Tüpfeln versehene Wand. Ihre Form läßt sich leicht aus dem Längsschnitte (Fig. 208, *m*) und aus dem Querschnitte der Zelle (Fig. 207, *m*) ableiten. Zu bemerken ist, daß, wie überall, auch hier die Markstrahlencelle kleine

Intercellularräume zwischen sich lassen (Fig. 205, *i*). Die Holzparenchymzellen (Fig. 205, *hp*) sind den Markstrahlzellen ähnlich.

Die Sekretbehälter sind durch die Struktur ihrer Membran ausgezeichnet; diese ist in Fig. 206, *s* dargestellt. An die Mittellamelle (*m*) schließt sich direkt eine einzige verkorkte Verdickungsschicht (*e*) an. Letztere Lamelle löst sich also in Schwefelsäure nicht.

Inhalt der Elemente.

Stärke kommt hauptsächlich in dem Holzparenchym und den Markstrahlzellen, seltener in den Holzfasern vor. Markstrahlen und Holzparenchym führen einen braunen Inhalt, welcher in Kalilauge löslich ist und sich mit Eisenchlorid dunkler färbt. Das Sekret der Sekretbehälter ist farblos und besteht wohl hauptsächlich aus den Körpern, welche wir im ätherischen Öle der Droge finden.

Chemie: Das Wurzelholz liefert bis 2 % eines ätherischen Öles, die Wurzelrinde bis 4 %.

Das ätherische Öl besteht wesentlich aus dem krystallisierenden Safrol ($C^{10}H^{10}O^2$) und dem flüssigen Safren ($C^{10}H^{10}$, Siedepunkt 156°).

Geschichte: Bei Gelegenheit der vom Admiral Coligny veranlaßten protestantischen Kolonisationsversuche in Florida (1562—1564) wurden die Franzosen auf das von den Indianern als Heilmittel gebrauchte Sassafrasholz zuerst aufmerksam.

1) **Radix Ononidis.**

Hauhechelwurzel.

Litteratur.

Botanik: Wiegand, Flora 1856, S. 673. — de Bary, Anatomie, S. 583.

Chemie: Reinsch, Repert. Pharm. 76, S. 12; 78, S. 18. — Hlasiwetz, Journ. prakt. Chem. 65, S. 419; Wien. Akad. Ber. 15, S. 165.

Stammpflanze: *Ononis spinosa* L., Papilionaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Durch fast ganz Europa verbreitet, auf trocknen Wiesen, Wald- und Wegrändern.

Kultur und Einsammlung: Die Droge wird nur von wildwachsenden Pflanzen, meist im Herbste gesammelt.

Morphologie: Die Droge besteht aus der wenig verzweigten, oft 20 und mehr Jahre alten Hauptwurzel der Pflanze, meist mit dem sehr kurzen, fast ganz unterirdisch wachsenden Achsenteile, von welchem die Zweige und Knospen entfernt sind. Häufig sind die im Handel vorkommenden Wurzeln in Längsstreifen gespaltet.

Anatomie.

Lupe: Die Querschnittfläche der Wurzel erscheint, wie Fig. 209 u. 210 zeigen, meist nicht rund, sondern ihr Umfang ist meist mehr oder weniger buchtig eingeschnitten. Betrachtet man die Querschnittfläche der Wurzel genauer, so sieht man, daß der organische Mittelpunkt der Wurzel meist mehr oder weniger excentrisch liegt, oft dicht am Rande zu finden ist. Nur in ganz jungen Wurzeln und Wurzelspitzen liegt der organische Mittelpunkt fast ganz central, also normal.

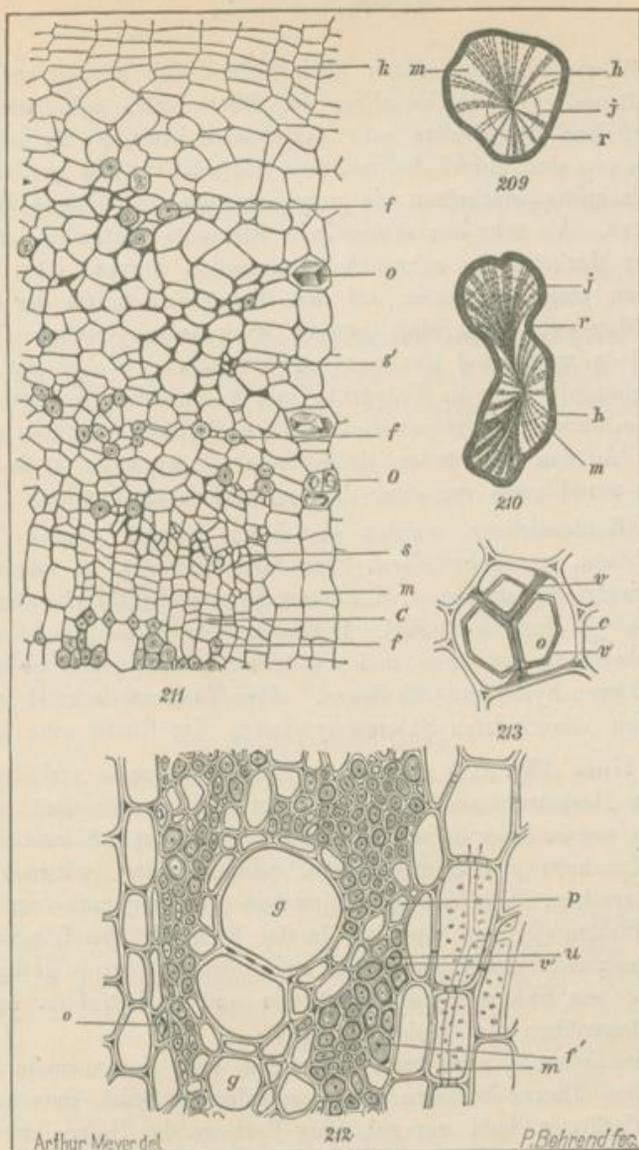
Nicht selten sieht man ferner schwarze Streifen in radialer Richtung von der Rinde aus in das weiße Gewebe eindringen oder schwarze Punkte in dem weißen Gewebe; es sind dies im Absterben begriffene Partien, welche durch äußere Schädlichkeiten angegriffen sind. Die Streifen gehen gewöhnlich von abgestorbenen Seitenwurzeln aus.

Die Wurzel ist bedeckt von einer fast schwarzen Schicht, der Borke, unter welcher man als schmale, graue, hornartige Linie die sekundäre Rinde hinlaufen sieht. In Fig. 209 u. 210 ist Borke und sekundäre Rinde zusammen, also die Rinde im weiteren Sinne, durch die dunkle Linie markiert, welche den strahligen Kern, das Holz, umgiebt. Das Holz ist sehr hell gefärbt und durch die sehr verschieden breiten, weißen Markstrahlen (*m*) deutlich radial gestreift. Die Holzstränge (*h*) sind etwas grauer und durch die großen Tracheen charakterisiert. Das Holz zeigt mehr oder weniger deutlich Jahresringe (*j*) schon bei Lupenbetrachtung. In Fig. 210 sind durch einige zarte, schwarze Bogen, in Fig. 209 ist ein schärfer ausgebildeter Jahresring durch eine Kreislinie angedeutet. Vorzüglich deutlich treten die Jahresringe hervor, wenn man die Schnittfläche mit Anilinsulfat befeuchtet.

Bricht man die Wurzel langsam durch, so sieht man die Bruchfläche mit feinen, haarartigen Fasern bedeckt; es sind dies einzelne oder Bündel von Sklerenchymfasern des Holzes. Da die parenchymatischen Elemente Stärke führen, so färbt sich die Wurzel beim Befeuchten mit Jodjodkalium teilweise blau. Durch Befeuchten mit Ammoniak wird das Holz gelb gefärbt.

Mikroskop: Die schuppige Borke, welche die Wurzel umhüllt, wird durch etwa 6 Zelllagen dicke Korkschichten von dem Rindengewebe abgeschnitten. Die Elemente des Rindenparenchyms, welche durch die Korkschicht von dem übrigen Gewebe getrennt werden, wachsen anfangs noch beträchtlich, bräunen ihre Membran und füllen sich, wie die alten Korkzellen, mit einer braunen, körnigen Masse.

Die Rinde wird infolge der lebhaften Peridermbildung nicht dick und zeigt auf dem Querschnitte (Fig. 211) zwischen der innersten Peridermschicht *k* und dem Kambium (*C*) meist nur eine schmale Ringzone nicht obliterierter Siebstränge (*s*) und vielleicht ebenso viele obliterierte Sieb-



Erklärung der Tafel.

Wurzel von *Ononis spinosa*.

Fig. 209 und 210. Querschnittflächen.

r Rinde. h Holzstrang. m Markstrahl. j Jahresring.
Abbildung nach Wiegand.

Fig. 211. Querschnitt der Rinde bis zur innersten Korkschicht k.
f Sklerenchymfasern. o Oxalatzellen. s' obliterierte, s intakte Siebstränge. m Markstrahlenparenchym. c Kambium.
220fach vergr.

Fig. 212. Querschnitt des sekundären Holzes.
p Parenchym, f' Sklerenchymfaser des Holzes. v deren verholzte, u deren unverholzte Lamellen der Membran. m Markstrahlenparenchym. o Oxalatzelle. g Gefäß.
330fach vergr.

Fig. 213. Oxalatzellen aus dem Tangentialschnitte der Rinde.
Eine Markstrahlencelle mit unverholzter Membran c ist in 3 Zellen getheilt, in welchem die 3 Oxalatkristalle o liegen, umhüllt von verholzten Membranen v.

stränge (*s'*) wie thätige, in den nach aufsen sich schnell verjüngenden Rindensträngen. Die Markstrahlen der Rinde erscheinen, wie die des Holzes auf dem Querschnitte sehr verschieden breit, 1—30 Zellen breit; ihre Zellen (*m*) sind unverholzt, auf dem Querschnitte fast quadratisch; im Tangentialschnitte erscheinen sie polygonal wie die äußere Membran *c* der Fig. 213. Als sehr charakteristische Elemente treten in der äußeren Partie der Markstrahlen zahlreiche Oxalatzellen hervor. Den Bau derselben kann man am besten auf dem Tangentialschnitte der Rinde erkennen. Man sieht dann, daß gewisse Markparenchymzellen sich durch dünne Wände in 2 bis 4 Kammern geteilt haben, wie es Fig. 213 darstellt. Behandelt man die Präparate mit Anilinsulfat, so bemerkt man, daß die Teilwände (*v*) verholzt sind, die ursprüngliche Membran (*c*) unverholzt ist. An den Teilwänden sitzen die Oxalatkristalle (*o*) fest an und sind dicht umschlossen von einer dünnen, verholzten Membran (*v*).

Die Rindenstränge werden in ihrem ganzen oberen Teile aus relativ großem, unregelmäßigem Parenchym gebildet, in welches einmal die obliterierten Siebstränge, z. B. *s*, dann die stark lichtbrechenden Sklerenchymfasern (*f*) eingelagert sind. Dicht am Kambium (*c*) sieht man zahlreiche Siebstränge, zwischen und vorzüglich hinter denen ebenfalls vereinzelte Sklerenchymfasern (*f*) liegen. Der Tangentialschnitt lehrt, daß die gänzlich unverholzten Sklerenchymfasern der Rinde sehr lang sind.

Das Holz (Fig. 212) zeichnet sich aus durch seine verholzten, grob getüpfelten Markstrahlzellen (*m*) und durch die zahlreichen, sehr stark verdickten, nur in einer äußeren Lamelle (*v*) verholzten Sklerenchymfasern (*f*). Die Tracheen (*g*) sind mit kurzen, spaltenförmigen, schwach behöfteten Tüpfeln versehen. Die wenig zahlreichen parenchymatischen Elemente der Holzstrahlen (*p*) sind verholzt, in der Richtung der Längsachse der Wurzel gestreckt, unten und oben zugespitzt und grob getüpfelt. An der Grenze von Sklerenchymfasersträngen und Markstrahlen liegen hier und da Längsreihen von Oxalatzellen (*o*).

Schließlich mag noch bemerkt werden, daß die anormale Form des Querschnittes älterer Wurzeln daher zu rühren scheint, daß infolge von äußeren Einflüssen bald unregelmäßig Partien des Holzes an verletzten Stellen absterben, und daß sich hinter den absterbenden Regionen ein Kambium bildet, welches Rinde erzeugt, in der sich sofort wieder eine Peridermschicht ausbildet. Das Kambium erzeugt rechtwinklig zu seiner Längsrichtung Zellelemente, die sich den alten Holzstrahlen und Markstrahlen ansetzen, so daß sich diese dann später nach den Stellen, in welchen die Verwitterung stattfand, also nach den Rändern der Buchten bogig hinneigen. Diese Verhältnisse bedürfen jedoch noch einer genaueren Untersuchung. Berg (Atlas, S. 9) und Wiegand haben die Erscheinung nur ganz oberflächlich angesehen.

Chemie: Aus der Wurzel ist ein für Menschen ungiftiges Glykosid, das Ononin, ferner ein amorpher Körper, welcher dem Glycyrrhizin

ähnliche Eigenschaften besitzt, das Ononid, und ein geruch- und geschmackloser, leichtschmelzbarer, krystallisierbarer Körper der Formel $C^{12}H^{20}O$, dessen chemische Natur ebenfalls nicht festgestellt ist, dem man aber den Namen Onocerin gegeben hat, dargestellt worden.

Geschichte: Die Hauhechelwurzel war schon im 16. Jahrhundert officinell.

*) Die officinellen Umbelliferenwurzeln.

Radix Levistici, Liebstöckelwurzel. Radix Angelicae, Engelwurzel. Radix Pimpinellae, Bibernelnwurzel.

Litteratur.

Radix Levistici.

Verbreitung: Ascherson und Kanitz, Catalog. Serbiae, Bosniae etc., Klausenburg, 1877.

Kultur: Schwabe, Der Medizin-Kräuterbau in Thüringen, Pharmazeutische Zeitung 1876, Pharm. Handelsblatt No. 64. — Meine eigenen, in Cölleda angestellten Beobachtungen.

Chemie: Bericht von Schimmel & Co., Leipzig, 1887, Okt. S. 45.

Radix Angelicae.

Verbreitung: Schübler, Pflanzenwelt Norwegens 1873, 281. — Hooker, Flora boreali-americana I. (1833) 9. — Nyman, Conspect. Florae Europ. II (1879) 282. — Sommer, Un' estate in Siberia, Firenze 1885 (Justs Jahresb. 1886, S. 165). — Gardner, Plants used as medicines in China, Pharm. Journ. XV, 497.

Chemie: Bericht von Schimmel & Co. 1887, Okt., S. 45. — Buchner, Repert. (2) 26, 145—178; Repert. Pharm. 76, 161. — Brimmer, Dissert. Erlangen 1875. — Beilstein und Wiegand, Berl. Ber. 15, 1741. — Naudin, Bullet. soc. chim. (2) 39, p. 407. — Angelikasäure: Buchner, Repert. Pharm. 76, 161. — Baldriansäure: Meyer und Zenner, Ann. Chem. Pharm. 55, 317.

Radix Pimpinellae.

Einsammlung: Briefliche Mitteilung an mich von Brückner, Lampe & Co., Leipzig, Nov. 1881.

Chemie: Ber. v. Schimmel & Co., 1887, Okt., p. 45. — Buchheim, Archiv der Heilkunde XIV, 1872, S. 37. — Bley, Trommsdorffs N. Journ. 12 (2) 62.

Verwechslung: Caesar & Loretz, Preisverzeichnis, Jan. 1889 und Pharmaz. Zeitg. 1888, S. 36.

Diese drei nach äußerem Ansehen, Geruch und Geschmack leicht zu unterscheidenden Drogen sind sich in morphologischer und anatomischer Beziehung so ähnlich, daß wir sie zweckmäßigerweise gleichzeitig und vergleichend besprechen.

Stammpflanzen: Radix Levistici: Levisticum officinale Koch (Ligusticum Levisticum L.).

Radix Angelicae: Archangelica officinalis Hoffmann (Angelica officinalis Mönch).

Radix Pimpinellae: Pimpinella Saxifraga L. und Pimpinella magna L.

Verbreitung der Stammpflanzen: Levisticum officinale: Wildwachsend vielleicht in Serbien und Bosnien vorkommend; in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, Holland häufig in Bauerngärten gezogen.

Archangelica officinalis: Wildwachsend im nördlichen Europa und Sibirien, auf Island und Grönland.

Pimpinella Saxifraga und magna: Fast durch ganz Europa, mit Ausschluss der südlichsten Gebiete, und auch in großen Gebieten Asiens. Eine interessante Varietät von P. Saxifraga ist P. nigra Willd., welche sich auch durch schwarzen Kork der Wurzel auszeichnet.

Kultur und Einsammlung: Radix Levistici und Angelicae werden in großen Mengen bei Cölleda im Thüringer Kreis der preufs. Provinz Sachsen angebaut. Levisticum wird in Cölleda entweder aus Samen gezogen, wie Angelica, oder auch durch Seitensprosse, die an dem Rhizom entstehen, fortgepflanzt. Die Seitensprosse werden im Frühjahr eingesetzt und im Herbst (Mitte September oder Oktober) ausgegraben. Man spaltet das Rhizom und die stärkeren Wurzeln, reiht die Stücke auf Bindfäden und trocknet sie.

Angelica wird nur aus Samen gezogen. Der Samen wird in einem leichten, gut gedüngten Boden im Herbst (seltener im Frühjahr) ausgesät. Die jungen Pflanzen werden, um das Land vom Unkraut zu befreien, 2—3 mal umhackt, erreichen bei günstiger Witterung bis zum Herbst eine Höhe von 3—4 Fuß und werden dann ausgegraben. Das Rhizom und das Wurzelsystem wird dann gewaschen, an Bindfäden gereiht und zum Trocknen aufgehängt. Einige Pflanzen läßt man im Lande, um Samen zu erhalten, welcher erst durch die zweijährige Pflanze gebildet wird.

Angelikawurzel wird auch bei Jenalöbnitz in der Nähe von Jena, bei Schweinfurt, im Erzgebirge und im Riesengebirge kultiviert.

Radix Pimpinella wird dagegen von wild wachsenden Pflanzen gesammelt und von den Sammlern gern aus Klee- oder Esparsetteäckern gegraben, sowohl im Frühjahr als im Herbst.

Morphologie der Drogen: Alle drei Drogen bestehen aus den ganzen unterirdischen Teilen der Pflanzen und zwar aus einem kurzen, in manchen Fällen verzweigten Achsenstücke, meist einer verzweigten Hauptwurzel und auch Nebenwurzeln.

Radix Levistici besteht aus den unterirdischen Teilen einjähriger Pflanzen. Der mächtig lange Achsenteil ist durch die Blattnarben charakterisiert und trägt häufig dünnere Zweige mit verlängerten Internodien.

An der Spitze der Achse sitzen die dicht übereinander stehenden Blattbasen und Knospenblätter. Die Region, welche diese Blätter trägt, ist nicht gekammert, sondern massiv und besonders reich an Ölgängen. Die Achse geht nach unten in die mäfsig verzweigte Hauptwurzel über. Der Handel liefert nicht die ganzen unterirdischen Teile im Zusammenhange, sondern die Seitenwurzeln mehr oder weniger getrennt von den Achsen und den Hauptwurzeln. Die im Handel vorkommenden Achsen und Wurzeln sind ausserdem meist der Länge nach gespaltet, um das Trocknen derselben zu erleichtern.

Radix Angelicae besteht dagegen aus dem unzerschnittenen unterirdischen Teile, von dem nur die gröfseren Blätter entfernt sind. Der Achsenteil trägt an der Spitze zahlreiche junge Blätter, Knospen und Blattreste, ist aber nicht verzweigt, und dabei kurz und dick. Die Achse ist im oberen Teile, soweit gröfsere Blätter safsen, gekammert. An der Achse sitzen zahlreiche, selbst wieder reich verzweigte Nebenwurzeln; auch die Hauptwurzel ist meist vorhanden und dann ebenfalls reichlich verzweigt.

Radix Pimpinellae des Handels zeigt keinen so gleichmäfsigen Charakter wie die beiden anderen Drogen, was einmal damit zusammenhängt, dafs die Droge von wildwachsenden Pflanzen gesammelt wird, dann auch damit, dafs zwei verschiedene Stammpflanzen die Droge liefern. Die unterirdische Achse der Pflanze ist fast stets mehr oder weniger reich verzweigt. Die Hauptachse und teilweise auch deren Zweige endigen in Reste der hohlen, abgestorbenen, oberirdischen Achsen oder tragen die Narben abgeschnittener Knospen oder Achsen. Die unterirdischen Achsenstücke sind durch die Blattnarben deutlich geringelt, welche letztere mit den Resten der Gefäfsbündel, kleinen Spitzchen, besetzt sind.

Die Hauptwurzel ist wenig verzweigt, Nebenwurzeln sind oft nur wenige vorhanden, oft fehlen sie ganz.

Anatomie der Wurzeln der drei Drogen.

Lupe: Betrachtet man den quer durchschnittenen unteren Teil einer Hauptwurzel, eines Hauptwurzelzweiges oder einer Nebenwurzel der drei Drogen auf der Schnittfläche, so sieht man im allgemeinen folgendes:

Die Rinde zeigt als äufserste, hautartig zusammenhängende, sich leicht loslösen lassende Schicht das Periderm (*p*, Fig. 218). Die äufsere Partie des Periderms ist die Korkschiebt, welche bei Pimpinella hellgelb, bei Levisticum rötlichgelb, bei Angelica dunkel graubraun gefärbt erscheint.

In der Rinde fallen die grofsen Luftlücken und die quer durchschnittenen Sekretgänge, aus denen meist Sekretröpfchen austreten, zuerst ins Auge. Die Sekretbehälter liegen in den Rindenstrahlen (*s*), welche rechts und links von den meist helleren Markstrahlen (*m*) begrenzt sind. Das Kambium (*C*) tritt stets deutlich hervor. Das Holz erscheint bei Levi-

sticum und Pimpinella in der Droge schön gelb, bei Angelica meist grau. Die gelbe Farbe des Holzes der ersten beiden Drogen rührt von den Tracheen her, deren Öffnungen in allen drei Wurzeln leicht zu erkennen sind. Auch im Holze erkennt man die Markstrahlen (*m*) deutlich. In der Fig. 218 ist ein Schnitt durch den oberen Teil einer Hauptwurzel von Angelika abgebildet, welche scheinbar ein Mark zeigt. Nur diejenige Partie dieser Wurzel, welche dicht an das Rhizom grenzt, besitzt eine so breite centrale Parenchymmasse.

Mikroskop: Von den Wurzeln der drei Pflanzen soll zur eingehenden Beschreibung des anatomischen Baues diejenige von Levisticum benutzt werden; für die anderen Wurzeln brauchen wir dann nur die Abweichungen ihres Baues von dem Baue der Liebstockwurzel anzugeben.

Radix Levistici. Die Wurzel besitzt eine nur dünne Peridermschicht. Der äußere Teil der letzteren wird aus etwa 6 Lagen dünnwandiger gelblicher Korkzellen gebildet (Fig. 214 *k*), der innere aus einer ebenfalls dünnen Lage von Phelloderm, dessen Elemente ohne Interzellularräume aneinander schliessen, etwas kollenchymatisch und grob getüpfelt sind und im Tangentialschnitt der Wurzel aussehen, wie die in Fig. 217 für die Angelikawurzel abgebildeten Zellen *kp*. Das äußere, stark verzerrte Gewebe der inneren Rinde ist von großen, unregelmäßigen Luftlücken durchsetzt, welche vorzüglich und zuerst in den Markstrahlen auftreten und ursprünglich wohl nicht durch Zerreißen, sondern durch Lösung der Mittellamellen der Markstrahlzellen (schizogen) zu stande kommen (noch genauer zu untersuchen!). Die Markstrahlen, welche Rinde und Holz durchziehen (Fig. 215 *m* und 216 *m*), sind relativ schmal, meist nur 2–3 Zellen breit, aber sehr hoch, meist 10–50 Zellen hoch.

Die zwischen den Markstrahlen liegenden Rindenstränge lassen als die auffallendsten Elemente die großen interzellularen Sekretgänge (*Se*, Fig. 215) erkennen, die von einem dünnwandigen Epithel (*Et*) umschlossen werden und gewöhnlich von einer Gruppe dünnwandiger Parenchymzellen umgeben sind.

Solche mehr oder weniger in der Längsrichtung der Wurzel gestreckte Parenchymzellen (Fig. 219 *p*) nehmen ferner den kleinen Raum ein (Fig. 215 *p*), welchen Gruppen von kollenchymatischen Ersatzfasern

Erklärung der Tafel.

Fig. 214, 215, 216 Radix Levistici (dicker Zweig der Hauptwurzel).

Fig. 214. Querschnitt durch das Periderm.

p Rindenparenchym. *kp* Phelloderm. *k* Korkzellen.

Fig. 215. Querschnitt durch den mittleren Teil der sekundären Rinde.

m Markstrahl. *p* Rindenparenchym. *f* Ersatzfaser. *s* Siebröhre. *Se* intercellularer Sekretgang. *Et* Epithel des Sekretbehälters.

Fig. 216. Querschnitt durch den mittleren Teil des sekundären Holzes.

m Markstrahl. *p* Parenchym. *f* Ersatzfaser. *g* Gefäß. *L* Luftführende Interzellularlücke.
220fach vergr.

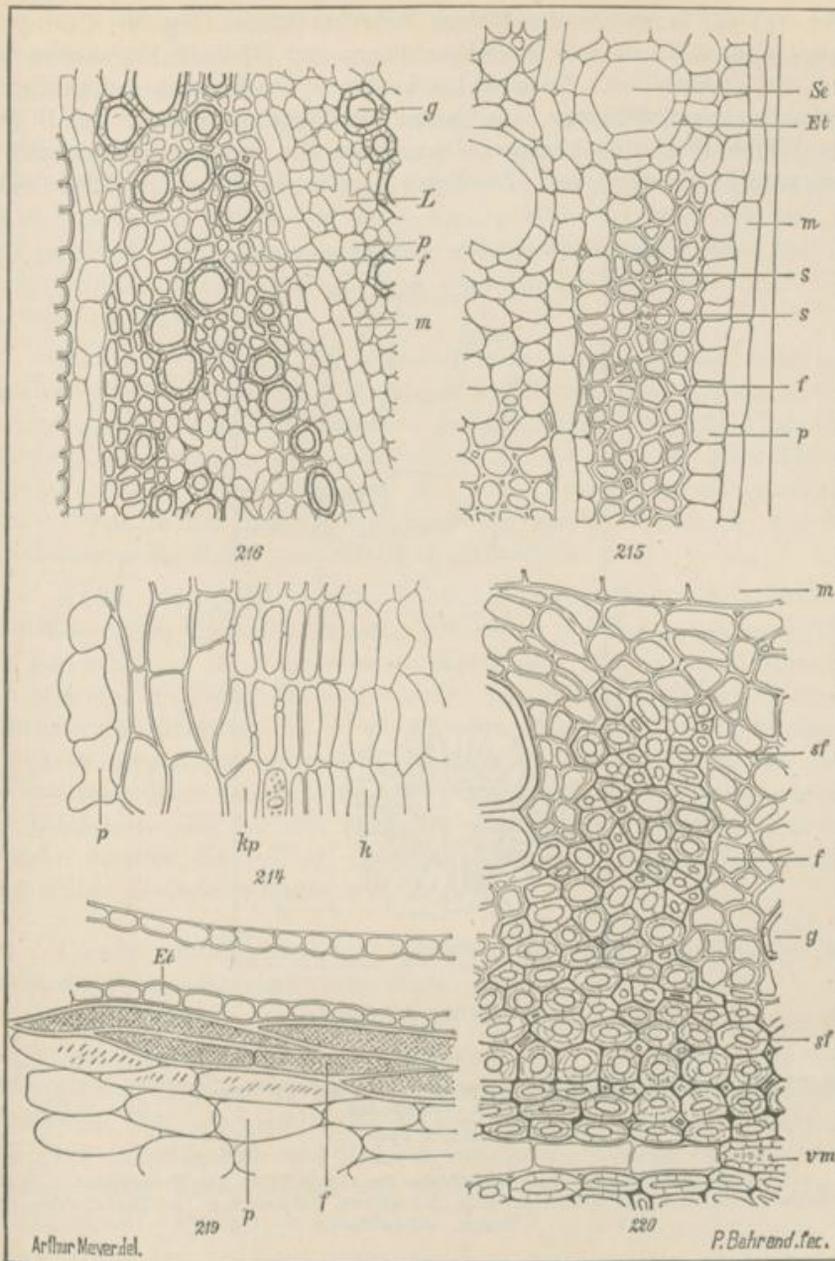


Fig. 219 und 220 Radix Pimpinellae.

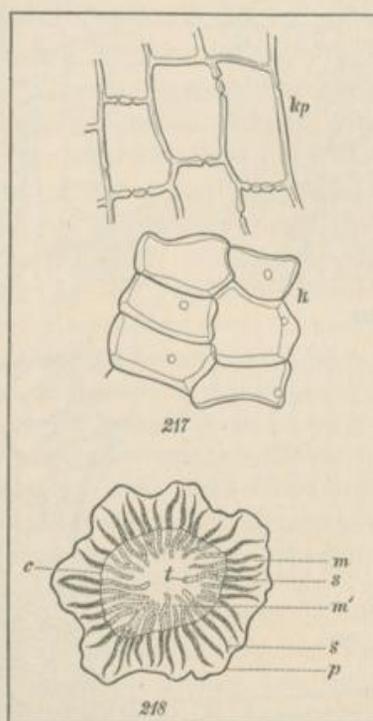
Fig. 219. Partie aus dem tangentialen Längsschnitt der sekundären Rinde einer Wurzel von Pimpinella Saxifraga.

f Ersatzfaser. p Parenchym. Et Epithel eines Sekretganges.
220fach vergr. Der Schnitt querliegend.

Fig. 220. Querschnitt durch das Holz einer älteren Wurzel von Pimpinella magna.

m Markstrahlenparenchym. sf Sklerenchymfaser. f Ersatzfaser. g Gefäß. vm Verholzte Markstrahlzelle. Der Schnitt liegt quer.

(Fig. 215 *f*), in welche die kleinen Siebröhrenbündel (Fig. 215 *s*) eingelagert sind, übrig lassen. Diese Ersatzfasern sind für *Radix Pimpinellae* in Fig. 219 *f* abgebildet. Sie sind bei *Levisticum* meist noch dickwandiger und mit etwas kräftigeren, spaltenförmigen Tüpfeln versehen. Im Holze der Wurzel (Fig. 216) kommen diese Faserzellen weniger stark verdickt und weniger zahlreich vor. Sie liegen hier in der Nähe der Gefäße (*g*),



Erklärung der Tafel.

Radix Angelicae.

Fig. 217. *kp* Elemente des Phelloderms, aus dem Tangentialschnitte der Wurzel. *h* Korkzellen von oben gesehen.
220fach vergr.

Fig. 218. Schema der Querschnittfläche des oberen Teiles der Hauptwurzel.
m Markstrahlen der Rinde. *s* Rindenstränge. *p* Periderm. *t* Holzstränge. *m'* Markstrahlen des Holzes. *c* Kambium.

welche in dünneren Wurzeln von sehr verschiedener Größe und unregelmäßig gestellt sind, bei älteren Wurzeln gleichmäßig groß und in fast regelmäßige Radialreihen geordnet sind. Die Gefäße sind fast durchgängig mit spaltenförmigen Tüpfeln versehen. In etwas älteren Wurzeln treten auch in den Holzstrahlen Luftlücken auf. In Fig. 216 *L* ist eine im Entstehen begriffene Luftlücke abgebildet.

Die Wurzel enthält je nach der Sammelzeit und der Art des Trocknens grössere oder geringere Mengen von Stärke in Parenchymzellen und Ersatzfasern, kann auch ganz stärkefrei sein.

Eine besondere Besprechung verlangen die Sekretbehälter, da sie die wirksamen Bestandteile, das ätherische Öl, enthalten. Die Sekretbehälter sind schizogene Intercellularräume, welche sich schon bei ihrer Entstehung mit dem Sekrete füllen und lange Kanäle bilden. In Fig. 219 ist ein Längsschnitt durch einen Sekretgang dargestellt, dessen Epithel mit *Et* bezeichnet ist. Die kleinen, den Gang auskleidenden Epithelzellen schliessen lückenlos aneinander.

Radix Angelicae. Die Wurzeln besitzen im wesentlichen denselben anatomischen Bau wie die Wurzeln von *Levisticum*. Als feinerer Unterschied mag die bedeutendere Weite der Sekretgänge und die Thatsache hervorgehoben werden, daß der Epithelzellenkranz meist von einer Schicht dickwandiger Zellen umgeben ist. Die Menge des dünnwandigen Parenchyms in den Baststrahlen ist größer als bei *Levisticum*, und die Ersatzfasern des Holzes sind relativ stark verdickt.

Radix Pimpinellae. Die Wurzel besitzt relativ kleine Sekretbehälter, deren Epithelzellen stets mit einem gelblichen Sekret gefüllt zu sein scheinen. Im Holze scheinen Ersatzfasern stets reichlich vertreten zu sein, und bei *Pimpinella magna* findet man in älteren Wurzeln größere Partien dieser Ersatzfasern schwächer oder stärker verholzt und verdickt, zu Sklerenchymfasern geworden. In Fig. 220 ist eine Partie aus dem Wurzelholze dieser Pflanze dargestellt und sind die Sklerenchymfasern mit *sf* bezeichnet. *vm* ist eine verdickte und verholzte Markstrahlzelle, welche daselbst hie und da ebenfalls vorkommen. Die im Herbste gesammelten Wurzeln enthalten viel Stärke.

Chemie: *Radix Levistici.* Liefert 6 pro Mille ätherisches Öl und außerdem Harz. Schmeckt aromatisch.

Radix Angelicae. Liefert etwa 1 % ätherisches Öl, welches noch nicht genauer untersucht ist, größtenteils aus Terpenen besteht und geringe Mengen Cymol zu enthalten scheint, und 6 % Harz. Außerdem findet sich von auch sonst in den Pflanzen häufig vorkommenden Körpern bis $\frac{1}{3}$ % Angelikasäure und Hydrokarotin in der Wurzel, ebenso Rohrzucker. Auch kleine Mengen von Baldriansäure wurden in der Wurzel nachgewiesen. Geschmack aromatisch.

Radix Pimpinellae. Man hat aus der aromatisch und beißend scharf schmeckenden Wurzel, welche 0,025 % ätherisches Öl enthält, einen Körper dargestellt, welcher den scharfen Geschmack der Wurzel bedingt und Pimpinellin genannt wurde.

Verwechslung: *Radix Heraclei Sphondylii* kommt unter Umständen als *Radix Pimpinellae* in den Handel.

Geschichte: Radix Levistici war im Mittelalter eine sehr beliebte Droge und scheint auch schon zur Zeit der Römer Verwendung gefunden zu haben.

Die Anwendung von Radix Pimpinellae läßt sich bis zum 8. Jahrhundert zurück verfolgen und

Radix Angelicae ist seit dem Anfange des 16. Jahrhunderts in Deutschland zu Arzneizwecken kultiviert worden, viel früher bei den nordischen Völkern als Nahrungsmittel benutzt und angebaut worden.

1) Radix Helenii.

Alantwurzel, Rhizoma Enulae.

Litteratur.

Verbreitung: Günther Beck, Die europäischen Inula-Arten. Separatabzug aus d. XLIV. Bd. der Denkschriften d. Math. Naturw. Klasse d. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. Wien 1881.

Kultur: Cultivation of Medicinal Plants in Thuringia. Gard. Chron. 1879. Vol. XII, p. 466. — Schwabe, Der Medizin-Kräuterbau in Thüringen, Pharmazeutische Zeitung 1876, No. 64.

Anatomie: R. Triebel, Über die Ölbehälter der Wurzeln von Compositen. Nova Acta Leop. Carol. Akad. Natur. Bd. 50, No. 7, Halle 1885. — Maurice Thouvenin, Contribution à l'étude anatomique des racines de la famille des Composées. Thèse, Nancy 1884. pg. 63.

Chemie: Husemann und Hilger, Die Pflanzenstoffe, S. 882, S. 1538. — Kallen, Berichte d. deutsch. Chem. Gesellschaft, 1873, S. 1506; Berichte d. deutsch. Chem. Gesellschaft, 1876, S. 154. — Dragendorff, Materialien zu einer Monographie des Inulins, St. Petersburg, 1870. — Lescoer et Morelle, Sur l'identité des inulines de diverses provenances. Compt. rend. t. 87, p. 216. — Schoonbroodt, Jahresber. der Pharmac. 1869, S. 20. (Zucker.) — Schimmel & Co., Leipzig, Bericht 1887, Okt. p. 45 (Bekurts, Jahresbericht der Pharmacie, Göttingen 1889, S. 12). — Marpmann, Pharmac. Centralhalle 1887, No. 10, S. 122. — Hock, Archiv der Pharmacie 221, S. 17.

Stammpflanze: Inula Helenium L., Compositae, Inuloideae.

Verbreitung der Stammpflanze: Die ausdauernde Pflanze kommt im ganzen mittleren Europa und Mittelasien zerstreut, vorzüglich auf feuchten Grasplätzen vor.

Kultur und Einsammlung: Die bei uns im Handel vorkommende Droge stammt ausschließlich von kultivierten Pflanzen. Fast alle in Deutschland gebrauchte Ware wird in Cölleda an der Unstrut gewonnen. Wie mir die Herren Gebr. Kirchner in Cölleda, welche die Alantkultur im großen Maßstabe betreiben, freundlichst mitteilten, wird der Samen der Pflanze im Frühjahr mit der Hand frei ausgeworfen, etwas beigebracht, und werden die aufkommenden Pflanzen dann im Herbst ausgehoben und in tief gegrabenes oder rigoltes Land eingepflanzt. Der unterirdische

Teil der Pflänzchen ist im Herbst etwa 16–20 cm lang und die Wurzel etwa 1 cm dick. Die Pflänzchen entwickeln sich dann im nächsten Jahre kräftig und wird ihnen am Johannistage (24. Juni) die sich oft schon bildende Blütenachse abgeschnitten, um eine kräftigere Entwicklung des Wurzelsystems zu veranlassen. Mitte September oder anfangs Oktober erntet man die Pflanzen, schneidet die Blätter und die Wurzeln vom Rhizom ab und verwirft die ersteren, spaltet das kurze Rhizom und die dickeren Wurzeln der Länge nach, reiht die Stücke des Rhizoms und der Wurzel auf Fäden, hängt sie geschützt auf und trocknet sie.

Seltener schneidet man die Spitze des Rhizoms der zweijährigen Pflanze ab und legt sie wieder im nächsten Frühjahr in die Erde. Es bilden sich dann wieder bis zum Herbst des nächsten Jahres erntefähige Wurzelsysteme aus. 4 Teile frischer Wurzel geben etwa 1 Teil der Droge.

Auch in Holland, England und der Schweiz baut man Alant, doch kommt diese Ware für uns nicht in Betracht.

Morphologie: Die Pflanze besitzt ein ausdauerndes Rhizom. Das Rhizom der zweijährigen kultivierten Pflanze, welches die Droge liefert, ist meist nur etwa 6 cm lang und 5 cm dick. Es trägt an der Spitze eine große Blattrosette, welche die Terminalknospe oder die Narbe einer Blütenachse einschließt. Die Narben der abgestorbenen Blätter sind schwer zu erkennen. An Orten, welche den Blattachsen der spiralig gestellten, abgestorbenen Laubblätter entsprechen, finden sich Knospen, die meist noch wenig herangewachsen sind, oder kurze, höchstens 3 cm lange Rhizomäste, welche auch Laubblätter tragen. Aus dem Rhizom brechen verhältnismäßig zahlreiche lange und dicke Wurzeln hervor. An einem aus Cölleda stammenden Exemplare finde ich 10 Nebenwurzeln, von denen die stärkste 50 cm lang und 2,5 cm dick ist. Die wildwachsenden Pflanzen zeigen eine so kräftige Entwicklung des Wurzelsystems nicht.

Die Droge besteht danach der Hauptmasse nach aus Nebenwurzeln. Diese sind teilweise der Länge nach gespalten, hie und da auch geschält. Außerdem findet man Stücke des ebenfalls gespaltenen dicken Hauptrhizomes und die kurzen Seitenzweige oder Seitenknospen, welche meist mit den Wurzelstücken im Zusammenhange bleiben. Die Achsenstücke sind an den ringförmigen Blattnarben und den Blattresten erkennbar.

Anatomie der Wurzel.

Lupe: Auf der Querschnittsfläche der trocknen Wurzel (Fig. 226) erkennt man als äußerste Schicht die dünne, bräunliche Korkschicht (*K*). Der Verdickungsring, das Kambium, erscheint meist als sehr zarte, dunkelbraune Linie (*V*). Die sekundäre Rinde ist charakterisiert durch sehr zarte, dunkle, radial verlaufende Streifen, die zusammengefallenen Rindenstränge (*B*), und zeigt große Sekretbehälter (*Se*). Im Holze sieht man neben gleichen Sekretbehältern zahlreiche Gruppen kleiner, gelblicher

Pünktchen, die Gefäße (G). Das Centrum der Wurzel wird von einer kleinen, meist etwas dunkler gelben Gruppe von Gefäßen und Sklerenchymzellen eingenommen.

Mikroskop: Die Korkschicht, welche die fleischige, hauptsächlich aus parenchymatischen Elementen aufgebaute Wurzel bedeckt, besteht aus unregelmäßigen, gelblichen, dünnwandigen Korkzellen. Das einschichtige Korkkambium erzeugt kein Phelloderm. Unter der Korkschicht liegt lockeres isodiametrisches oder quergestrecktes Parenchym als äußere Schicht der sekundären Rinde. Im inneren Teile der sekundären Rinde (R, Fig. 227) erkennt man auf dem Querschnitte der Wurzel mehr oder weniger deutliche Markstrahlen (M). Die Elemente dieser ziemlich hohen und breiten Markstrahlen unterscheiden sich nur sehr wenig von dem Parenchym der Rindenstränge; sie sind fast isodiametrisch und die Rindenstränge erscheinen deshalb auch nur wenig scharf begrenzt. Sie sind hauptsächlich markiert durch die Radialreihen von Siebsträngen (Si, Fig. 227 und 229), welche begleitet sind von etwas dickwandigen, unverholzten, mit schräg gestellten Tüpfeln versehenen kurzen Ersatzfasern (f, Fig. 229). Die außerdem im Parenchym der Rinde verteilten intercellularen Sekretbehälter (Se) sind oft kugelförmig, meist etwas, höchstens bis zur fünffachen Länge ihrer Weite gestreckt. Ihr einschichtiges Epithel besteht aus kleinen zartwandigen, quer gestreckten Zellen.

Gleiche Sekretbehälter (Se') finden sich im Holze der Wurzel. Auch in diesem sind die Markstrahlen nur im Tangentialschnitt der Wurzel zu erkennen. Sie sind auch hier nicht scharf umschrieben und gehen in das gestreckte Parenchym der Holzstränge über. Die Holzstränge sind bezeichnet durch die Gefäße (g, Fig. 227). Diese bestehen aus Netzfasertracheen mit ringförmig durchbrochenen Zwischenwänden, welche von dünnwandigen, engen, gestreckten, unverholzten Zellen begleitet sind. Das übrige Gewebe der Holzstränge besteht aus etwas längsgestreckten, etwas dickwandigeren Parenchymzellen. Im Centrum der Wurzel, in der Nähe der primären Gefäße der ursprünglich meist 4- bis 5-strahligen Wurzel werden die Gefäße statt von den dünn-

Erklärung der Tafel.

Wurzel von *Inula Helenium*.

Fig. 226. Querschnittfläche der Droge (Wurzel).

K Korkschicht. Se Sekretbehälter. B Rindenstrang. V Kambium. G Gefäße. Gf Gefäße und Sklerenchymzellen im Umkreis der primären Gefäße.

Wenig vergr.

Fig. 227. Querschnitt durch eine dünne Wurzel.

K Korkschicht. p Parenchym. Se und Se' Sekretbehälter. Si Siebstränge der Rindenstränge. M und M' Markstrahlen. V Verdickungsring. g Gefäße. f Sklerenchymzellen.

40 fach vergr.

Fig. 228. Längsschnitt durch Korkschicht und angrenzendes Parenchym.

K Korkschicht, p Parenchym.

120 fach vergr.

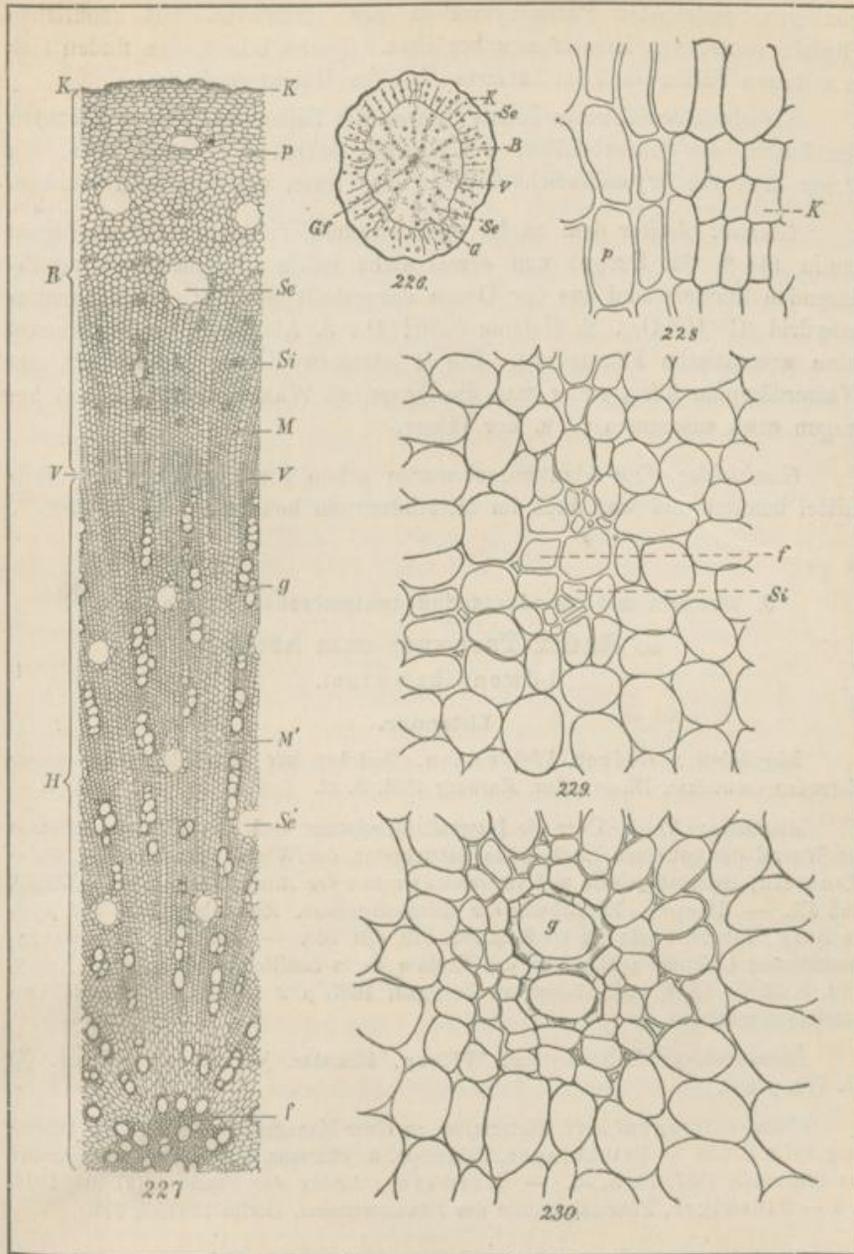


Fig. 229. Querschnitt durch einige Siebstränge.
Si Siebröhre. *f* Kurze unverholzte Faserzelle.
 120fach vergr.

Fig. 230. Querschnitt durch einige Gefäße und das sie umgebende Gewebe.
g Gefäße.
 120fach vergr.

Arthur Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde.

wandigen gestreckten Parenchymzellen von verholzten, mit rundlichen Tüpfeln versehenen Ersatzfasern begleitet. Solche Bündelchen finden sich in seltenen Fällen auch im äußeren Teil des Holzes zerstreut.

Als charakteristischen Inhalt führen die Zellen der Droge Klumpen von Inulin, die Sekretbehälter ein flüssiges Sekret oder auch, wenn die Droge älter ist, krystallinische Massen oder feste, amorphe Sekretmassen.

Chemie: Außer dem an der medizinischen Wirkung nicht beteiligten Inulin (44 % der Droge) und etwas nicht näher untersuchten krystallisierenden Zuckers sind aus der Droge dargestellt worden: 1. Alantsäureanhydrid ($C^{15}H^{26}O^2$), 2. Helenin (C^6H^8O), 3. Alantkampher, 4. Alantol (eine aromatische Flüssigkeit). Die 4 letzteren Körper gehen mit den Wasserdämpfen über, wenn man die Droge mit Wasser destilliert, und betragen etwa zusammen 0,6 % der Droge.

Geschichte: Die Alantwurzel wurde schon von den Alten als Heilmittel benutzt und war auch im Mittelalter ein beliebtes Arzneimittel.

3. Wurzeln mit unbedeutenden anatomischen Anomalieen.

m) **Radix Taraxaci cum herba.**

Löwenzahnwurzel.

Litteratur.

Morphologie: Gideon Weidemann, Beiträge zur Morphologie der perennierenden Gewächse, Dissertation, Marburg 1871, S. 23.

Anatomie: Vogl, Über die Intercellularsubstanz und die Milchsaftgefäße in der Wurzel des gemeinen Löwenzahns, Sitzungsber. der Wiener Akademie, Bd. 48. — Hanstein, Milchsaftgefäße und verwandte Organe der Rinde, Berlin 1864, S. 72, 73, Taf. IX. — Dippel, Entstehung der Milchsaftgefäße, Rotterdam 1865, Taf. 5. — de Bary, Vergleichende Anatomie S. 489, 519, 533, 540. — Maurice Thouvenin, Contribution à l'étude anatomique des Racines de la famille des Composées, Nancy, 1884, S. 52. — Schrenk, American Druggist, 1887, p. 2 ist ohne wissensch. Verständnis geschrieben.

Einsammlung: Elborne and Wilson, Pharmac. journal and transact. (3) No. 772, p. 832.

Chemie: Dragendorff, Materialien zu einer Monographie des Inulins, Petersburg 1870, S. 135. — Fricke, Jahresber. d. Pharmac. 1840. — Pollex, Archiv der Pharmacie 1839, 19, S. 50. — Kromayer, Archiv der Pharmac. (2) 105, 1861, S. 6 — Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches, Berlin 1882, S. 409.

Stammpflanze: Leontodon Taraxacum L., Compositae, Liguliflorae.

Verbreitung der Stammpflanze: Der Löwenzahn findet sich überall auf der ganzen nördlichen Halbkugel verbreitet.

Einsammlung: Die wildwachsende Pflanze wird am besten im Frühjahr, ungefähr im April, vor der Blütezeit gesammelt und getrocknet.

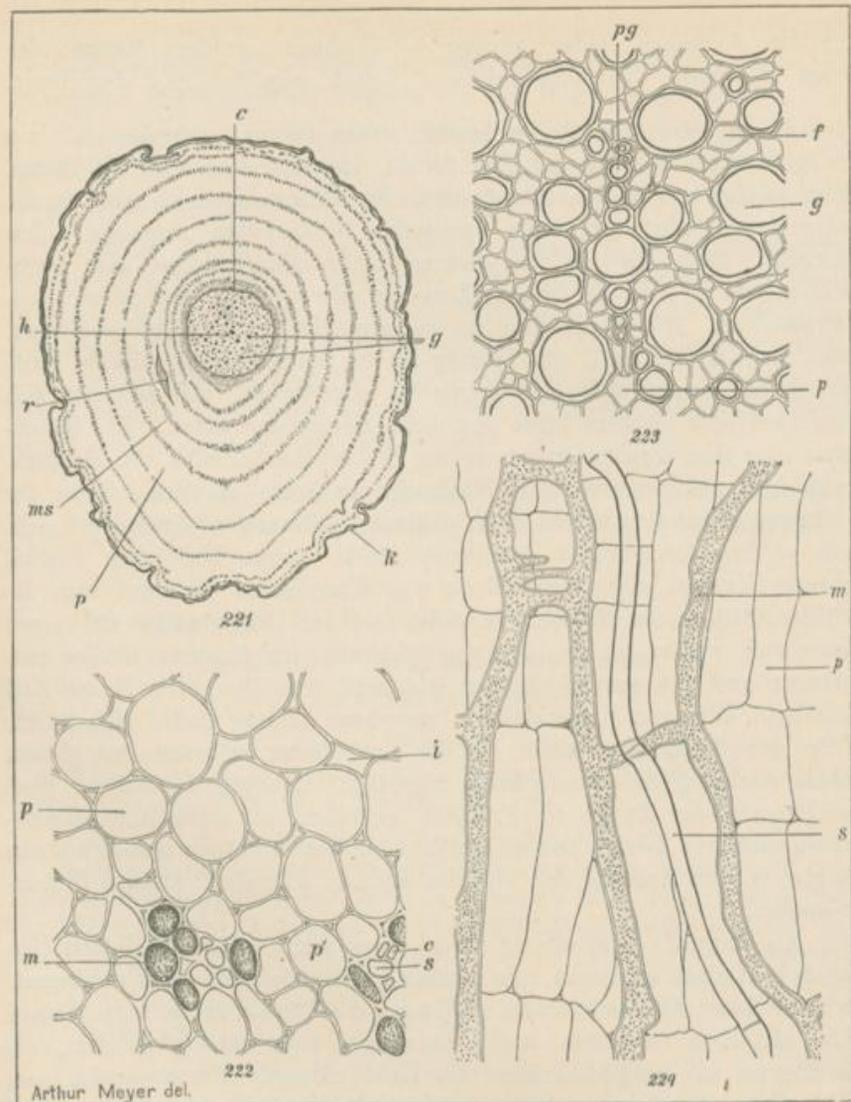
Für den deutschen Bedarf werden in Thüringen größere Mengen der Droge gewonnen. Die frische Pflanze liefert ungefähr 22 % der Droge.

Morphologie: Die Droge besteht, wenn sie gut gegraben ist, aus der in frischem Zustande oft über 35 cm, hier und da bis 60 cm langen, meist wenig verzweigten Hauptwurzel der Pflanze, welche oben in die unverzweigte oder verzweigte, teilweise Blattrosetten tragende Achse übergeht. Meist ist die Hauptwurzel mehr oder weniger weit abgebrochen, da dieselbe im frischen Zustande sehr brüchig und schwer auszugraben ist. Die Hauptachse ist im normalen Falle stets sehr kurz, meist nicht länger als 1 cm. Häufig ist die Spitze der die direkte Fortsetzung der Wurzel bildenden Hauptachse abgestorben, und es finden sich dann zwei oder mehrere kurze und dicke Zweige der Achse. Die Hauptachse oder ihre Zweige tragen an der Spitze eine Rosette von Blättern, welche mit wenig verbreiteter Stielbasis der Achse ansitzen. Unter der Blattrosette findet man sehr dicht stehende Blattnarben. Knöspchen sieht man an dem Achsenstücke der Droge nicht; kleine, Knöspchen ähnlich sehende Hervorragungen sind Reste von Würzelchen. Entfernt man die größten Blätter der Rosette, so fallen an der Droge zarte und lange Haare auf, welche von der inneren Epidermis der jüngeren Blätter entspringen und die jungen Organe schützend umhüllen. Die Haare sind vielzellig. Eine von Niederblättern umgebene Knospe findet sich in der Mitte der Blattrosette nicht, da die Laubblätter während des ganzen Jahres wachsen, die Pflanze keine eigentliche Ruheperiode besitzt. Sind die Pflanzen der Droge im Frühjahr gegraben, so enden ihre Hauptachsen und ihre Zweige mit einer Blütenknospe, welche umgeben ist von einigen in den Achseln der obersten Blätter sitzenden, kleinen Blütenknöspchen.

Als anormale Erscheinung findet man nicht selten die Internodien der Achsen stark gestreckt, die letzteren selbst dadurch stark verlängert. Es tritt dieser Fall meist dann ein, wenn die Pflanze durch irgend einen Zufall mit Erde verschüttet wird; sie streckt dann ihre Internodien, bis die Knospe an das Licht, über die Erde gelangt. Ferner findet man nicht selten ältere Achsenstücke durch tiefgreifende Peridermbildung und entsprechendes Wachstum in mehr oder wenig zahlreiche, netzförmig miteinander zusammenhängende Stränge gespaltet.

Anatomie.

Lupe: Die Querschnittfläche gut getrockneter Wurzel- oder Rhizomstücke ist im allgemeinen gelblich gefärbt. Die Mitte der Querschnittfläche der Wurzelstücke wird von dem schön gelben Holze (*h*, Fig. 221) eingenommen. In demselben erkennt man mit der Lupe die Öffnungen der unregelmäßig angeordneten, sehr ungleich weiten Gefäße (*g*). Die Umgebung des Kambiums (*c*) ist mehr oder weniger dunkel gefärbt, weil die dort liegenden, noch zarten Gewebe völlig zusammenfallen und keine



Erklärung der Tafel.

Wurzel von *Leontodon Taraxacum*.

Fig. 221. Querschnittfläche der getrockneten Wurzel.
 k Periderm. p Parenchymzonen. ms Zonen der Milchröhrensiebstränge. r Spalte im Parenchym.
 h Holz. c Kambium. g Gefäße.
 Schwach vergr.

Fig. 222. Partie aus dem Querschnitte der sekundären Wurzelrinde.
 p Parenchym der Parenchymzonen. i Interzellularraum. m Milchröhre. s Siebröhre.
 c Kambiformzelle.
 440fach vergr.

Fig. 223. Partie aus der Mitte des Wurzelholzes.
 pg primäre Gefäßestränge. f Faserzelle. g Gefäß. p Parenchymzelle
 200fach vergr.

Fig. 224. Tangentialschnitt durch die sekundäre Rinde.
 s Siebröhre. p Parenchymzelle. m Milchröhre.

Luft zwischen sich einschließen. Die Rinde, welche stets eben so dick oder dicker ist, als der Durchmesser des Holzes, ist je nach der Behandlung der Droge beim Austrocknen und je nach der Zeit der Einsammlung entweder glatt und fest oder schwammig.

In letzterem Falle finden sich zahlreiche, durch Zerreißen des Parenchyms der Parenchymzonen (*p*) entstandene Lücken, von denen eine in der Fig. 221 (*r*) angedeutet ist. Die Rinde ist ausgezeichnet durch abwechselnde, dunklere und hellere Ringzonen. Die dunkleren Ringzonen (*ms*) sind schmal und enthalten die Siebröhren und Milchröhren, welche selbstverständlich mit der Lupe nicht einzeln erkannt werden können; die helleren Ringzonen (*p*) sind breiter, und zwar um so breiter, je weiter sie nach außen liegen und bestehen nur aus Parenchym. Weder in Holz noch Rinde sind Markstrahlen mit der Lupe zu erkennen. Radiale Strahlen, welche man auf der Wurzelschnittfläche hie und da sieht, sind nur mehr oder weniger weit in das Holz hinein zu verfolgende Spuren der Wurzelzweige. Die Wurzel wird umschlossen von einem meist sehr dünnen, bräunlichen Periderm (*k*). Die Längsschnittfläche der Wurzel zeigt die Zonen als gerade Streifen in der Rinde.

Die Rhizomteile der Droge, also die Achsenstücke, welche dicht unter der Blattrosette liegen, unterscheiden sich auf ihrer Querschnittfläche von den Wurzeln durch das kleine, aber als deutlicher dunkler Punkt erkennbare centrale Mark, ferner durch die Markstrahlen ähnelnden Streifen, welche die von den Blättern eintretenden Gefäßbündel bilden. Letztere erkennt man als dunkle Punkte auf einer tangentialen Schnittfläche des Rhizomstückes.

Mikroskop: Als Eigentümlichkeiten der Wurzel sind also hervorzuheben die starke Entwicklung der Rinde, die eigentümlichen Zonen der Rinde, die geringe Deutlichkeit der Markstrahlen in Rinde und Holz. Die Eigentümlichkeit des Rindenbaues ist darin begründet, daß die Siebstränge nicht regellos in den Rindenstrahlen verteilt liegen, sondern in allen Radien periodisch und dann stets gleich weit vom Kambium der Wurzel entfernt ausgebildet werden, so daß dadurch dann im ganzen regelmäßige, abwechselnde Ringzonen von Siebsträngen und Parenchym entstehen. Die Ringzonen, in welchen die Siebstränge liegen, werden dadurch noch auffallender, daß in ihnen zugleich Milchröhren verlaufen, deren Inhalt nach dem Eintrocknen dunkel erscheint.

Die Wurzel besitzt im Zustande des primären Baues fast immer ein zweistrahliges Gefäßbündel und eine einfache Epidermis und Endodermis. Die primäre Rinde geht nur langsam zu Grunde, ebenso folgt die Endodermis ziemlich lange dem Wachstum der sekundären Rinde und des Holzes, so daß Stücke der Wurzel von 5 mm Dicke noch häufig die letzten Reste der Endodermis und das eben unter der Endodermis angelegte Periderm zeigen. An älteren Wurzelstücken findet man dann ein dünnes Periderm, bestehend aus nur wenigen Lagen gelblicher, unregel-

mäßiger Korkzellen (*k*, Fig. 225) und unregelmäßigen, den Parenchymzellen der Rinde ungefähr gleichenden, nur kürzeren Phellodermzellen

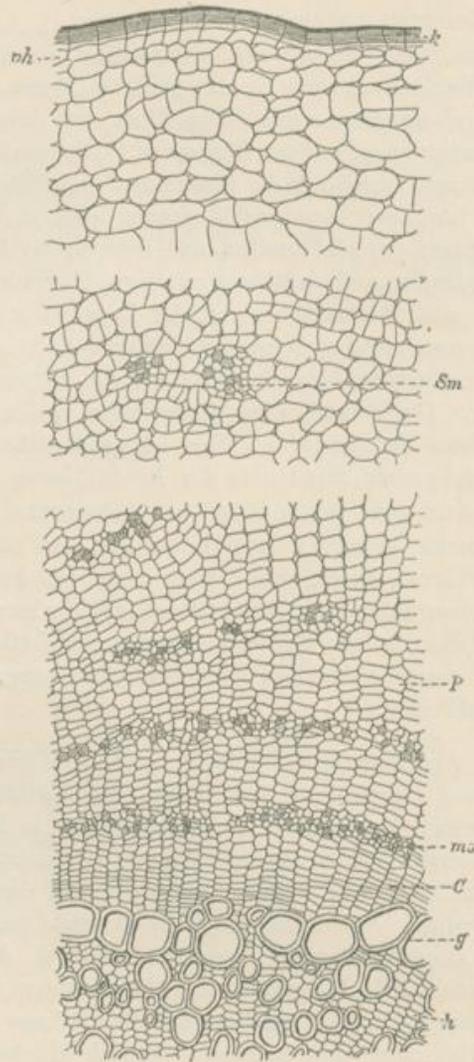


Fig. 225.

Stück des Querschnittes einer Wurzel von *Leontodon Taraxacum* L.
k Ersatzfasern und Holzparenchym. *g* Gefäß. *c* Kambium. *ms* Siebstrangringzone. *p* Ringzone vom Parenchym. *sm* Siebmilchröhrenstrang. *k* Kork. *ph* Phelloderm.
 130fach vergr.

(Abbildung nach Thouvenin.)

(*ph*, Fig. 225). Alle übrigen Elemente der sekundären Rinde sind mehr oder weniger längsgestreckt und meist so lang wie die Kambiumzellen. Betrachten wir einen Radialschnitt durch die Rinde, so sehen wir, daß

die Parenchymzellen derselben längere Zeit die Länge der Meristemzellen beibehalten (*p*, Fig. 224), nach außen zu sich allerdings etwas verkürzen und erweitern, schließlich sich in der Peripherie der Rinde durch eine Querwand in zwei oder drei Zellen teilen, die sich mehr oder weniger abrunden. Vorzüglich das Parenchym der Parenchymringzonen zeigt deutliche Intercellularräume (*i*, Fig. 222).

In den Siebstrangzonen liegen dicke und dünne Stränge relativ enger Elemente, getrennt durch etwas weiteres Parenchym (*p'*, Fig. 222). Die Stränge sind zusammengesetzt aus Siebröhren, deren Glieder die Länge der Meristemzellen besitzen (Fig. 224 und 222, *s*) und Kambiformzellen (*c*, Fig. 222) und ferner aus gegliederten Milchröhren (*m*, Fig. 222 und 224). Siebröhren und Milchröhren der benachbarten Stränge einer Ringzone anastomosieren mit gleichnamigen Elementen; die Elemente der verschiedenen Ringzonen stehen dagegen nicht in Verbindung. Kleinere normale Markstrahlen lassen sich auf dem Querschnitte der Wurzel auch mit dem Mikroskope nicht auffinden; nur die beiden Hauptmarkstrahlen, welche von den beiden Gefäßsträngen des zweistrahligen primären Gefäßbündels ausgehen, lassen sich in dünneren Wurzeln stets leicht verfolgen. Im Tangentialschnitte erscheinen die zwischen den anastomosierenden Siebmilchröhrensträngen liegenden Parenchymmassen markstrahlähnlich; die eingeschlossenen Parenchymmassen sind etwa 10 Zellen hoch und 5 Zellen breit, beiderseits zugespitzt.

Das Holz der Wurzel besteht aus Netzfasertracheen mit vollständig und kreisförmig durchbrochenen Zwischenwänden (Fig. 223, *g*), wenig gestreckten, beiderseitig spitz endenden, mit schräg gestellten Tüpfelchen versehenen, unverholzten Ersatzfasern (*f*) und wenigem, etwas kurzzeiligerem Parenchym (*p*). Markstrahlen sind im Holze, außer den beiden Hauptmarkstrahlen, niemals zu finden. Im Centrum der Wurzel erkennt man meist leicht die beiden primären Gefäßstränge (*pg*, Fig. 223). Die Parenchymzellen der Wurzel enthalten mehr oder weniger Inulin, welches in der Droge zu Klumpen eingetrocknet ist. Stärke findet sich sehr selten und stets nur in äußerst geringen Mengen in Parenchym und Siebröhren.

Chemie: Im Herbste enthält die Pflanze viel Inulin (bis 24 %); im Frühjahr ist dasselbe fast ganz in Lävulin (20 %) und reduzierenden Zucker übergegangen. In den Blättern findet sich etwas Inosit.

Der bittere Stoff, das Taraxacin, ist in dem, im frischen Zustande, weissen Milchsaft der Pflanze enthalten; dort findet sich auch das indifferentere Taraxacerin ($C^8H^{10}O$). Die bei 100° getrocknete, im April gesammelte Wurzel liefert 5,24 % Asche.

Geschichte: Der Löwenzahn scheint schon von den Alten als Heilmittel gebraucht worden zu sein.

n) **Radix Colombo.**

Radix Calumbae. Kalumbowurzel. Colombowurzel.

Litteratur.

Verbreitung: Peters, Reise nach Mossambique, Botanik I. (1862) 172. — Kirk, Pharmacographia, 1879, S. 23.

Einsammlung und Handel: Berry, Asiatick Researches, X (1808) 385; Ainslie, Mat. Med. of Hindoostan p. 298. — Dymock, Warden and Hooper, Pharmacographia indica, P. 1, 1889, S. 47 (Trübner, London). Pharmazentische Zeitung 1886, S. 36.

Chemie: Wittstock, Poggendorffs Annalen 19, S. 278. — Liebig, Pogg. Ann 21, 30. — Lebourdois, Ann. Chim. Phys. (3) 24, 63. — Bödeker, Ann. Chem. Pharm. 69, 37 u. 47. — Paterno und Oglialoro, Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 1879 (12) 685. — Duquesnel, Journ. de Pharm. et de Chimie 1886 (13) p. 615. — A. Kremel, Pharmac. Post, Wien 1887, No. 22, S. 349.

Stammpflanze: Jateorrhiza Calumba Miers, Menispermaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Die Pflanze wächst in den Wäldern der ostafrikanischen Küstenländer, welche etwa zwischen dem Rovuma und dem Sambesi liegen (11° bis 18° südlicher Breite).

Einsammlung und Kultur: Die Droge wird meist von wildwachsenden Pflanzen gesammelt. Man gräbt sie im März, wäscht sie, schneidet sie in Scheiben und trocknet diese im Schatten. Auf den Inseln Ibo und Mosambik wird die Droge auch angebaut. Sie kommt in von Matten umschlossenen Ballen von ungefähr 50 kg in den Handel.

Morphologie: Die Droge besteht aus Querscheiben der verdickten, fleischigen Teile der Nebenwurzeln der Stammpflanze. Eine lebende Pflanze von Jateorrhiza Calumba, welche mir vorlag, trug an dem etwa 3 cm langen, verdickten unteren Ende der sonst schlanken, grünen Achse, welches mit Erde bedeckt war, 4 Wurzeln. Diese Wurzeln waren nur an der Basis stark, im Maximum bis 5 cm, verdickt, während ihre Spitze sich plötzlich verjüngte und in einen bis 20 cm langen, etwa 5 mm dicken reichlich mit Zweigen besetzten Wurzelteil auslief. In Fig. 231 ist der obere Teil des Wurzelsystems der in Rede stehenden, schwachen Pflanze abgebildet. Bei kräftigeren Pflanzen können die verdickten Teile der Nebenwurzeln bis zu 4 dm lang werden.

Anatomie der Droge.

Lupe: Man sieht die Wurzelquerscheiben, aus welchen die Droge besteht, umhüllt von einer dunklen, graubraunen, runzligen Schicht, dem Periderm (Fig. 232, *Pe*). Etwa 5 cm von dem Periderm entfernt liegt, als dunkle Kreislinie (*C*), das Kambium. Die sekundäre Rinde, zwischen Periderm und Kambium liegend, zeigt vom Kambium ausgehende, ungleich lange, dunkle, in radialer Richtung verlaufende Streifen (Fig. 232, *s*),

die Rindenstränge. Nach innen zu schliessen sich an diese Rindenstränge die äusseren Gefässsstränge der im Holze liegenden Holzstränge (*g*) an. Die gelben Gefässsstränge bilden unregelmässige, vom Parenchym unterbrochene Radialreihen, von denen eben jede als der Querschnitt eines Rindenstranges aufzufassen ist, in welchem die Parenchymmassen einen relativ grossen Raum einnehmen. Das Fehlen aller faserförmigen Sklerenchymelemente und die dichte Anfüllung der dünnwandigen Parenchymzellen mit Stärkemehl bedingen den eigentümlichen kurzen Bruch der Droge. Durch Jodjodkalium färbt sich die feuchte Schnittfläche der Droge blau, durch Ätzkali dunkelbraun.

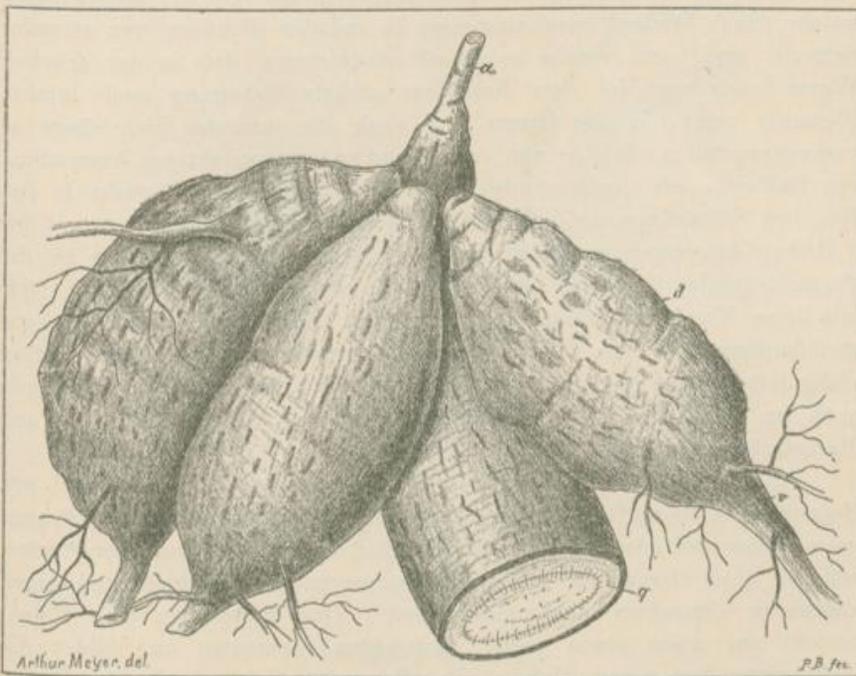


Fig. 231.

Verdickte Nebenwurzeln von *Jateorrhiza Calumba*, an der Basis der Achse sitzend.
a Oberirdische Achse. *d* Verdickter Teil einer Nebenwurzel. *e* Oberer Teil der unverdickten Spitze derselben Nebenwurzel. *g* Querschnittfläche einer Wurzelknolle.
 In halber natürlicher Grösse dargestellt.

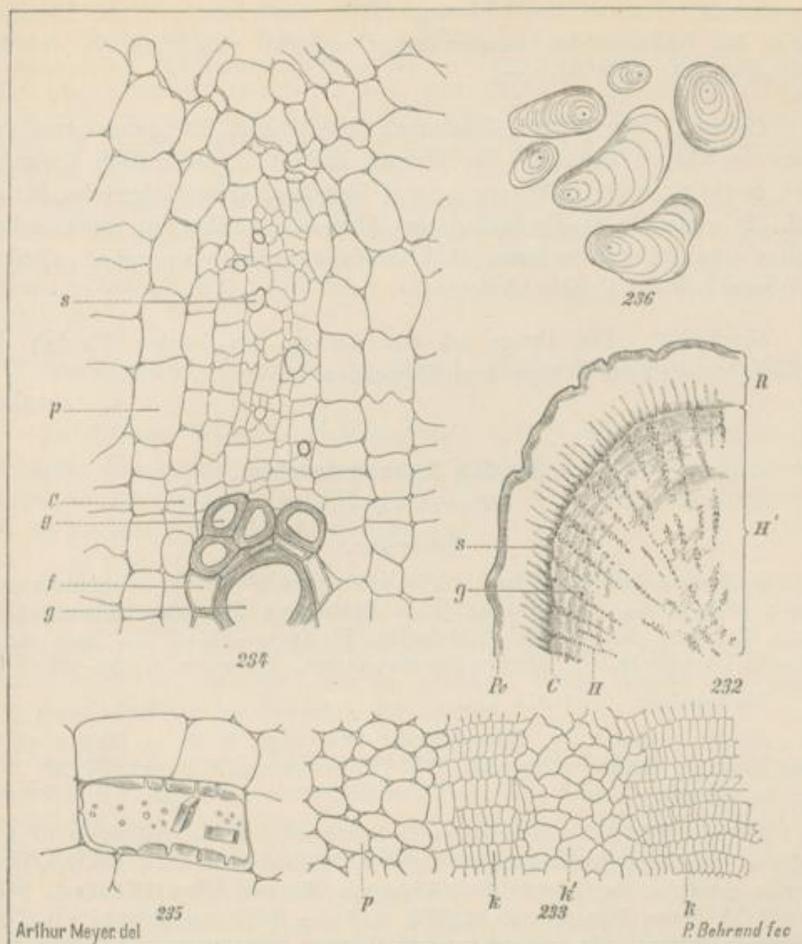
Mikroskop: Das Periderm der Wurzel (Fig. 233) besteht aus einer Korkschiebt und deren Meristem; Phelloderm entsteht nicht aus dem Korkkambium. Die Korkschiebt besteht aus abwechselnden Lagen von zart und regelmässig gebauten, meist gelben Inhalt führenden Korkzellen (*k*) und von grösseren, unregelmässigen, etwas starkwandigen Korkzellen (*k'*), die in unregelmässig verteilten Nestern auftreten und fast den Eindruck von Borkenmassen machen, wohl aber nur das Abstossen der älteren Korkmassen besorgen. Der äussere Teil der sekundären Rinde

wird der Hauptsache nach aus etwas tangential gestreckten Parenchymzellen gebildet; in das Parenchym eingestreut, liegen in älteren Wurzeln einzelne kurze, verholzte Sklerenchymzellen (Fig. 235), mit ungleich stark verdickten, grob getüpfelten, gelben Membranen, welche häufig gut ausgebildete, dem klinorhombischen Systeme angehörige Oxalatkristalle in verschiedener Anzahl enthalten. Weiter nach innen wird das Gewebe der sekundären Rinde hauptsächlich aus Parenchym mit kleinen Interzellularräumen gebildet, dessen Elemente isodiametrisch oder sogar radial gestreckt sind und in Reihen angeordnet erscheinen, die teilweise nach den obliterierten Siebsträngen der Rindenstrahlen hingebogen sind, welche das Parenchym einschließen. Die Rindenstrahlen bestehen aus Siebsträngen, welche durch breite Parenchymmassen in radialer Richtung von einander getrennt sind, und welche so schnell obliterieren, daß in der frischen Wurzel stets nur der dem Kambium nächste Siebstrang noch intakte Elemente zeigt. In der Droge sind auch die innersten Siebstränge so zusammengefallen, daß es nur selten und unter vorsichtiger Anwendung von Kalilauge als Quellungs mittel der Schnitte gelingt, Einsicht in den Bau der Siebstränge zu erlangen. Die Siebstränge bestehen aus 4 bis 8 Reihen dünnwandiger Zellen, welche enger, aber nicht länger als die Parenchymzellen sind, und zwischen welche wenige Siebröhren (s. Fig. 234) mit ihren Kambiformzellen eingelagert sind. Markstrahlen- und Rindenstrahlenparenchym der Rinde stimmen übrigens in ihren Eigenschaften völlig miteinander überein; normale Markstrahlen sind weder in der Rinde noch im Holz entwickelt, eine Grenze zwischen Strangparenchym- und Markstrahlenparenchym ist nicht festzustellen.

Auch das Holz der Wurzel kann man auffassen als bestehend aus Holzsträngen, deren Gefäßstränge durch anormale Entwicklung des Strangparenchyms weit auseinander geschoben sind, und aus Markstrahlengewebe, welches ohne Grenze in das Holzstrangparenchym übergeht und einen anormalen Charakter angenommen hat. Das Parenchym des Holzes besteht aus meist etwas radial gestreckten Elementen und bildet die Hauptmasse des ganzen Holzes. Das Parenchym ist, wie das der Rinde, mit bis 90 μ großen Stärkekörnern (Fig. 236) angefüllt und enthält Schleim und mehr oder weniger gelben Farbstoff. Die Gefäßstränge der Holzstränge bestehen aus 6—20 recht ungleich weiten Gefäßen, die in einfache oder mehrfache, radial stehende Reihen angeordnet und von wenigen Lagen unverholzter oder verholzter, dünnwandiger Ersatzfasern begleitet sind, welche kaum länger als die Parenchymzellen sind. Die gelb gefärbten Tracheen sind kurzgliedrige Netzfasergefäße, deren Zwischenwände bis auf einen Ring völlig durchbrochen erscheinen.

Im Tangentialschnitte sieht man sowohl Rindenstränge als Holzstränge als stark wellig gebogene, miteinander anastomosierende Linien verlaufen.

Der Seltenheit des Objektes wegen mag es gestattet sein, hier noch anzufügen, daß die Wurzel im primären Zustande eine mehrschichtige



Erklärung der Tafel.

Verdickte Wurzel von *Jateorrhiza Calumba*.

Fig. 232. Stück einer Querschnittsfläche der Droge.

R Periderm. *R* Rinde. *H'* Holz. *C* Kambium. *s* Rindenstrang. *H* Holzstrang. *g* Gefäße.

Fig. 233. Längsschnitt des Periderms.

p Rindenparenchym. *k* kleinzellige Korkschicht. *k'* großzellige Korkschicht.
62fach vergr.

Fig. 234. Partie aus der Umgebung des Kambiums; Querschnitt.
g Gefäße. *f* Ersatzfaser. *c* Kambium. *p* Parenchym. *s* Siebröhre.

Fig. 235. Sklerenchymzelle aus der Rinde, Oxalat einschließend.
220fach vergr.

Fig. 236. Stärkekörner aus dem Parenchym.
330fach vergr.

Arthur Meyer del

P. Behrand fec

Hypodermis, eine mit Raphiden gefüllte Endodermis, deren Elemente nur in den Radialwänden streifenförmig verkorkt sind, und ein diarches radiales Gefäßbündel besitzen.

Chemie: Der bittere Geschmack der Wurzel ist durch drei verschiedene Körper bedingt. Die Wurzel enthält 1. das giftige Kolumbin etwa zu 0,5 %, einen in Wasser schwer löslichen, krystallisierenden Bitterstoff, 2. etwa 2,5 % Berberin, ein Alkaloid, welches in dunkelgelben Nadeln erhalten werden kann, 3. Kolumbosäure, eine amorphe, gelbliche, in Wasser schwer lösliche Substanz.

Geschichte: Die Droge ist seit Anfang des letzten Viertels des 17. Jahrhunderts in Europa benutzt worden.

o) **Radix Ipecacuanhae.**

Brechwurzel.

Litteratur.

Verbreitung der Stammpflanze: Flückiger and Hanbury, Pharmacographia; London 1879, p. 374. — Martius, Flora Brasiliensis, Fasc. 84 (1881) p. 341. — F. von Tschudi, Reisen durch Südamerika, II, 254. — Weddell, Note sur le Cephaëlis Ipecacuanha etc., Annales des sciences nat., Botanique, p. 193–202 (1849).

Einsammlung: Weddell, l. c.

Handel: Gehe & Co., Handelsbericht 1889, Sept., S. 99. — Report of the Royal Botanical Garden of Calcutta 1872 (Ph. Journ. and Transact. IV, 28) 1872, Oct., No. 122.

Kultur: J. M'Nab, Transactions of the Botanical Soc. of Edinburgh. Vol. X, p. 318. — Balfour, Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh 1872, Vol. XXVI. — Pharmac. results of the Calcutta Botanic Gardens, Pharm. Journ. 1873, Sept., p. 221 und 241, IV Series, Part. 39 und Oct. 1873, p. 261. — Briefe aus England VII, Pharmazeutische Zeitung 1889. — Ramson und Holmes, Pharmazeutische Zeitung 1887, No. 93, p. 662. — Thiselton Dyer, Pharmazeutische Zeitung 1887, No. 93, p. 662. — Gehe & Co. Handelsbericht, Dresden, April und Sept. 1888.

Wirksamkeit der kultivierten Ipecacuanha: Hare, Pharm. Journ. and Transact., Ser. III, No. 913, p. 534.

Botanik: Arthur Meyer, Über Psychotria Ipecacuanha, Archiv der Pharmacie, 21. Bd. 10. Heft, 1883. — Tschirch und Franz Lüdtke, Über Ipecacuanha, Archiv der Pharmacie, 26. Bd. 10. Heft, 1888. — Ludwig Posselt, Über Ipecacuanha, Pharmazeutische Zeitung 1888, No. 102, 22. Dez., S. 766.

Chemie: Emetin: Pelletier et Magendie, Journal Pharmacie (2) 3, 145; 4, 322. — Pelletier et Dumas, Ann. Chim. Phys. (2) 24, p. 180. — Pelletier, Journal Pharmacie (2) 14, p. 200. — Lefort, Journal Pharmacie (4) 9, 167 und 241. — Reich, Arch. Pharm. (2) 113, S. 193. — Podwysotszki, Pharm. Journal Transact. (3) 10, 642 (1879). — Power, Pharm. Journal Transact. (3) 8, 344. — Glénard, Journ. Chem. Min. 1875, 783 und 829. — Lefort et Wurtz, Compt. rend. 84, 1299. — Flückiger, Pharmakognosie, Berlin 1882, S. 393. — Lyons, Americ. Journ. of Pharmacie, 1885, p. 531. — Flückiger, Pharmazeutische Zeitung, 1886, No. 3, p. 30 (Jahresbericht für Pharmacie 1886, S. 87). — Jones, Pharmazeutische

Zeitung, 1886, No. 83, p. 638. — Kunz, Archiv der Pharmacie, 1887, S. 461. — Arndt, Pharmazeutische Zeitung, Berlin 1889, S. 585. — Cripps and Witly, Pharmac. Journ. and Transact. 1889, p. 721. — Ipecacuanhasäure: Willigk, Journ. prakt. Chem. 1850/51, S. 404. — Reich, Arch. Pharm. (2) 113, S. 193. — Asche: Warnecke, Pharmazeutische Zeitung, Berlin 1886, No. 71, S. 536. — Mums, Pharm. Journ. and Transact. 46, 1887, XVII, p. 898. — Cholin: Kunz, Archiv der Pharmacie 1887, S. 461.

Verwechslungen: H. Helbig, Pharmazeutische Zeitung 1888, S. 102. — Tschirch und Lüdtke, Archiv der Pharmacie 1888, S. 441. — Francis Ramson, Pharmac. Journ. and Transact., III. Ser. No. 925, S. 787. — Kirkby, Pharmac. Journ. and Transact. 1885 (3) No. 789, p. 126. — Planchon, Journ. de Pharm. et de Chim. p. 381.

Stammpflanze: Psychotria Ipecacuanha Müller Argoviensis. Rubiaceae, Coffeae.

Die Pflanze bildet zwei Varietäten: a) mit holzigem Stamm und schwacher Behaarung, b) mit krautigem Stamm und stärkerer Behaarung (Balfour). Zu letzterer Varietät gehört die in der Nachbarschaft von Rio de Janeiro vorkommende Ipecacuanha.

Verbreitung der Stammpflanze: Die kleine, 20—40 cm hohe, immergrüne Pflanze wächst hauptsächlich reichlich im südlichen Teile von Brasilien, zwischen 8—22° südlicher Breite, doch dringt sie auch noch weiter nach Norden vor. Sie liebt feuchte, nicht zu dichte Wälder und wächst dort gesellschaftlich im Schatten der Bäume.

Einsammlung und Kultur: Die bei uns geschätzteste Droge stammt hauptsächlich aus dem südwestlichen Teile von Matto grosso und wird von wildwachsenden Pflanzen gesammelt. Auch in der Nähe der deutschen Kolonie Philadelphia (18° südl. Breite, an einem Nebenflusse des Mucury) wird etwas gute Brechwurzel gegraben. Eine weniger beliebte Droge (Cartagena-Ipecacuanha) liefern die Wälder von Kolumbia.

Die brasilianischen Sammler der Ipecacuanha, in Brasilien Poayeros genannt, welche häufig kleine Gesellschaften bilden, die gemeinsam das Sammeln unternehmen, suchen, mit einem spitzen Stocke und einem Sack ausgerüstet, die Pflanze auf, fassen so viele der kleinen Stengel der dicht bei einander wachsenden Pflanzen mit der einen Hand zusammen als möglich ist, stoßen den Stock unter die Wurzeln der gefassten Pflanzen und heben die Pflanzen, den Boden durch schaukelnde Bewegung des Stockes lockernd, aus dem Boden. Hierauf schütteln sie die Erde von den Wurzeln ab und stecken letztere in den Sack. Das Loch, welches durch Ausheben der Pflanzen entsteht, wird von sorgfältigen Poayeros wieder geschlossen und dafür gesorgt, daß Stückchen der verdickten Wurzeln im Boden bleiben, welche die Fähigkeit besitzen, Adventivknospen zu bilden, so daß aus ihnen nach 3 bis 4 Jahren ein neuer Ipecacuanhabestand hervorwachsen kann. Abends versammeln sich die Wurzelgräber, wiegen ihre Ausbeute und werfen sie dann zusammen, um dieselbe dann so schnell wie möglich zum Trocknen zu bringen. Zu dem Zwecke

setzt man die Wurzeln am Tage möglichst lange der Sonne aus und schützt sie des Nachts durch Bedecken vor dem Tau. Ist die Wurzel nach 2—3 Tagen trocken, so bringt man sie auf ein Sieb und schüttelt die trockene Erde ab, dann verpackt man sie in Ballen (Seronen). Da schnelles Trocknen nötig ist, wenn die Ware gut ausfallen soll, so sammelt man die Wurzel während der Regenzeit nicht gern ein, sonst wird sie das ganze Jahr hindurch gegraben.

Die in Matto grosso gesammelte Droge wird meist nach Rio de Janeiro transportiert und von dort verschifft. Deutschland bezieht den größten Teil seiner Droge aus London. In letzter Zeit scheint die Pflanze in den zugänglichen Teilen von Brasilien seltener zu werden, wenigstens kommen immer dünnere und schlechtere Wurzeln in den Handel. Es wäre deshalb sehr erwünscht, daß die Kultur der Droge in Indien günstige Resultate gäbe.

Vom Jahre 1866 an sind in Indien, vorzüglich in Kalkutta Versuche gemacht worden, die Pflanze zu kultivieren, um Indien, für welches die Ipecacuanha ein sehr wichtiges Arzneimittel ist, von der amerikanischen Produktion unabhängig zu machen. Die ersten Pflanzen wurden durch King in Kalkutta 1866 kultiviert. Die Stamm-pflanze war von Hooker aus Kew gesandt. 1872 waren aber im ganzen nur 12 Pflanzen als Nachkommen dieser einen Pflanze in Kalkutta und Sikkim vorhanden. Während der Zeit hatte M'Nab die Vermehrung der Pflanze durch Wurzelstecklinge mit großem Erfolge im Edinburgher Botanischen Garten durchgeführt, und von dort aus wurden durch Balfour 1871—72 300 Stecklinge nach Kalkutta an King gesandt, welche von einer Pflanze, die Makoy in Lüttich geliefert hatte und teilweise auch von Exemplaren herstammten, die Dr. Grunning in der Nähe von Rio de Janeiro gesammelt hatte. In Sikkim, wo ferner die Vermehrung der Pflanze in gleicher Weise ausgeführt wurde, schien ihre Kultur gelingen zu wollen, während das Klima von Kalkutta derselben höchst ungünstig zu sein schien.

Im März 1873 hatte man schon 6000 Stück Pflanzen in Sikkim gezogen. Der Erfolg der Kultur ist aber trotz der scheinbar günstigen Wendung, welche dieselbe durch die M'Nabsche Methode der Vermehrung erfuhr, ein gänzlich unbedeutender geblieben, und wie aus einem Briefe des Herrn King an Professor Flückiger (1882) hervorging, war auch damals noch keine Hoffnung, dieselbe zu steigern.

Dieser Mißerfolg hing jedenfalls damit zusammen, daß die Pflanze eine ganz eigentümliche Konstellation von äußeren Verhältnissen verlangt, wenn sie üppig gedeihen soll. Dr. Peckolt schreibt mir aus Rio de Janeiro, daß ihm die Kultur der Pflanze an schattigen Orten seines Gartens nicht gelungen ist, dagegen auf urbar gemachten Plätzen des Urwaldes sehr gute Resultate ergab. Die Pflanzen wurden nach einem Jahr ihrer Wurzeln beraubt, dann wieder eingepflanzt und lieferten nach 14 Monaten die zweite Ernte. Wie gesagt, könnte ein solches Verfahren nur dann geübt werden, wenn die Pflanze unter den günstigsten Bedin-

gungen wüchse. Nach Wedell braucht die Pflanze feuchten und sandigen Boden und Schatten. Diese Bedingungen hat man in Indien zu erfüllen versucht, indem man die Pflanze in heifse, feuchte Thäler des Sikkim-Himalaya und in den tiefen Schatten der Wälder pflanzte. Es ist nun fraglich, ob man mit der Beschattung der Pflanze nicht zu weit gegangen ist. Nach dem Baue des Blattes zu urteilen, bedarf die Pflanze zu ihrem Gedeihen immerhin einer nicht zu geringen Lichtintensität; sie ist wohl keine exquisite Schattenpflanze. Es wäre demnach die Pflanze durch Beschattung nur so weit zu schützen, daß die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen der Pflanze nicht verderblich werden könnte, während eine Verminderung der Lichtintensität so viel wie möglich zu vermeiden wäre. Die Pflanze müßte dann in feuchten, lichten Wäldern im direkten Schatten einzelner Bäume kultiviert werden.

In neuerer Zeit hat man die Erfahrung gemacht, daß sich die stärker behaarte Varietät b in Indien besser hält als die Varietät a.

Jetzt scheint die Kultur doch nach und nach mehr Erfolg zu haben, denn es kommen in neuester Zeit Pöstchen von indischer Ware auf den Londoner Markt, welche sehr stärkereich und emetinreich sind.

Morphologie: Die Droge besteht aus den Nebenwurzeln der Pflanze. Diese entspringen, da die Pflanze kein eigentliches Rhizom besitzt, aus der Basis des Stammes, teilweise auch, wenn der Stamm sich etwas zur Erde gebogen hat, aus einigen Knoten desselben. Nicht alle Nebenwurzeln der Pflanze liefern jedoch die Droge; denn manche bleiben fadenförmig dünn. Die größere Zahl der Nebenwurzeln verdicken sich aber, speichern reichlich Stärke, werden zu Reservestoffbehältern, und diese sind es dann, welche die Droge liefern. Sie sind gewöhnlich da, wo sie der Achse ansitzen, relativ dünn, in der Mitte dicker und laufen nicht selten wieder in eine längere, unverdickte Spitze aus. Seitenzweige findet man selten an der verdickten Wurzel; die sehr dünnen, zahlreichen Zweige der jüngeren Wurzel sind, als sich die Wurzel zu verdicken begann, abgestorben und ihre zarten Reste sind teilweise überwältigt von dem Rindengewebe. Die Stellen, welche Seitenwurzeln tragen, sind an der verdickten Wurzel leicht kennbar; denn da, wo ein solcher zarter Wurzelzweig entsprang, trat, wie das in vielen anderen Fällen auch zu beobachten ist, ein stärkeres Wachstum des Rindengewebes ein, und es bildeten sich dort ein die Wurzel mehr oder weniger weit umfassender Wulst. Den zahlreichen Seitenwürzelchen entsprechen an der verdickten Wurzel zahlreiche solcher Wulste, welche das geringelte Aussehen der Droge veranlassen. In den Furchen zwischen den Wülsten reißt beim Trocknen der Wurzel die Rinde oft ringsum ein. Daß Reissen hat darin seinen Grund, daß der Holzkörper sehr fest ist und beim Trocknen sich weniger zusammenzieht als die Rinde, welche, da sie keine sklerotischen Fasern enthält und da ihre parenchymatischen Elemente in der Richtung des Radius gestreckt und mit Stärke fest angefüllt sind, der beim ungleich starken Eintrocknen des

Holzes und der Rinde entstehenden Spannung nicht widerstehen kann. Der Riß stellt sich schieflich in den dünnen Stellen, zwischen den Wülsten ein, weil dort wiederum der dem Zug geleistete Widerstand am geringsten ist.

Anatomie: Mit der Lupe ist wenig auf dem Querschnitte der Wurzel zu sehen. Man erkennt in dem gelblichen Holze, dessen Durchmesser etwa den 5. bis 3. Teil des Durchmessers der ganzen Wurzel einnimmt, die sehr zarten, geraden, etwas dunkleren Holzstränge und dazwischen hellere, radiale Linien, welche den Eindruck von Markstrahlen machen, aber deren normalen Bau, wie wir sehen werden, nicht besitzen. Die dicke Rinde erscheint fast homogen und weißlich oder grau. Das die Rinde umgebende Periderm ist dünn und dunkelbraun; es besteht aus

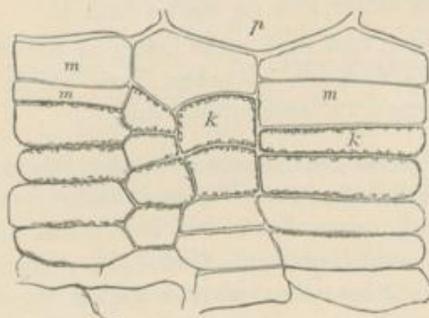


Fig. 236 a.

Fig. 236 a. Querschnitt durch die Korkschicht der Wurzel von *Psychotria Ipecacuanha*.
p Wände der Zellen des Rindenparenchyms. m Korkmeristemzellen. k Zellkern.

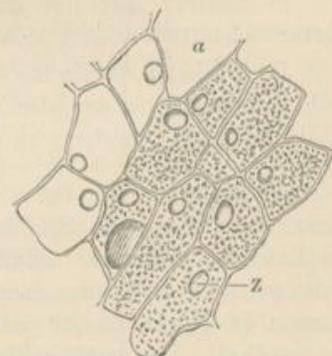


Fig. 237.

Fig. 237. Korkzellen der Wurzel von der Fläche gesehen, teilweise mit Inhalt, teilweise (a) ohne Inhalt gezeichnet.
z Zellkern.

einer Korkschicht, welche nur 5—6 Zelllagen dick ist und von einem meist nur aus einer Zelllage bestehenden Korkmeristem erzeugt wird. Die Korkzellen besitzen den normalen Bau; ihre Wände sind sehr zart. Die Reste des Protoplasten, welche ja in allen Korkzellen zu finden sind, aber meist wenig auffallen, sind hier stark gebräunt und liegen als eine körnige, braune Haut den Zellwänden dicht an (Fig. 236 a). Die Rinde der Wurzel ist der Hauptmasse nach aus fast isodiametrischen Parenchymzellen aufgebaut, deren Querschnitt in Fig. 238 abgebildet ist. Sie erscheinen auf dem Längsschnitte der Wurzel in ziemlich regelmäßige Horizontalreihen angeordnet und enthalten in der Peripherie der Rinde wenige kleine, in der Mitte derselben zahlreiche gröfsere, meist zusammengesetzte Stärkekörner. Ausserdem findet man in einzelnen, sonst nicht von den übrigen Parenchymzellen verschiedenen Zellen Bündel von nadel-

förmigen Oxalatkrystallen. Man kann innerhalb der Rinde zweckmäßigerweise zwei Parteien unterscheiden (für welche selbstverständlich keine scharfe Grenze anzugeben ist), eine äußere, welche fast nur aus Parenchym besteht und nur wenige Oxalatzellen und außerdem obliterierte, zusammengefallene Siebröhrenstränge enthält, und eine innere, welche von kleinzelligerem Parenchym gebildet wird, in dem reichlich Oxalatzellen und zahlreiche Siebröhrenstränge eingelagert sind. In Fig. 239 ist ein Siebstrang abgebildet, dessen Siebröhren mit *S* bezeichnet sind. Der feste Holzcylinder der Wurzel zeigt, wenn das Wurzelholz allseitig gleichmäßig stark entwickelt ist, auf dem Querschnitte eine genau radiale Anordnung aller Elemente. Der Bau des Wurzelholzes ist kein ganz normaler; die Anomalie liegt darin, daß die Markstrahlen nicht aus radial gestreckten, sondern vielmehr aus stark in der Richtung der Achse der Wurzel gestreckten Zellen bestehen.

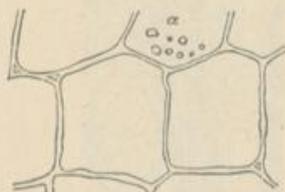


Fig. 238.

Fig. 238. Querschnitt durch einige Parenchymzellen der Rinde der Ipecacuanhawurzel.

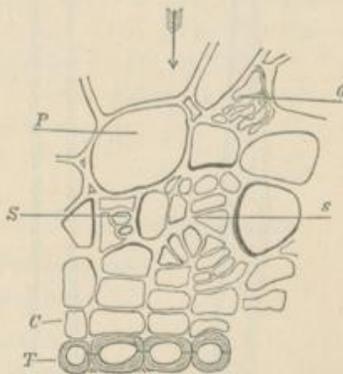


Fig. 239.

Fig. 239. Querschnitt durch die Kambiumregion einer 6 mm dicken Wurzel.
o Obliterierter Siebröhrenstrang. P Parenchymzelle. s Siebröhren der intakten Siebröhrenstränge. C Kambium. T Tracheen und Ersatzfasern.

Diese dürfen nach unserer Nomenklatur als kurze, verholzte Ersatzfasern bezeichnet werden, sie sind mit Stärke dicht gefüllt, besitzen schräg gestellte spaltenförmige Tüpfeln und gleichen im isolierten Zustande der Fig. 240. Im Querschnitte sind diese Zellen 4- bis 7eckig und öfter in der Richtung des Radius der Wurzel etwas gestreckt. Die Markstrahlen, welche durch diese Ersatzfasern gebildet werden, erscheinen im Tangentialschnitte der Wurzel 1—4 Zellen breit und 5—12 Zellen hoch, oben und unten spitz zulaufend. Ganz ähnlich erscheinen im Querschnitte die Gefäße (Fig. 241, T), welche aber selbstverständlich keine Stärke führen und daran leicht von den Ersatzfasern zu unterscheiden sind. Auch sie sind jedoch etwas eigentümlich gebaut, indem ihre Glieder ganz ähnliche Form aufweisen wie die Ersatzfasern, nur etwas länger sind,

etwas horizontaler stehende Hoftüpfeln besitzen und durch kreisrunde Löcher miteinander kommunizieren. In Begleitung der Gefäße findet man einzelne Tracheiden, welche den Gefäßgliedern gleichen, nur unperforiert sind.

Aufmerksam ist noch darauf zu machen, daß die Gewebe der kleinen, oben erwähnten Wurzelzweige, deren Gefäße ja stets dem Holzkörper der

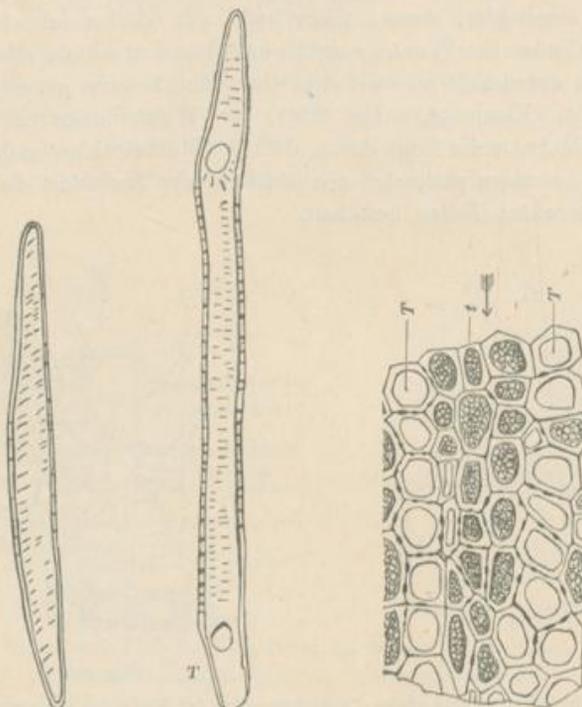


Fig. 240.

Fig. 241.

Fig. 242.

Fig. 240. Mit Schmelz Gemisch isolierte, sklerotische Ersatzfaser aus dem Holze der Wurzel.

Fig. 241. Isoliertes Glied eines Gefäßes der Ipecacuanhawurzel.

Fig. 242. Querschnitt durch ein Stückchen des Wurzelholzes.

T Gefäße. t aus mit Stärke gefüllten Ersatzfasern bestehender Markstrahl.

Mutterwurzel ansitzen, auf Querschnitten der Wurzel häufig sichtbar werden und dann als gelbliche Stränge die Rinde durchziehen.

Chemie: Der wirksame Stoff der Wurzel ist das Emetin, ein giftiges Alkaloid, von welchem etwa 1 % in der Wurzel enthalten ist. Der hauptsächlichste, vielleicht alleinige Sitz des Alkaloides in der frischen Wurzel ist die Rinde. Das Holz der Droge enthält nur sehr kleine Spuren von Emetin.

Außerdem wurde ein bitter schmeckendes Glycosid, die Ipecacuanhasäure, aus der Wurzel dargestellt und ein vergärbare, reduzierender

Zucker und Cholin darin aufgefunden. Die Wurzel liefert 1,98—3,22 % Asche.

Geschichte: Die Droge wurde Ende des 17. Jahrhunderts, von Helvetius in Paris, in den Arzneischatz eingeführt.

Verwechslungen: Eine Verwechslung der Droge mit anderen Wurzeln ist, bei genauer Berücksichtigung ihrer charakteristischen Morphologie und Anatomie nicht möglich. Genannt werden als Pflanzen, von denen Wurzeln allein oder als Beimischung zu Ipecacuanhawurzel in den Handel kommen, vorzüglich: 1. Psychotria emetica, welche in Kolumbia wächst (*Radix Ipecacuanha nigrae s. striatae*); die Wurzel enthält keine Stärke und kein Emetin. 2. Richardsonia scabra, ein Unkraut des nördlichen Amerikas; die Wurzel enthält Stärke, aber ebenfalls kein Emetin und ist hellgrau. 3. Die Wurzel von Jonidium Ipecacuanha, einer Pflanze aus der Familie der Violaceen, welche ebenfalls kein Emetin enthält. 4. Die Wurzel von Viola littoralis und diandra. Neben kleinen Posten in Indien kultivierter Droge ist 1888 ein botanisch nicht bestimmtes Rhizom aus Indien auf den Markt gekommen, welches leicht von der echten Droge zu unterscheiden war (Helbig, Planchon).

D) Wurzeln von anormalem Dikotyledonen-Baue.

2) **Radix Gentianae.**

Enzianwurzel.

Litteratur.

Einsammlung und Zubereitung: Lendner und Dieterich, Helfenberger Annalen 1888, S. 64. — Handelsbericht von Gehe & Co., Dresden 1885, S. 22.

Morphologie und Anatomie: J. Weifs, Anatomie und Physiologie fleischiger Wurzeln. Flora 1880. — Russow, Betrachtungen über Leitbündel und Grundgewebe, 1875, S. 27. — Weifs, Das markständige Gefäßbündelsystem einiger Dikotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren, Botan. Centralblatt 1883, XV, S. 410. — Solereder, Über den systematischen Wert der Holzstruktur bei den Dikotyledonen, München 1885. — Arthur Meyer, Über Gentiana lutea und ihre nächsten Verwandten, Archiv der Pharmacie, 21. Bd., 7. und 8. Heft, 1883.

Chemie: Henry und Caventon (2) 7, 173. — Leconte, Journ. Pharm. (2) 23, 465. — Baumert, Ann. Chem. Pharm. 62, 106. — L. van Italie, Pharmaz. Zeitung 1887, No. 55, S. 391. — Trommsdorff, Annalen der Chemie und Pharmacie 21, S. 134. — Bitterstoff: Kromayer, Archiv der Pharmacie (2) 110, S. 27. — Gentisin: Hlasiwicz und Habermann, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 1874, S. 652. — Gentianose: Arthur Meyer, Zeitschrift für physiologische Chemie 6, S. 135.

Stammpflanze: Gentiana lutea L., Gentianaceae, außerdem Gentiana pannonica Scopoli, punctata L., purpurea L.

Verbreitung der Stammpflanze: Gentiana lutea L. ist in den Gebirgen Mittel- und Südeuropas einheimisch. In großen Mengen kommt

sie in Deutschland in den Vogesen, weniger häufig im Schwarzwalde und in der schwäbischen Alp, selten im Thüringer Walde vor.

Gentiana pannonica wächst häufig in den österreichischen Alpen (wo *Gentiana lutea* fehlt), in den Alpen Bayerns, in Salzburg, Tyrol, Kärnthen Krain, Steiermark, Siebenbürgen, Ungarn und Böhmen.

Gentiana purpurea findet sich in den Pyrenäen, in Ober-Italien, in der Schweiz, in Tyrol, Siebenbürgen und Norwegen.

Gentiana punctata wächst in den Centralalpen ziemlich häufig und findet sich außerdem noch in südlichen Gebirgen.

Einsammlung: Die bei uns vorkommende Droge stammt fast nur von *Gentiana lutea* und wird von wildwachsenden Pflanzen in der Schweiz, in Südfrankreich und Piemont gesammelt. In Österreich kommt häufig von *Gentiana pannonica* und *punctata* herrührende Droge in den Handel. Trocknet man Rhizom oder Wurzel gut und schnell, so bleiben sie völlig weifs, trocknet man sie sehr langsam an mäfsig feuchtem Orte, so färbt sich der Zellinhalt durch weitergehende Zersetzungen gelb bis rotbraun. Die rotbraune Ware ist geschätzter als die helle, was wohl damit zusammenhängt, dafs die rote durch die Gährung einen kräftigen Geruch erlangt, welcher schnell getrockneter Ware fast völlig fehlt.

Auch gut getrocknete, fast farblose Wurzel wird nach 6—8 Monate langem, nicht zu trockenem Lagern rotbraun und bekommt den charakteristischen Geruch.

Um die Rötung schneller hervorzurufen, schichten die Sammler die halbtrockene Wurzel wohl auch auf Haufen, die sie festtreten und sich selbst überlassen, bis sich die Wurzeln durch den Gährungsprozess erwärmt haben, und trocknen die sich so schnell rötende Wurzel erst nach diesem Prozess völlig aus. Die so behandelte Wurzel ist zu verwerfen, da die chemischen Bestandteile durch dieses Verfahren eine zu weitgehende Veränderung erleiden.

Morphologie: Die von *Gentiana lutea* stammende Droge unseres Handels zeichnet sich gegenüber der von den anderen erwähnten Gentianaarten herrührenden Droge durch besondere Gröfse und Stärke ihrer Rhizom- und Wurzelstücke aus, sonst gleichen sich die Drogen in Morphologie und Anatomie. Die Droge besteht im vollkommensten Falle aus einem einfachen oder verzweigten Rhizom, dessen eine Spitze von Scheidenblättern oder eine gleiche, noch außerdem von Blattresten umgebene Knospe oder die Reste eines oberirdischen Stengels oder dessen Narbe trägt, und einer Anzahl von Wurzeln (Nebenwurzeln). Die Wurzeln bilden meist die Hauptmasse der Droge und sind durch die beim Eintrocknen des fleischigen Organes entstehenden unregelmäfsigen Längsrünzeln erkennbar, während die Rhizomstücke einestheils an den an ihrem Ende sitzenden Knospen- und Stengelresten, andernteils an der von den Blattnarben herrührenden queren Ringelung erkannt werden können.

Betrachtet man ein mit einer Knospe versehenes Rhizomstück näher, so findet man, beim Längsdurchschneiden und Querdurchschneiden der Knospe, daß dieselbe aus zahlreichen Scheidenblättern besteht, welche unten ringsum geschlossen sind und nur oben eine Spalte besitzen. Die jüngeren Rhizomstücke sind zuerst mit zarten Ringeln versehen, die etwa 0,5 mm breit sind. Diese zarten Ringfurchen sind die Narben der abgestorbenen Laub- und Scheidenblätter. In den Furchen sind meist schon mit bloßem Auge, besser mit der Lupe, erhabene Pünktchen, die Reste der Blattgefäßbündel zu erkennen. Etwa in Abständen von 0,5 cm findet man ferner dickere, erhabene Ringleisten, welche die Rhizomstücke grob geringelt erscheinen lassen. Die hervortretenden Ringleisten bezeichnen die Stellen, an welchen die im Sommer entwickelten, am längsten erhalten bleibenden Laubblätter der Pflanze saßen. Zwischen der Mitte zweier Ringleisten liegt also stets ein Stück Rhizom, welches innerhalb eines Jahres erwachsen ist. Danach kann man das Alter der Rhizomstücke berechnen und findet so, daß 10 cm lange Stücke meist über 25 Jahr zu ihrem Wachstum brauchten.

Ein vollkommeneres Verständnis des morphologischen Baues der Droge gewinnen wir, wenn wir die Entwicklung und den Bau der lebenden Pflanze kennen, und wir wollen deshalb diese noch kurz besprechen.

An noch nicht blühenden, etwa 10jährigen Pflanzen beobachtet man im Herbst folgendes. Die Spitze der wachsenden Hauptachse der Pflanze trägt eine Reihe, etwa 3 bis 4 der großen, elliptischen, zugespitzten, in einem freien, rinnenförmigen Blattstiel verschmälerten Blätter. Diese stehen in zweigliedrigen dekussierten Wirteln. Die Basen je zweier gegenüberstehenden Blätter sind völlig verwachsen und umfassen die Achse vollständig, nach oben zu eine oft 10 cm lange, geschlossene Scheide bildend. An der Achse sitzt meist eine große Nebenwurzel, welche häufig die Dicke der Achse erreicht. Ist das hypokotyle Glied noch vorhanden, so trägt auch dieses häufig noch kleinere Nebenwurzeln, während die Hauptwurzel stets abgestorben ist.

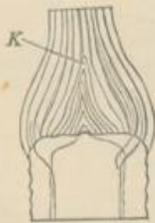


Fig. 243.
Axiler Längsschnitt
durch die Spitze eines
lebenden Rhizomes
(durch A, Fig. 244).

Die Spitze der wachsenden Achse ist fast vollständig flach, nach dem Vegetationspunkt zu etwas eingesenkt (Fig. 243), und da die Blätter ganz dicht übereinander stehen, so erheben sich die Blattinsertionslinien in vertikaler Richtung wenig übereinander. Von 6 bis 8 schon abgestorbenen, in diesem Jahre erzeugten Blättern findet man zu äußerster, unterhalb der Blätter, an der Achse Reste, dann folgen die schon erwähnten 3 bis 4 Laubblätter.

Die Scheide des äußeren Blattpaares umhüllt die des nächst inneren stets ganz dicht, die des innersten Blattes ist so zusammengedrückt

(Fig. 244, *A b*), daß nur ein enger Kanal (*s*) in ihrer Mitte frei bleibt. Der Basalteil der Scheiden ist erweitert. Die Blattbasen schützen die innere Knospe, welche sie umhüllen, und von der wir sogleich reden werden, bis tief in den Winter hinein, da sie sehr langsam zerstört werden.

Die Blattbasen umhüllen eine vierkantige Knospe (Fig. 244, *B* und Fig. 243, *K*). Der Blattgrund der äußersten Blätter dieser Knospe ist



Fig. 244.

A von den Blattbasen umgebene Terminalknospe einer noch nicht blühreifen Pflanze, *b* Scheide des innersten Laubblattes.

B Knospe aus *A*.

C Knöspchen aus der Achsel eines jungen Blattes von *B*.

D Ende des Rhizomes einer verblühten Pflanze, *k*, *k'*, *k''* Knospen.

s Basis des Blütschaftes.

E Ende eines Rhizomes, dessen Terminalknospe vor 6 Jahren zum Blütschafte ausgewachsen war, *n* Narbe des Blütschaftes.

relativ stark entwickelt, während die Laminaanlage (*sp*) sehr kurz ist, wodurch diese Blätter geeignet sind, den successive weiter innen liegenden Blattanlagen als Schutz zu dienen, deren Blattgrund successive kürzer, deren Lamina successive länger entwickelt erscheint, und welche nach innen zu immer kleiner werden. Die äußeren Blattanlagen kommen über-

haupt nicht zur weiteren Entwicklung — sie bleiben Scheidenblätter, Niederblätter — da sie im nächsten Frühjahr von sich kräftig entwickelnden, weiter innen liegenden Laubblattanlagen durchbrochen und zerstört werden.

In den Achseln der vier äußersten Blattanlagen finden sich Knöspchen, von denen meist nur die innersten (Fig. 244, C) erhalten bleiben. Die Knöspchen bleiben 5—15 Jahre erhalten, wachsen aber meist nicht aus, so lange die Endknospe der Achse lebt. Es baut sich also so in der Regel aus den verschiedenen Jahresproduktionen des Vegetationspunktes, so lange derselbe nur Laubblätter erzeugt, ein einfaches, senkrecht in der Erde wachsendes Rhizom auf, welches durch die dicht aufeinander folgenden Narben der abgestorbenen Blätter fein geringelt erscheint und in 4, je nur 90° voneinander entfernten Längsreihen Knöspchen trägt. Die Länge des Rhizomes würde eine recht erhebliche werden, wenn nicht an demselben bald neue, starke Nebenwurzeln aufträten, und unter diesen nicht das Rhizom langsam absterben würde. So findet man meist nur etwa 12 cm lange Rhizomstücke.

10 bis 20 Jahre nach der Keimung kann die Pflanze zur Blüte kommen; dann entwickelt sich die Endknospe zu einem Blütenstande und schießt zu einem etwa 50 cm langen Blütenschaft, einer schlanken oberirdischen Achse auf, welche an der Basis von den Scheiden einiger großer Laubblätter umhüllt ist und selbst außer den Blüten noch einige sitzende, teilweise an der Basis verwachsene Laubblätter trägt.

Unterhalb der Basis des Blütenschaftes wachsen nun während der Blütenentfaltung 2 bis 5 der kräftigsten Knöspchen des jetzt etwa 15 bis 25 mm dicken Rhizomgipfels heran, so daß sie im Herbst etwa eine Länge von 5—10 mm erreicht haben. Im Frühjahr wachsen diese Knospen dann zu Rhizomzweigen aus, die sich im wesentlichen wie das primäre

Rhizom verhalten und nach 4 bis 20 Jahren zur Blüte kommen. Fig. 244 E, k, k', k'' stellt fünf- bis sechsjährige Seitenzweige dar; n ist die Narbe des Blütenschaftes. An den Zweigen des Rhizomes entstehen später auch Nebenwurzeln, von denen eine oder einige sich besonders verdicken, wenn die Pflanze ein hohes Alter erreicht.

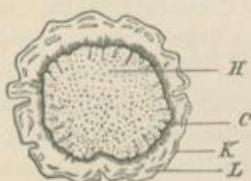


Fig. 245.

Querschnittsfläche der trockenen Wurzel von *Gentiana lutea*.
K Kork. H Holz. C Kambium.
L Lücken.

Anatomie der Wurzel.

Lupe: Auf der fast weissen bis braunroten Querschnittsfläche der Wurzel läßt sich mit der Lupe wenig Charakteristisches erkennen. Das

Holz (H, Fig. 245) ist gleichmäßig, ohne regelmäßige radiale Struktur, ohne stärker hervortretende Tracheen, welche allerdings auf sehr glatten Schnittflächen erkennbar sind, und dann in der Peripherie des Holzes zu

Keilen zusammengestellt erscheinen. Die Kambiumzone (*C*) erscheint etwas dunkler als die übrige Schnittfläche und durch das ungleiche Zusammen-trocknen der Wurzel meist wellig. Die Rinde ist meist von großen Lücken (*L*) durchsetzt und dadurch mehr oder weniger porös. Der Bruch der Wurzel ist wegen des Fehlens aller verholzten Faserzellen kurz, wenn die Droge trocken ist. Etwas feucht, ist die Droge zähe und biegsam.

Mikroskop: Die 2 strahlige junge Wurzel verliert schon ihre schön ausgebildete Epidermis, Hypodermis und Endodermis, überhaupt die primäre Rinde, wenn sie etwas über 1 mm dick ist. Die Wurzeln der Droge zeigen deshalb durchweg sekundären Bau. Die äußerste Zelllage wird von einer dünnen, 5—10 Lagen dicken Korkschicht gebildet. Die

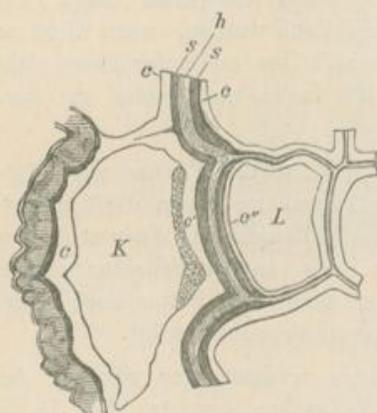


Fig. 246.

Längsschnitt zweier Korkzellen.

K Korkzelle aus der äußersten Schicht des Korkes. *L* jüngere Korkzelle. *c* Celluloselamellen. *s* Suberinlamelle. *h* Mittellamelle.
76fach vergr.

Korkzellen sind quer gestreckt, etwa 4 bis 5 mal breiter als lang und erscheinen im Längsschnitt fast quadratisch (Fig. 246). Die Wände der Korkzellen sind getüpfelt. Unter der Korkschicht liegt eine, einem Hypoderm ähnliche Schicht (*b*, Fig. 246a und 247), welche kein Phelloderm ist, sondern ihren Ursprung aus einer unterhalb des Perikambiums der jungen Wurzel liegenden Parenchym-schicht nimmt. Diese hypodermartige Schicht ist ein mehrere Zelllagen dickes, intercellularraum-freies Gewebe, bestehend aus tafelförmigen, im Tangentialschnitt fast quadratischen Zellen. Die Rinde besteht der Hauptmasse nach aus dünnwandigen Parenchymzellen. In dem Parenchym liegen unregelmäßig

verteilt Siebstränge (*c*, Fig. 247), welche von relativ dickwandigen, unverholzten Ersatzfasern, deren Wände mit unregelmäßig verteilten, schräg stehenden Tüpfeln versehen sind (Fig. 248), begleitet werden. Markstrahlen lassen sich in der Rinde nicht auffinden. Die meisten Elemente der Rinde, welche aus dem Kambium hervorgehen, behalten die Länge der Kambiumzellen bei (siehe Fig. 246a) oder teilen sich nur durch eine Querwand. Nur in der Peripherie der Rinde teilen sich die Parenchymzellen und Ersatzfasern in 4 bis 6 Zellen, die sich abrunden. Diese Zellen wachsen aber nicht so energisch, daß sie der Rindendehnung folgen, und so entstehen durch Auseinanderweichen der Zellen größere und kleinere intercellulare Lücken.

Das Holz besteht aus denselben Elementen wie die Rinde, nur finden sich außerdem unregelmäßig eingelagert einzelne Gefäße und Gefäß-

stränge (*d*, Fig. 246a und 247). Die Parenchymzellen sind meist ebenfalls gestreckt und so lang als die Kambiumzellen, doch finden sich vorzüglich im Centrum der Wurzel Nester von runden Parenchymzellen,

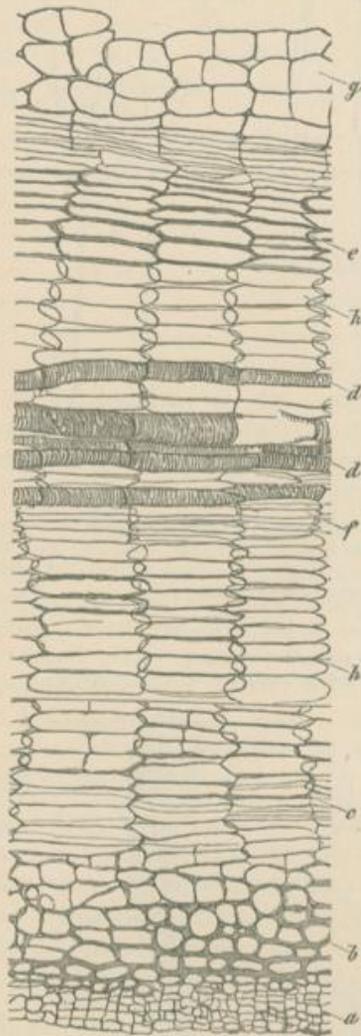


Fig. 246a.

Längsschnitt durch eine ältere Wurzel.

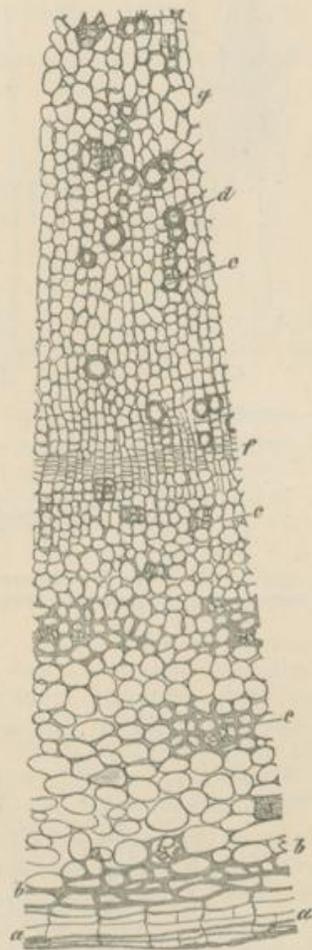


Fig. 247.

Querschnitt durch eine ältere Wurzel.

a Kork. *b* hypodermartige Schicht. *c* Siebstrang. *f* Kambium. *d* Gefäße. *e* Faserzellen.
g kurze, *h* lange Parenchymzellen.

welche durch Teilung der gestreckten Parenchymzellen und Abrundung entstanden. Markstrahlen fehlen dem Holze völlig. Die Gefäße (Fig. 252) sind Netzfasertracheen mit kreisförmig durchbrochener Zwischenwand. Die

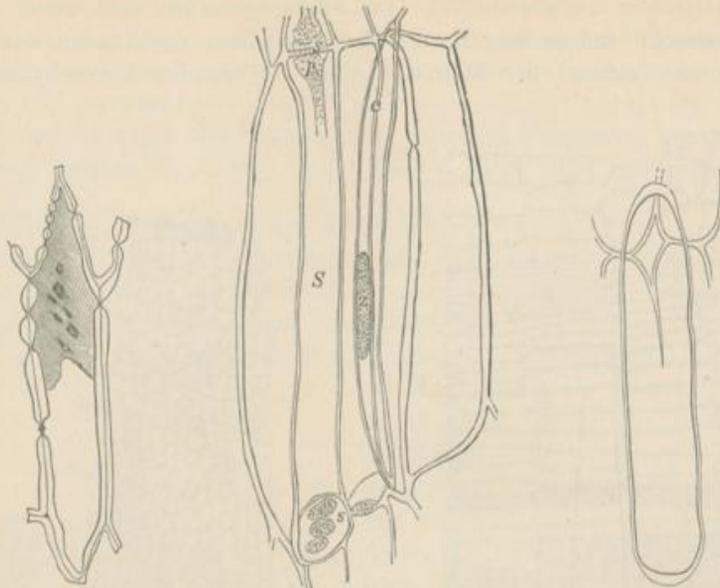


Fig. 248.

Fig. 250.

Fig. 249.

Fig. 248. Längsschnitt durch eine Ersatzfaser aus dem Siebröhrenstrange.
100fach vergr.

Fig. 249. Längsschnitt durch eine Parenchymzelle.
100fach vergr.

Fig. 250. Längsschnitt durch einen Siebstrang.
s Siebröhre. *p* durchschnitene Siebplatte. *c* Kambiformzelle, *z* Zellkern derselben.

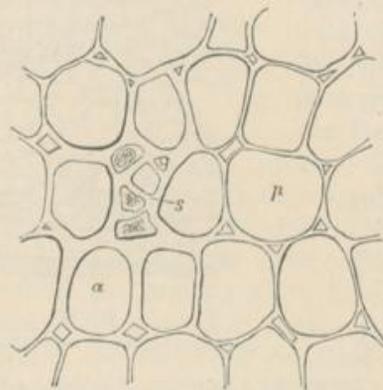


Fig. 251.

Fig. 251. Querschnitt durch einen Siebstrang.
a Ersatzfaser. *p* dünnwandiges Parenchym. *s* Gruppe von Siebröhren und Kambiformzellen.
300fach vergr.



Fig. 252.

Fig. 252. Ein Stück eines Gefäßes, im Längsschnitt.
200fach vergr.

Parenchymzellen sind stärkefrei, enthalten kleine Mengen fetten Öles in Tröpfchen und sehr kleine Oxalatkryställchen.

Chemie: Aus der Droge ist etwa $\frac{1}{10}$ % eines glykosidartigen Bitterstoffes, des Gentiopikrins, und ebensoviel des unwirksamen Gentisins dargestellt worden; sie enthält ferner 6 % fettes Öl und liefert etwa 8 % Asche. Aus der frischen Wurzel wurde eine Zuckerart, die Gentianose, (der hauptsächlich stickstofffreie Reservestoff der Wurzel) erhalten.

Geschichte: Die Wurzeln von Gentianaarten fanden schon im Altertume medizinische Anwendung.

q) **Radix Senegae.**

Senegawurzel.

Litteratur.

Verbreitung: Hooker, Flora boreali-americana London I (1833) S. 85.

Einsammlung: Lloyd, American Journal of Pharmacy 1881, p. 481. — Gehe & Co., Handelsbericht, Dresden, April 1887, S. 32; Sept. 1887, S. 25; April 1885, S. 40. — Lloyd, Pharmaz. Rundschau 1889, S. 86.

Morphologie und Anatomie: O. Berg, Handbuch der pharmazeutischen Botanik, II. Teil, Pharmakognosie, 1850—52, S. 75. — G. Walpers, Botanische Zeitung 1851, S. 297. — Wigand, Flora 1856, S. 675. — Wigand, Archiv der Pharmacie 1862, Bd. III, S. 238. — Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches, I. Aufl. 1867, S. 263. — Otto Linde, Beiträge zur Anatomie der Senegawurzel: Promotionschrift der Universität Rostock 1886. — de Bary, vgl. Anatomie S. 585. — Tschirch, 62. Versamml. deutscher Naturforscher und Ärzte in Heidelberg, Abteil. Pharmacie 4. Sitz. — Arthur Meyer, Arch. der Pharm. 1887, Heft 13.

Chemie: Gehlen, 1804. — Quéwenne, Journ. Pharm. (2) 22, p. 460; 23, p. 270. — Bussy, Ann. Chim. Phys. (2) 51, S. 390. — Procter, Proceeding of the Americ. Pharm. Assoc. 1859, 298. — Christophson, Dissertation 1874, Dorpat. — Bolley, Ann. Chem. Pharm. 90, 211. — Funaro, Gazzetta chimica italiana 19, 1889. — Reuter, Archiv der Pharmacie 1889, April. — Reuter, Archiv der Pharmacie 1889, S. 309, S. 452, 549, 927. — Flückiger, Pharmakognosie 1882, S. 413. — Langenbeck, Pharm. Zeitg. 1881, S. 260. — Lloyd, Pharm. Rundschau 1889, S. 87.

Verwechslung: Saunders, Proceedings of the Americ. Pharm. Assoc. 1876, 661. — Th. Greenish, Pharm. Journ. and Transact. 9, 1878, p. 193. — Göbel, Americ. Journ. of Pharm. 1881, 322. — Maisch, Americ. Journ. of Pharm. 1881, 388. — Charbonnier, Rundschau für die Interessen der Pharmacie, Chemie und der verwandten Fächer 1883, IX, No. 5. — Holmes, London. Pharm. Journ. 1878, Nov. 16, p. 410. — Lloyd, Pharmaz. Rundschau 1889, 86. — Mohr, Pharmaz. Rundschau 1889, S. 191. — Maisch, Pharmaz. Rundschau, 1889, S. 236. — Sandahl, Pharmaz. Zeitung 1888, S. 512.

Stammpflanze: Polygala Senega L., und die Varietät Polygala Senega latifolia L., Polygalaceae.

Verbreitung der Stammpflanze: Die bis 4 dem hohe Staude ist in Nordamerika einheimisch. Sie ist durch das Gebiet der Vereinigten Staaten und von Kanada, vom 34° bis 52° nördlicher Breite und vom

atlantischen Ocean bis zu den Rocky-Mountains verbreitet, kommt nirgends in großer Menge vor und wächst an lichten Stellen der Wälder.

Einsammlung: Man sammelt die unterirdischen Teile der wildwachsenden Pflanze, wie es scheint im Herbst, wohl jetzt in dem ganzen Verbreitungsbezirke.

Ursprünglich wurde die in den Handel kommende Wurzel von *Polygala Senega* typ. L. in den nördlichen atlantischen Unionsstaaten und Kanada gesammelt. Mit der Entwaldung und Urbarmachung des Landes rückten auch die Bezugsquellen der *Senega* nach den westlichen und südwestlichen Grenzstaaten vor, so daß nach und nach Virginien, Tennessee, Nordcarolina, Arkansas, Kentucky, Ohio, Indiana, Illinois und Missouri den Bedarf der Wurzel lieferten, und zwar ist es *Polygala Senega* L. und ihre Varietät *latifolia* L., welche in den genannten Staaten die gesammte Droge liefern. Die in den bisher genannten Gegenden gesammelte Droge besteht aus relativ kleinen Wurzeln. Hingegen kommen seit dem Anfang der siebziger Jahre größere Wurzeln in den Handel, indem die nordwestlichen Staaten Wisconsin und Minnesota als hervorragende Lieferanten der Droge hervortreten. Während von den früher erwähnten Sorten etwa 400 Wurzeln auf ein Pfund gehen, wiegen von den nördlichen *Senega*wurzeln oft 24 Wurzeln 1 Pfund. Die Pflanze, welche diese große Droge liefert, ist eine zwischen der typischen *P. Senega* L. und *P. S. latifolia* stehende, relativ große Varietät der *Polygala Senega* L. Die Droge ist auch anfangs weiße *Senega* genannt worden, obgleich die Farbe der Wurzel von gelb bis tiefbraun wechselt.

Morphologie: Die Droge wird von dem ganzen, gelblich gefärbten Wurzelsystem, meist über 5 Jahre alter (nach den Jahresringen des hypokotylen Gliedes zu schließen) Pflanzen und dem ganz kurz bleibenden und sich verbreiternden, unterirdischen Achsenteil derselben gebildet, an welchem Knospen und Reste der oberirdischen Achsen sitzen.

Das eigentümliche kopfförmige Achsensystem, welches die Droge krönt, ist ein reich verzweigtes Dichasium, dessen Zweige sehr kurz bleiben. Dieses dichasiale Achsensystem entsteht folgendermaßen: Jeder oberirdische Stengel trägt in den Achseln der 2, selten 3 untersten, ganz tief an der Basis des Stengels sitzenden Schuppenblätter je ein von roten Niederblättchen umhülltes Knöspchen, welches nach dem Absterben des oberirdischen Stengels zu einem neuen oberirdischen Stengel auswächst. Das Absterben der Stengel erfolgt ganz dicht an der Basis. Die neu entstandenen, oberirdischen Stengel erzeugen in gleicher Weise 2 neue basale Triebe, während sich die unterirdischen, kurzen Reste der älteren etwas verdicken. Durch Wiederholung dieses Vorganges entsteht nach und nach das polsterförmige Sympodium, von welchem sich bei der älteren, lebenden Pflanze 20–40 Stengel und mehr als doppelt so viele Knospen erheben.

Das Wurzelsystem wird etwa 25 cm lang und besteht aus der Hauptwurzel mit relativ wenig zahlreichen, stärkeren Zweigen, die nur an ihren Spitzen mit einem reich verzweigten System zarterer Wurzeläste versehen sind. Die Hauptwurzel und stärkeren Wurzelzweige zeigen häufig eine sehr auffallende Erscheinung; die Wurzeln sind mehr oder weniger zickzackförmig gebogen, so wie es Fig. 253 und 254 zeigt, und man findet dann, daß die konkave Seite der Biegung (bei den trockenen Wurzeln) einen scharfen Kiel (*K*) aufweist, die konvexe Seite dagegen wulstig und querriefig erscheint. Meist wechselt Kiel und Wulst regelmäßig miteinander auf den beiden Seiten der Wurzel ab; der Wulst verjüngt sich dann, von seiner breiten Seite aus gesehen (also in der Richtung der Papierfläche in Fig. 253), an seiner Basis in den Kiel. Nicht selten

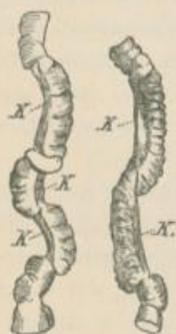


Fig. 253. Fig. 254.
Mit Kiel versehene,
gekrümmte, trockene
Wurzelstücke.
K Kiel.

jedoch läuft auch der Kiel als sehr steile Spirale durch 2 Biegungen, wie in Fig. 254, und die Wurzel erscheint dann gleichsam um den Kiel gewunden. Die Kielbildung entsteht wahrscheinlich erst bei dem Eintrocknen, an frischen Wurzeln ist wahrscheinlich nur die Biegung zu beobachten; die gebogenen Glieder erscheinen dort drehrund, wenigstens verschwindet der Kiel beim vollständigen Aufweichen der Wurzeln stets. Sucht man sich die Frage, welche Bedeutung diese eigentümliche Kielbildung besitzt, durch Beobachtung trockenen Materials klar zu machen, so erscheint folgende Erklärung, welche jedoch durch Experimente an lebenden Pflanzen noch zu prüfen ist, als die wahrscheinlichste.

Wir wissen, daß sich die Wurzeln vielleicht aller Pflanzen im Alter mehr oder weniger stark zusammenziehen. Der aktive Teil, welcher die Verkürzung der Wurzeln bewirkt, ist stets parenchymatisches Zellgewebe. Daß sich das hypokotyle Glied und die Hauptwurzel der Senegawurzel ebenfalls und zwar stark mit dem Alter verkürzen, darauf deuten die Runzeln in der Rinde des hypokotylen Gliedes hin, die wir stets an den sich stark zusammenziehenden Wurzeln und hypokotylen Gliedern finden. Da, wo das sich mit dem Alter kontrahierende Parenchym gleichmäßig in der Rinde, also auch um den Holzstrang verteilt ist, wird gewöhnlich der bei der Kontraktion der Wurzel noch weiche oder, wie bei den Wurzeln der Monokotyledonen, relativ dünne Holzteil hin und her gebogen, in sehr feinen Wellenlinien oder auch gleichmäßig in allen Elementen, in der Richtung der Achse der Wurzel zusammengezogen. Selbstverständlich würde eine Verkleinerung der Entfernung zwischen den die Wurzeln im Boden befestigenden, an der Spitze der Wurzel stehenden, zahlreichen, dünnen Wurzelästen und ihrer Ansatzstelle an der oberirdischen Achse oder der Hauptwurzel in sehr reichlichem Maße eintreten, wenn sich die Wurzeln infolge der Kontraktion stark zickzackförmig krümmten. Dies geschieht nun bei der

Senegawurzel in der That und zwar infolge einer wechselnden, einseitigen Lage besonders stark entwickelter Parenchymmassen, welche aus zur Kontraktion geeigneten, gestreckten Elementen bestehen. Wie wir sehen werden, liegt bei den gekrümmten Wurzeln stets auf der konkaven Seite (Fig. 253, *K*) diese Parenchymmasse, während auf der konvexen Seite nur wenig und isodiametrisches Parenchym liegt. Ferner ist auch noch für eine leichtere Krümmungsfähigkeit des Holzcylinders gesorgt und zwar dadurch, daß derselbe keinen kreisrunden, sondern einen mehr oder weniger flachen Querschnitt besitzt, und sein größerer Durchmesser rechtwinkelig zur Biegungsrichtung liegt.

Liegt auf einer größeren Strecke die Parenchymmasse einseitig, so kann auch der Fall eintreten, daß durch die einseitige, durch die Parenchymmasse bewirkte Kontraktion der Holzteil sich schwach spiralförmig dreht und so die Verkürzung ausgleicht. Zur Stütze der entwickelten Anschauung muß noch bemerkt werden, daß ganz gerade Wurzelstücke stets einen ganz normalen und centrischen Bau aufweisen, daß stark gekrümmte, vorzüglich etwas dickere Wurzelstücke stets den anormalen Bau zeigen.

Ob diese besonders ausgiebige Kontraktionsfähigkeit der Wurzel von *Polygala Senega* mit besonderen Verhältnissen zusammenhängt, denen sie in ihrer Heimat ausgesetzt ist, ist ebenfalls noch zu untersuchen. Vielleicht hat sich diese Eigenheit der Pflanze nur entwickelt, weil der dicke Achsenkopf schwieriger in den Boden hinabzuziehen ist als die Achsentheile der meisten anderen Pflanzen.

Es muß dazu schließlicb bemerkt werden, daß die Wurzeln in ihrer allerersten Jugend meist schon excentrisch, dabei aber normal gebaut sind, d. h. rings um den excentrisch gebauten Holzkörper normale Rinde mit Siebröhren etc. entwickeln, die nur auf der einen Seite dicker ist als auf der anderen. Es ist wahrscheinlich, daß schon bei der Kontraktion dieser sehr dünnen Wurzeln starke Biegung stattfindet, und daß dadurch Verletzung oder Zerrung des Kambiums auf der konvexen Seite eintritt, welche das Kambium veranlaßt, dann in anormaler Weise nur parenchymatische Elemente zu erzeugen. Diese Eigentümlichkeit des Kambiums würde sich dann durch ihre Zweckmäßigkeit für die Pflanze immer mehr ausgebildet und befestigt haben.

Anatomie.

Lupe: Die Querschnittsfläche der Droge an den Stellen, welche einen Kiel zeigen (Fig. 256), läßt uns zuerst eine gelbliche Peridermschicht (*k*) erkennen, welche die Wurzel umschließt, und es fällt uns sogleich der helle, fast weiße Holzkörper (*H*) in die Augen, welcher seitlich liegt und auf der dem Kiele entgegengesetzten Seite mehr oder weniger flach, oft sogar tief eingeschnitten (Fig. 255 *m'*) erscheint. Die nächste Umgebung des keine weitere Differenzierung zeigenden Holzkörpers ist hornartig und bräunlich. An dem dem Kiele zugekehrten Teile der Rinde (256, *B*) zeigen

sich feine, hellere Querstreifen in der hellbraunen Masse; es sind dies großzelligere Parenchymmassen, welche zwischen den zahlreichen Siebbündeln der Rinde liegen, die hornartig zusammenrocknen. Gewöhnlich zeigt das direkt unter der Peridermschicht (außerhalb *R*, Fig. 255) liegende Rindengewebe in trockenem Zustande auch eine etwas hellere Farbe. Reißt man von der aufgeweichten Wurzel die Rinde los, so erhält man den zähen und festen Holzkörper isoliert und erkennt nun, daß den Einbuchtungen und flachen Stellen, auf der unbekielten Seite der Wurzel verschieden gestaltete flache Vertiefungen oder auch auf weite Strecken gleichmäßig verlaufende, gerade, flache Stellen des Holzkörpers entsprechen. Wo die Wurzel einen großen Bogen macht, da erscheint die konvexe Seite des Holzkörpers meist so, als sei mit dem Messer ein Tangentialabschnitt derselben (Fig. 258) entfernt. Die Fläche ist selten etwas vertieft, meist flach oder sogar etwas gewölbt. Da, wo die Wurzel kurze Bogen machte, die dann meist zwischen den Insertionsstellen zweier nahe

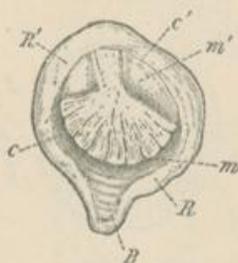


Fig. 255.



Fig. 256.

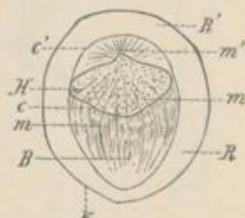


Fig. 257.

Fig. 255 und 256. Querschnittfläche einer trockenen Wurzel.

Fig. 257. In Wasser aufgeweichte gekrümmte Wurzel, quer durchschnitten.
Vergrößert.

R Äußere Rinde. *R'* Anormale Rinde. *B* Innere Rinde. *H* Holz. *C* und *C'* Kambium. *m* Markstrahlen. *m'* Äußeres Parenchym, welches an Stelle des Holzes vom Kambium erzeugt wurde.

aneinander sitzender Nebenwurzeln liegen, finden sich dagegen an der konvexen Seite meist kurze, spaltenförmige Vertiefungen, welche dann aber auch die ganze Bogenfläche einnehmen (Fig. 258, *f'*).

Das hypokotyle Glied, die Wurzel dicht unter dem Wurzelkopfe, ist fast immer im Querschnitte fast normal gebaut, und man erkennt dann auch schon mit der Lupe deutliche Jahresringe in dem Holze dieser Region der Drogen. Wenn jedoch dieser Teil der Pflanzen stark gebogen ist, so findet man beim Abschälen der Rinde auch hier einen anormalen Bau des Holzkörpers, welcher meist abweicht von dem der Wurzelteile. Es zeigen sich dort auf der konvexen Seite dann quer stehende zahlreiche und unregelmäßig feine Spalten und Kanäle im Holzkörper (Fig. 259). Diese Erscheinung kommt jedoch seltener vor und ist nur als ein noch etwas komplizierterer Fall zu betrachten, welcher sich leicht nach den für die Wurzel angeführten Prinzipien aus der Anatomie des hypokotylen

Gliedes erklären läßt. Weicht man einige Stücke der Wurzel in Wasser ein, so sieht man, daß sich der Kiel der Wurzel ausdehnt, und die Wurzel nach und nach fast stielrund wird. Der Querschnitt der aufgeweichten Wurzel erscheint dann etwa wie Fig. 257.

Mikroskop: Es ist durchaus nicht jede Partie der Droge anormal gebaut. Wie schon gesagt, ist das hypokotyle Glied meist regelmäÙig gebaut, und auch an den Wurzeln findet man sehr viele normal gebaute Stellen; oft sind ganze 10—20 cm lange Wurzeln völlig normal gebaut. Von den Wurzeln mit regelmäÙiger Anatomie gehen wir bei der Betrachtung zweckmäÙigerweise aus.

Es mag zuerst bemerkt sein, daß die Wurzel in ihrem primären Zustande ganz normal gebaut ist, ein diarches radiales GefäÙsbündel be-

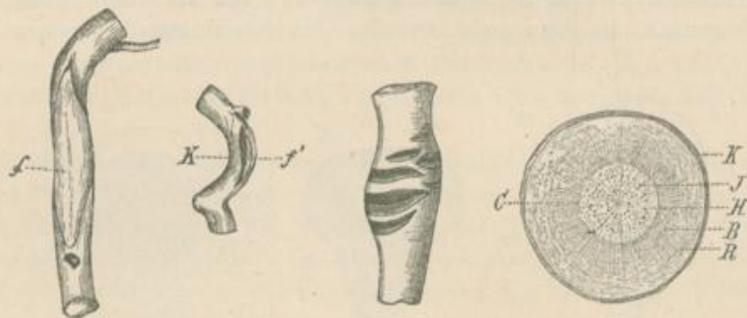


Fig. 258.

Fig. 259.

Fig. 260.

Fig. 258. Von der Rinde befreiter Holzkörper der Wurzel.
f dem Kiel gegenüber abgefachte oder vertiefte Stelle des Holzkörpers. K Kielseite.

Fig. 259. Von der Rinde befreites hypokotyles Glied der Pflanze.

Fig. 260. Normal gebaute Wurzel im Querschnitt.
Vergrößert.

R Äußere Rinde. B Innere Rinde. K Kork. H Holz. J Jahresring. C Kambium.

sitzt, welches von einer einfachen Endodermis umschlossen ist, eine dünne primäre Rinde und einfache Epidermis. Ganz junge (äußerst zarte) Wurzelzweige, welche noch primären Bau besitzen, findet man in der Droge selten.

Die normal gebaute ältere Wurzel (Fig. 260) wird von einem dünnen Periderm (K) umgeben, welches aus einer 4 Zelllagen dicken Korkschicht besteht. Die Korkzellen erscheinen im Querschnitte der Wurzel stark tangential gedehnt und sehr unregelmäÙig groß, dagegen im Radialschnitte sehr gleichmäÙig quadratisch und zeichnen sich durch die hellgelbe Farbe ihrer Wandung aus. Das unter der Korkschicht liegende Parenchym zeichnet sich ebenfalls dadurch aus, daß seine Elemente stark tangential gedehnt sind, im Radialschnitte der Wurzel aber fast isodiametrisch erscheinen, läßt aber deutliche Intercellularräume zwischen sich erkennen.

Dieses im Radialschnitte der Wurzel isodiametrische Parenchym (Fig. 260, *R*) nimmt etwa den halben Durchmesser der Rinde ein.

Darauf folgt die jüngere Bastregion der Rinde mit vorwiegend längsgestreckten Elementen (Fig. 260, *B*). Die Markstrahlen, welche die Rinde durchsetzen, (Fig. 262, *m*) erscheinen auf dem Querschnitte der Wurzel meist ein- bis dreireihig und im Tangentialschnitte der Wurzel sehr verschieden, meist aber etwa 10 Elemente hoch. Das Markstrahlenparenchym ist dem übrigen Parenchym der inneren Rinde so ähnlich, daß man die Markstrahlen im Tangentialschnitte kaum aufzufinden vermag. Mark-

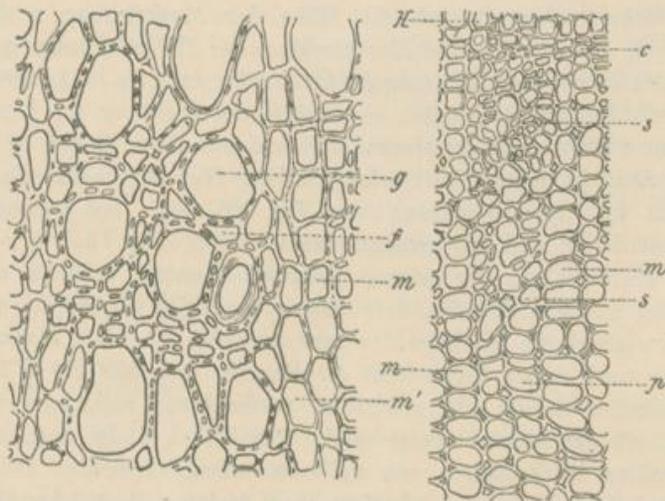


Fig. 261.

Partie aus dem Querschnitte des Holzes.
g Gefäß, f Faserzelle, m' m Markstrahlenparenchym.
400fach vergr.

Fig. 262.

Partie aus dem Querschnitte der inneren Rinde.
s Siebröhre, m Markstrahl,
p Parenchym, c Kambium,
H Holz.
300fach vergr.

strahlenparenchym (*m*) und Rindenparenchym (*p*, Fig. 262) sind in der Richtung der Längsachse der Wurzel gestreckt; die Markstrahlenelemente der Rinde sind allerdings meist etwas kürzer und dünnwandiger. Die Wände beider Zellformen sind kollenchymatisch und mit schräg stehenden, feinen, gestreckten Tüpfeln versehen. Die Siebröhrenstränge *s*, die im Querschnitt stark hervortreten, verschwinden unter diesen gestreckten Elementen im Radialschnitt und Tangentialschnitt fast völlig, da auch die Cambiformzellen den übrigen parenchymatischen Elementen im wesentlichen ähnlich sehen, und die Siebröhren sehr eng sind.

Im Radialschnitt der Rinde sieht man sehr leicht, daß alle diese gestreckten Elemente der Rinde (mit Ausnahme der Siebröhren) um so mehr durch horizontale Querwände geteilt werden, je mehr sie nach außen zu

liegen, also je älter sie sind; schliesslich resultirt eben aus ihnen das im Radialschnitt der Wurzel isodiametrisch erscheinende Parenchym der äusseren Rinde. Als Inhalt führen alle parenchymatischen Elemente der Rinde fettes Öl, welches in grossen Tropfen austritt, wenn man die Schnitte in Chloralhydratlösung legt.

Das Holz (Fig. 260, *H*) der Wurzel ist wie die Rinde dadurch ausgezeichnet, dass alle Zellen desselben mehr oder weniger in der Richtung der Längsachse gestreckt sind.

Die Markstrahlen (Fig. 261, *m*) verhalten sich bezüglich ihrer Breite und Höhe wie die der Rinde, und es geht hier leicht aus der Ansicht des Tangentialschnitts hervor, dass die Höhe der Markstrahlen recht verschieden ist; so deutlich die Markstrahlen des Holzes häufig auf dem Querschnitte erscheinen, so wenig deutlich treten auch sie im Längsschnitte hervor, weil die Markstrahlzellen ebenfalls in der Richtung der Längsachse meist mehr oder weniger gestreckt sind und mit ihren Enden mehr oder weniger prosenchymatisch ineinander greifen. Nur selten sind die Markstrahlzellen fast typisch gebaut, wie Fig. 263 zeigt, fast kubisch. Die Markstrahlzellen sind mit grossen, runden, unbehoften Tüpfeln versehen.

Die Markstrahlen der normal gebauten Wurzeln erhalten ein sehr wechselndes Ansehen dadurch, dass erstens die Weite der Markstrahlzellen in den verschiedenen Markstrahlen sehr ungleich ist, dass Markstrahlen mit weiten und engen Elementen vorkommen, und dass die Wände der Markstrahlzellen stärker oder schwächer verdickt und mehr oder weniger, oft stark, oft gar nicht verholzt sind. Gewöhnlich findet man, dass die zwei primären Markstrahlen aus weiteren, wenig verdickten und häufig auch unverholzten Elementen bestehen, doch treten auch daneben ähnliche, jüngere Markstrahlen hier und da auf. Manchmal, allerdings selten, sind die Markstrahlen der normal gebauten Wurzeln alle gleichartig und wenig hervortretend.

Die Holzstränge enthalten nur in ihren inneren Lagen stärker verholzte, kurzgliedrige Gefässe *g* mit kreisförmig durchbrochenen Zwischenwänden und kaum schräg gestellten spaltenförmigen Tüpfeln, die bei dem im Gewebeverbände befindlichen Gefässen rund behöft erscheinen.

Ferner finden sich zahlreiche spitzendigende Sklerenchymfasern, welche stark schräg gestellte, spaltenförmige Tüpfeln besitzen.

Ähnliche, etwas weitere Elemente, die in der Umgebung der Tracheen stehen, sind wahrscheinlich besser als Tracheiden zu bezeichnen.

Meist ziemlich undeutlich treten Jahresringe (*J*, Fig. 260) hervor, welche hauptsächlich durch eine Tangentialreihe dichter stehender Tracheen markiert werden.

Die Wurzeln von anormalem Baue sind nun zuerst dadurch von den normalen Wurzeln unterschieden, dass die Rinde nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig gebaut ist. Es erzeugt nämlich nur das Kambium (*c*, Fig. 257) der Kiesel- und zwar in ausgiebiger Weise Siebröhrenstränge, also einen Rindenteil (*B*), welcher im wesentlichen dem inneren

Teil der Rinde (*B*, Fig. 260) der normalen Wurzel gleich gestaltet ist, sich nur durch die leicht verständliche Konvergenz der Markstrahlen (*m*, Fig. 257) auszeichnet. Das weniger ausgiebig arbeitende Kambium (*c'*, Fig. 255 u. 257) der konvexen Seite der anormalen Wurzeln erzeugt hingegen nach außen zu nur Parenchym (*R'*, Fig. 255, 256, 257), welches dem äußeren Rindenparenchym (*R*, Fig. 260) der normalen Wurzel gleich gestaltet und in Fig. 264, *R'* im Längsschnitt dargestellt ist. Nach innen erzeugt das Kambium (*c*, Fig. 257) auf der Kielseite normales Holz (*H*, Fig. 256 und 257), auf der entgegengesetzten Seite (Fig. 255 und 257, *c'*) dagegen nur ein Parenchym, welches aus fast isodiametrischen, mehr oder weniger kugelförmigen Zellen, mit deutlichen Intercellularräumen besteht (Fig. 255 und 257, *m'*). Fig. 264, *c'* stellt das Kambium (Fig. 257, *c'*),

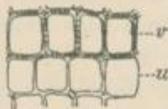


Fig. 263.
Markstrahlenparenchym des
Holzes, aus einem breiten
Markstrahl, im radialen
Längsschnitte.
v verholzte, *u* unverholzte
Markstrahlzellen.
140fach vergr.

m' das centripetal erzeugte Parenchym im Längsschnitte dar. Diese Parenchymzellen erscheinen auf dem Querschnitte der Wurzel in ziemlich regelmäßige Radialreihen geordnet, und man kann sie nach ihrer Lage und nach ihrer Gestalt wohl als Markstrahlenparenchym bezeichnen. In der That gleichen aber die Elemente abnorm weiter Markstrahlen, wie sie in Fig. 263 im radialen Längsschnitte dargestellt sind, dem betreffenden Parenchym nicht ganz, und selbst wenn sie nicht verholzt sind (Fig. 263, *u*), unterscheiden sie sich durch ihre dünneren Wände und ihre quadratische Form.

Durch diese abnorme Thätigkeit des Kambiums wird also erreicht, daß auf der konvexen Seite alle Elemente gleich bei ihrer Anlage isodiametrisch sind, während auf der konkaven Seite fast nur in der Richtung

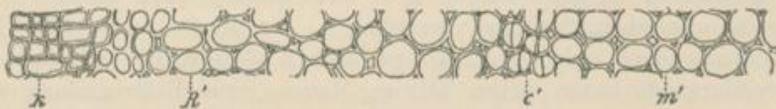


Fig. 264.

Radialer Längsschnitt durch den Teil einer alten abnormal gebauten Wurzel, welcher an der konvexen Seite liegt (also Fig. 257 *R'* *c'* *m'* entspricht).

K Periderm. *R'* Parenchym der abnormalen Rinde. *c'* Kambium. *m'* Anormales Parenchym der Holzregion.

der Längsachse der Wurzel gestreckte Zellen zu finden sind. Da nur die gestreckten Zellen kontraktionsfähig sind, so ordnet sich auch dieses Verhältnis der früher gegebenen biologischen Erklärung unter.

Verwechslungen: Als Verwechslungen und Beimischungen der Senegawurzel werden die Wurzel von *Panax quinquefolium*, das Rhizom von *Cypripedium pubescens* und *parviflorum*, sowie die Wurzel von *Jonidium*

Ipecacuanha angegeben. Ferner ist die Wurzel von *Polygala alba* Nuttall (weiße oder falsche Senega) in den Handel gekommen, welche hauptsächlich in Kansas und Missouri gesammelt zu werden scheint, übrigens in Nordamerika sehr verbreitet ist. Die Wurzel enthält nach Reuter sowohl Saponin als Salicylsäureester. Eine Probe der Wurzel, welche ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. Fr. Hoffmann in New-York verdanke, und welche im allgemeinen der echten Wurzel sehr ähnlich sieht, unterscheidet sich zuerst einfach von der echten Senega dadurch, daß ihr der scharfe Geschmack der letzteren völlig abgeht. Der Ätherauszug der falschen Droge zeigte starke blaue Fluorescenz, welche dem Auszuge der echten Droge fehlt. Die Probe auf Salicylsäure gelang mit der falschen Senega, lieferte aber eine nur in ganz dicken Schichten erkennbare, leicht zu übersehende, äußerst geringe Violett-färbung, während echte Senega eine tief violette Färbung gab. Kielbildung ist an den mir vorliegenden Exemplaren nicht vorhanden; jeder Querschnitt der Wurzel zeigt also normalen Bau. Die Rinde ist im Verhältnis zum Holze viel dünner als die der Wurzel von *Polygala Senega*. Das Holz ist weiß, nicht gelblich wie bei der echten Senega, hart, schwer mit dem Messer schneidbar und durch eine sehr deutliche Jahresringbildung ausgezeichnet, welche bei Lupenbetrachtung leicht erkannt werden kann. Breitere, dichte, scharf begrenzte Zonen wechseln mit, durch die weiten Gefäße grob porös erscheinenden, schmälere Gewebestreifen regelmäßig ab. Das relativ weiche Holz der echten Senega ist viel gleichmäßiger porös, und die Jahresringe erscheinen nicht so scharf begrenzt. Ferner sind die bei mikroskopischer Betrachtung dünner Schnitte scharf hervortretenden, regelmäßig angeordneten, eine Zelllage breiten Markstrahlen ein gutes Unterscheidungsmerkmal.

Chemie: Als wirksamer Stoff der Senegawurzel wird das Senegin (Polygalasäure), ein wahrscheinlich noch mit anderen Stoffen verunreinigtes Saponin, angesehen, welches vorzüglich in der Rinde seinen Sitz hat. Außerdem findet sich in der Droge etwa 6 % fettes Öl und etwa 0,15 Salicylsäuremethylester, neben kleinen Mengen eines Baldriansäureesters. Nach langem Lagern der Droge schwindet nach und nach der Salicylsäuremethylester, so daß ein kräftiger Geruch der Wurzel ein Zeichen für frische Droge ist. Wird 5 g frische Senegawurzel mit 30 g Äther 1 Stunde maceriert, hierauf der Auszug in ein Becherglas filtriert, in welchem sich 20 ccm Wasser von 40—50° C. befindet, und nach dem Verdunsten des Äthers ein Tropfen verdünnter Eisenchloridlösung zugefügt, so entsteht eine violett-blaue Färbung der wässrigen Flüssigkeit.

Geschichte: Die Senegawurzel ist nach einem Indianerstamm, den Seneca-Indianern, benannt; sie wurde von den Indianern allgemein gegen Schlangenbisse angewandt. Durch John Tennent in Philadelphia zuerst in die Arzneiwissenschaft eingeführt, ist sie seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Europa verwendet worden.

r) **Tubera Jalapae.**

Jalapenwurzel.

Litteratur.

Verbreitung und Kultur: Thomas, Histoire naturelle de quelque plantes medicinales du Mexique. Journ. de Pharm. V, 1867, p. 261. — Hanbury, Science Papers, London, 1876, p. 344. — Schiede, Linnaea 1830, III., S. 473; Pharm. Journ. 1867, 8, p. 652. — Warden, Pharm. Journ. Transact. 1887, Aug. 13, p. 129. — C. Mohr, Medizinisch und technisch wichtige Produkte des Pflanzenreichs auf der Weltausstellung zu New-Orleans, Pharmazeutische Rundschau, New-York, p. 57. — Hooker, Report of the progress and condition of the Royal Gardens Kew during the year 1882, London 1884. Pharmaz. Zeitung 1884, S. 508. — Archiv der Pharmacie 1869, S. 140. Ph. Journ. Tr. 1886—87, p. 609. — Warburg, Bot. Ztg. 1886, S. 813. Ph. Journ. Tr. 1888—89, p. 468.

Botanik: Schmitz, Sitzungsber. der naturf. Gesellschaft zu Halle 1874 und daraus Botan. Zeitung 1875, S. 677. — A. de Candolle, Justs Botanischer Jahresbericht 1882, I., 484 (eine unrichtige Angabe über die Morphologie der Knolle). — Zacharias, Botan. Zeitung 1879, No. 39, S. 625 (Sekretbehälter der Convolvulaceen).

Chemie: Buchner und Herberger, Repert. Pharm. 37, 203. — W. Mayer, Ann. Chem. Pharm. 83, 121; 92, 125. — Sandrock, Archiv der Pharmacie (2) 64, 160. — Kayser, Ann. Chem. Pharm. 51, 81. — Stevenson, Pharm. Journ. Transact. (3) 10, 644. — Köhler und Zwicke, N. Jahrb. Pharm. 32, 1. — Turner and Squibb, Pharm. Journ. and Transact., III. Ser., No. 938, p. 1067. — Kremel, Bekurts' Jahrb. 1888, S. 49. — Maisch, Jalap Resin and Jalapin, Ph. Journ. Transact. 1886—87, S. 165.

Verwechslung und Verfälschung: Herlant, Pharmazeutische Zeitung 1886, No. 49, S. 270.

Stammpflanze: Ipomoea Purga Hayne, Convolvulaceae.

Verbreitung: Die Heimat der Winde ist der östliche Abhang der mexikanischen Gebirge, etwa in der Nähe der Städte Tehuacan, Cordoba, Orizaba und Huatusco. Sie findet sich wild in einer Höhe von etwa 1500 bis 2500 m.

Kultur und Einsammlung: Die größte Menge der Jalapenwurzel wird wohl von den Indianern in den angegebenen Gegenden, während des ganzen Jahres, hauptsächlich aber im Mai, von wild wachsenden Pflanzen gesammelt; doch wird in Mexiko und Indien auch Jalape kultiviert. Die Pflanze ist nicht empfindlich. Im Straßburger Botanischen Garten wurde sie in einem niedrigen Kalthause, nahe am Fenster, in alte Mistbeeterde, welche mit etwas Heideerde und stark mit Sand vermischt war, ausgepflanzt. Die Erdschicht war 15 cm hoch. Während des Sommers wurde der Pflanze durch Entfernung einiger Fensterscheiben Gelegenheit gegeben, an im Freien ausgespanntem Bindfaden winden zu können. Im Spätherbst wurden die Bindfäden mit den Stengeln ins Gewächshaus zurückgezogen. So blühte die Pflanze bis zum November und erzeugte zahlreiche Knollen an ihren Ausläufern.

Es ist dabei zu bemerken, daß man am besten die Knollen im Oktober aus der Erde nimmt oder sie in der Erde trocken aufbewahrt; im März werden sie dann wieder ausgepflanzt. Der Oktober würde über-

haupt die beste Zeit der Ernte sein, da dann sicher die Knolle am harzreichsten sein wird.

Die Kultur der Pflanze ist in Indien, z. B. in Utacamand im Nilagirigebirge, in dem Zweiggarten des Botanischen Gartens zu Saharunpur, in Mussoovie (oder Arnigadh) in einer Höhe von 5000 Fuß versucht worden, und zwar mit immer mehr wachsendem Erfolg. An letzterem Orte geschieht die Kultur in der Weise, daß man 2 Fuß breite und tiefe Gräben in Intervallen von 6 Fuß anlegt und sie mit einem Gemenge von Erde und Kuhmist füllt, in welche man je eine Reihe von Jalapenknollen etwa 6 Zoll tief und einen Fuß voneinander einpflanzt. Zur Stütze der windenden Pflanze benutzt man Reisig. Man erntet die Knollen im Februar. Auch auf Ceylon (Hakgala) und Jamaika hat man die Kultur der Jalape eingeführt. Von Jamaika-Droge sind schon seit 1881 kleine Posten nach New-York und London gekommen. Nach Warburg wird die Droge von den Nilgherries aus in riesigen Mengen verkauft, 1884 gegen 15 000 Kilo, eine Angabe, welche mit den Nachrichten des Medicinalgardens zu Dodabetta von 1888/89 wohl stimmen; denn es wurden allein dort in dieser Zeit 6000 Jalapenknollen aus der Erde genommen.

Die geernteten Knollen werden in Mexiko von den Indianern meist in Netzen über dem freien Feuer der Hütten aufgehängt und so bei höherer Temperatur getrocknet. Auch in heißer Asche werden sie getrocknet. Große Knollen schneidet man an oder zerschneidet sie, kleinere läßt man ganz. Die bei uns im Handel vorkommende Droge stammt wohl noch ausschließlich aus Mexiko und kommt hauptsächlich in Ballen von 50 kg über Veracruz in den Handel, doch läßt sich voraussehen, daß die kultivierte Waare bald das Übergewicht erlangen wird.

Morphologie: Die Droge besteht wahrscheinlich nur, sicher größtenteils aus verdickten Nebenwurzeln, nicht Hauptwurzeln der Pflanze. Die Seitenwurzeln, Wurzelspitze und Achsenteile sind entfernt. Nur selten findet man verzweigte Knollen, d. h. Knollen, an welchen dicke Basen von Zweigen der Nebenwurzel sitzen.

Es ist wahrscheinlich, daß auch die wildwachsenden Pflanzen nur selten aus Samen hervorgehen, da die Knollenbildung der Pflanze eine höchst ausgiebige ist, und so also auf vegetativem Wege reichlich für Vermehrung gesorgt ist. Ich will, soweit ich es an dem mir zu Gebote stehenden, geringen frischen Materiale verfolgen kann, die vorliegenden Verhältnisse schildern. Eine derartige Wurzelknolle, von welcher wir ausgehen wollen, erzeugt an ihrer Spitze, wenn wir sie in den Boden legen, d. h. an dem organisch oberen, breiten Teile Adventivknospen, welche teilweise zu im Boden kriechenden, meist etwas an der Spitze verdickten Ausläufern werden, teilweise zu oberirdischen, windenden, Blätter und Blüten tragenden Achsen, welche, soweit sie im Boden befindlich sind, ihre Seitenknospen häufig zu Ausläufern entwickeln. Die unterirdischen Achsen können unter Umständen ihre Spitze auch zur ober-

irdischen Achse ausbilden und erzeugen teils unterirdische, teils über den Boden tretende Zweige. Die unterirdischen Achsen bilden etwa 6 cm lange Internodien, deren Ende durch je ein kleines, ein Knöspchen in der Achsel tragendes Schuppenblatt markiert ist. Seitlich von der Basis des Schuppenblattes tritt meist bald eine anfangs schlanke Nebenwurzel auf, deren Basis sich verdickt, Reservestoffe speichert und zur Knolle wird, während ihre Spitze, wie bei der Akonitknolle, schlank bleibt. So tragen also dann die unterirdischen Achsen in kurzer Entfernung voneinander kleine, rübenförmige Knollen. Wenn die Knospe, neben welcher die Knolle hervorbrach, sich zu einer beblätterten, assimilierenden, oberirdischen Achse ausbildet, so wächst die Knolle, von dieser und ihren Zweigen ernährt, kräftig heran, und wenn ihre Mutterachse abstirbt, so stellt sie den Mittelpunkt eines selbständigen, bald reich verzweigten Individuums dar.

In der Fig. 265 ist ein Stück eines unterirdischen Ausläufers (*a*) abgebildet, mit einer aus dem Seitenknöspchen desselben hervorgegangenen (abgeschnittenen) oberirdischen Achse (*o*) und einem an der Basis der letzteren entspringenden, mit Scheidenblättchen besetzten Ausläufer (*u*). *K* ist die aus der Achse *a* neben der ursprünglichen Knospe *o* hervorgebrochene Nebenwurzel; eine gleiche, zu dem nächsten Internodium der Achse *a* gehörige Nebenwurzel, die sich wenig verdickt hat, stellt *k* vor.

Die Droge besteht also nur aus dem oberen dicken Teile der Wurzelknolle, und man findet deshalb an den trocknen Knollen unten, an dem einen spitzen Ende die Bruchnarbe der Wurzelspitze (*sp*, Fig. 265) oder, wenn sich die Wurzel verzweigte, an jeder dicken Zweigbasis eine solche. Am oberen, oft auch spitzen Ende der Knolle sieht man dagegen die Narben der völlig abgebrochenen oder abgeschnittenen Achsen. Sonst fällt an der dunkelbraunen Droge, wie ich gleich bemerken will, noch auf, daß dieselbe mit quer gestreckten, helleren Würzchen besetzt ist, den Lenticellen. Beim Durchschlagen der Droge erkennt man, daß sie äußerst hart und spröde ist.

Anatomie: Betrachtet man die geglättete Schnittfläche quer durchschnittener Stücke der Droge, so findet man ein recht verschiedenes Aussehen derselben. Zuerst ist das Aussehen verschieden je nach dem Wärmegrade, bei welchem das Trocknen stattgefunden hat. Ist die Droge stark erwärmt worden, so erscheint die Bruch- und Schnittfläche hornig, und man findet dann das Stärkemehl der Wurzel verquollen; es ist dann auch mit der Lupe von dem gröberen Bau wenig zu sehen. Ist die Droge bei niedrigerer Temperatur getrocknet, so erscheint die Schnittfläche fast mehlig und hellgrau, und dann lassen sich die verschiedenen anatomisch wichtigen Regionen schon mit bloßem Auge und mit der Lupe erkennen. Ferner ist dann die durch die anatomische Struktur bedingte Zeichnung eine recht verschiedene, je nach dem Alter der Knolle, aber auch schon je nach dem Individuum. Die Zeichnung in dem durch das stärkereiche

Parenchym gebildeten, im allgemeinen hellgrauen Grunde, wird hauptsächlich bedingt durch die verschiedenartige Verteilung der etwas dunkler erscheinenden Sekretbehälter. Diese machen also den Eindruck gleichmäßiger, zarter, dunkler Punkte. Außerdem findet man auf der Querschnittsfläche viel weniger zahlreiche gröfsere, nicht so leicht erkennbare Punkte, die besser hervortreten, wenn man die Schnittfläche mit Anilinsulfatlösung bestreicht; es sind dies Tracheenstränge.

Wie die durch diese Elemente bewirkte Zeichnung zu stande kommt, wollen wir in dem Folgenden auseinandersetzen.

In ihrem Jugendzustande besitzt die zur Knolle werdende Nebenwurzel den normalen Bau einer tetrarchen Dikotyledonen-Wurzel; ebenso ist das dünnere, untere Ende kleiner verdickter Wurzeln (*sp*, Fig. 265) noch wesentlich normal gebaut. Die Knolle ist bedeckt von einer Korkschicht. An die Korkschicht schließt sich eine aus 3 bis 4 Lagen von lückigem Parenchym bestehende primäre Rinde an, die nach innen an die Endodermis grenzt. Die Zellen der Endodermis sind meist dünnwandig, nur in den Radialwänden streifenförmig verkorkt, selten sind einzelne Zellen dickwandig und verholzt. (Auch einzelne Zellen der sekundären Rinde sind häufig zu verholzten und verdickten Zellen, Sklerenchymzellen, geworden.) Innerhalb der Endodermis findet sich schon sekundäre Rinde und sekundäres Holz, welche von dem geschlossenen Kambium erzeugt wurden. In der primären und sekundären Rinde liegen Oxalatdrusen. Sekretbehälter finden sich schon in der sekundären Rinde in größter Anzahl. Die primären Markstrahlen sind angelegt.

Da, wo die Wurzel dicker zuläuft, fehlt schon Endodermis und primäre Rinde; die Korkschicht bedeckt die sekundäre Rinde direkt. Die letztere, welche nach außen zu von dem normalen Kambium in relativ geringer Menge abgeschieden wird, besteht aus einem fast isodiametrischen, ziemlich lockeren, teilweise Oxalatdrusen enthaltenden, stärkeführenden Parenchym, in welches einmal zahlreiche Sekretbehälter in längs gestreckten Gruppen, andernteils Siebstränge eingefügt sind. Das nach

Erklärung der Tafel.

Ipomoea Purga.

Fig. 265. Älterer Ausläufer *a* mit einer kleinen angeschwollenen Nebenwurzel *k* und einer gröfseren *K*.

o Aus der zur Knolle *k* gehörigen Knospe entstandenen oberirdischen Achse. *u* Als Seitenknospe von *o* entstandener, junger Ausläufer mit Knöspchen *s*. *L* Lenticellen. *sp* Wurzelspitze. Natürliche Gröfse.

Fig. 266. Stück des Querschnittes durch die Mitte einer kleinen, frischen Knolle.

Pk Korkschicht. *C¹* Primäres Kambium. *C²* Sekundäres Kambium. *S* Sekretbehälter. *O* Oxalatdruse. *St* Siebstrang. *G* Gefäßstrang.

45fach vergr.

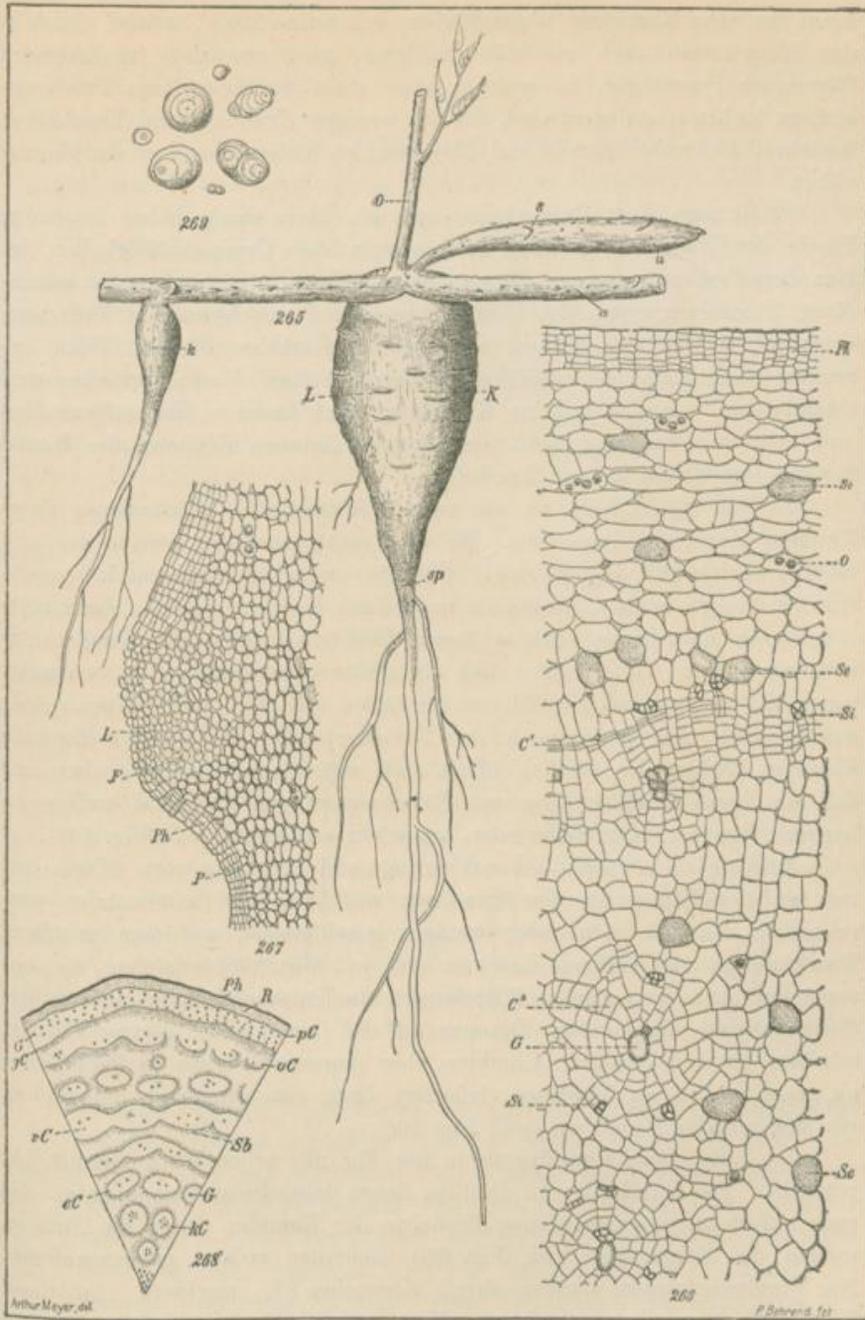
Fig. 267. Lenticelle im Querschnitt (Längsschnitt der Knolle).

Pk dichte Korkschicht. *L* Intercellularräume besitzende, dichtere Korkschicht. *F* Füllgewebe. *P* Rindenparenchym.

45fach vergr.

Fig. 268. Schema der Querschnittsfläche einer gröfseren Knolle (Droge).

Pk Kork. *R* Primäre Rinde. *pC* Primäres Kambium. *gC* Geschlossenes sekundäres Kambium.



C Nach vorn offenes, bogenförmiges sekundäres Kambium. *sc* Seitlich verbundene sekundäre Kambien. *ec* und *kc* ringförmige sekundäre Kambien. *G* Gefäßstränge.
 Natürliche GröÙe.

Fig. 200. Stärkekörner.
 100fach vergr.

innen zu vom Kambium abgeschiedene sekundäre Holz besteht ebenfalls der Hauptmasse nach aus stärkehaltigem, ganz vereinzelt Oxalatdrusen führendem Parenchym, in welches aber statt der Siebstränge Tracheenstränge locker eingelagert sind, die aus wenigen Tracheen und Tracheiden bestehen. Sekretbehälter fehlen. Markstrahlen fehlen schon hier der Wurzel völlig.

Stellt man einen Querschnitt einer ein klein wenig höher liegenden Partie der Wurzelknolle her, so beginnen die Unregelmäßigkeiten im Bau derselben aufzutreten. Sie entstehen dadurch, daß die um die sekundären Tracheengruppen des Holzes liegenden Parenchymzellen Teilungen eingehen, welche zur Bildung ringförmiger Kambien führen. Diese erzeugen nach außen zu Siebröhren, Sekretbehälter, Parenchymzellen und Oxalatzellen wie das primäre Kambium, nach innen zu Parenchymzellen und sehr sparsam und meist erst in den dickeren Regionen der Knolle Stränge von Tracheen und Tracheiden.

In Fig. 266, C^2 ist so ein um die Trachee G entstandenes ringförmiges Kambium dargestellt. Da die Tracheenstränge, welche das primäre Kambium (C^1 , Fig. 266 u. pC , Fig. 268) erzeugte, annähernd in konzentrischen Ringen stehen, so stehen auch diese Kambien jetzt in der Knolle in gleicher Anordnung. Bei weiterem Dickenwachstum der Knolle oder in ihrem dicken Teile breiten sich die später entstehenden Kambien mehr tangential aus, so daß sie Ellipsen vorstellen (eC , Fig. 268). Noch später entstehende, also mehr nach der Peripherie der Knollen zu liegende Kambien können sich seitlich öffnen und untereinander verschmelzen, so daß ein konzentrischer Ring von Tracheensträngen von zwei wellig gebogenen Streifen, Kambienstreifen, umgeben erscheinen (vC , Fig. 268).

Schließlich können die Kambienringe sich gleichsam vorn öffnen oder nur an der Hinterseite der Tracheen ausbilden und miteinander verschmelzen, so daß mehr oder weniger geschlossene, mit dem primären Kambium parallel laufende Kambien (oC , gC , Fig. 268) entstehen, die, bezogen auf ihren organischen Mittelpunkt, die Tracheenstränge, nach außen Siebröhren etc. abscheiden. Bezogen auf das Centrum der ganzen Wurzel, scheiden diese sekundären Kambien aber dann nach innen zu Siebröhren ab, nach außen zu Tracheen, arbeiten dann also scheinbar umgekehrt, wie das primäre Kambium (pC , Fig. 268).

Ich habe diese Verhältnisse in der Fig. 268 schematisch darzustellen versucht. Die Kambien sind daselbst durch feine Striche angedeutet, die nach außen zu abgeschiedenen Produkte der Kambien durch die Punkte, welche die Sekretzellen (Sb , Fig. 268) bedeuten sollen, gekennzeichnet. Die Tracheengruppen wurden durch Kreuzchen (G) markiert. Auf diese Weise erhalten wir zugleich ein Bild, welches der mit bloßen Augen erkennbaren Zeichnung der Querschnittsfläche der Droge im allgemeinen gleicht. Die Verteilung der verschiedenen Kambienformen entspricht bei allen Knollen ungefähr dem angedeuteten Prinzip, so daß also bei allen die geöffneten Kambien mehr nach der Peripherie zu liegen, jedoch ist

bei den verschiedenen Knollen die durch die Sekretbehälter und die Anordnung der Kambien bewirkte Zeichnung sonst recht verschieden.

Nach dieser Auseinandersetzung wird das anormale Aussehen des Querschnittes der Wurzelknolle wohl verständlich sein, und wir können etwas näher auf die Anatomie der letzteren eingehen. Die Knolle wird außen bedeckt von einer dünnen, dunkelbraunen Korkschiebt (*Ph*, Fig. 268 u. 266). Diese wird von zahlreichen großen, quergestreckten Lenticellen (*L*, Fig. 265; Fig. 267) durchbrochen, welche ein mächtiges, unverkorktes Füllgewebe (Fig. 267) besitzen, auf ihrem Gipfel gleichsam von der nur dort Interzellularräume zeigenden Korkschiebt (*L*) bedeckt sind.

Das Parenchym der sekundären Rinde (*R*, Fig. 268), welches nun folgt, besteht aus dünnwandigen, mit kleinen rundlichen Tüpfelplatten versehenen, fast isodiametrischen Zellen, welche meist Stärkekörner von der in Fig. 269 dargestellten Form, seltener Oxalatdrusen (*o*, Fig. 266) führen. Die Oxalatdrusen führenden Zellen sind häufig längsgestreckt und quer gekammert. Die sehr zahlreichen isodiametrischen Sekretzellen der primären Rinde besitzen ebenfalls dünne Membranen, welchen jedoch eine feine Korklamelle eingelagert ist; sie sind meist größer als die Parenchymzellen und stehen meist in längsgestreckten Gruppen (oft bis 25 Zellen hoch) zusammen. Ihr Inhalt besteht im frischen Zustande aus einer farblosen, stark lichtbrechenden Masse, welche sich bei Wasserzusatz zum Präparate trübt. In alter Droge ist das Sekret gelblich gefärbt. Die Siebstränge (*Si*, Fig. 266) sind nur in der nächsten Nähe des Kambiums intakt. Das durch das primäre Kambium von der Rinde getrennte parenchymreiche Holz besteht hauptsächlich aus dem Rindenparenchym ganz ähnlichem Gewebe. Durch die Produktion der sekundären (*C*², Fig. 266; *gC*, *oC*, *kC* etc. Fig. 268) Kambien findet man vielfach ganze Partien des Parenchyms zusammengedrückt. Die Gefäßstränge (*G*, Fig. 266) bestehen aus kurzgliedrigen Gefäßen mit großen, rundlichen oder etwas quergestreckten Hoftüpfeln und kreisförmig durchbrochenen Zwischenwänden und aus ganz ähnlich getüpfelten, kurzen, mehr oder weniger spitz endigenden Tracheiden. Oxalatzellen und Sekretbehälter gleichen denen der Rinde.

Chemie: In den Sekretzellen der Knolle findet sich ein Gemisch von Körpern, welches wesentlich aus dem Harze besteht, das man der Knolle durch Weingeist entziehen kann. Man erhält aus der Knolle etwa 7–22 % Harz. Dasselbe besteht aus etwa 95 % Convolvulin (löslich in Essigsäure und auch in Ammoniak, unlöslich in Terpentinöl, Äther etc.) und etwa 5 % eines anderen, in Äther löslichen Harzes (Jalapin). Das III. Deutsche Arzneibuch verlangt einen Harzgehalt von mindestens 7 %. Die Droge liefert etwa 5 % Asche.

Geschichte: Die Jalapenwurzel scheint schon vor der Mitte des XVII. Jahrhunderts, namentlich durch die Leipziger Fakultät, in Deutschland allgemein bekannt geworden zu sein.

Verwechslungen: Die Knolle von *Ipomoea simulans* Hanbury (Tampikowurzel). *Radix Orizabae*, von *Ipomoea orizabensis* Ledanois, eine lange, spindelförmige Wurzel. Brasilianische Jalape, von *Ipomoea operculata* Martius, grofse, stark bewurzelte Knollen.

4. Andere medicinisch verwendete Wurzeln.

Radix Alkannae, Alkannawurzel: *Alkanna tinctoria* Tausch. *Asperifoliaeae*. Südöstliches Europa und Orient. Alkannaroth oder Alkannin.

Radix Apocyni, Apocynum: *Apocynum cannabinum* L., *Apocynaceae*. Nordamerika. Apocynein und Apocynin.

Radix Aristolochiae rotundae, Osterluzeiwurzel: *Aristolochia rotunda* L., *Aristolochiaceae*. Südeuropa.

Radix Arthemisiae, Beifufswurzel: *Artemisia vulgaris* L., *Compositae*. Europa.

Radix Avae, Kava-Kava, Kawa: *Macropiper methysticum* Miq., *Piperaceae*. Südseeinseln. Kavahin, Yangonin.

Radix Baptisiae: *Baptisia tinctoria*. *Papilionaceae*. Vereinigte Staaten von Nordamerika. Baptisin und Baptin (Glykoside), Baptitoxin (Alkaloid).

Radix Bardanae, Klettenwurzel: *Lappa major* Gärtner, *Lappa minor* D. C., *Lappa tomentosa* Lam., *Compositae*. Ganz Europa, Nord-Asien, Nord-Amerika. Inulin.

Radix Belladonnae, Tollkirschwurzel: *Atropa Belladonna* L., *Solanaceae*. Central- und Südeuropa. Atropin, Belladonnin.

Radix Berberidis aquifolii: *Berberis aquifolium* Pursh. *Berberideae*. Westliches Nordamerika. Mahonin, Berberin, Oxyacanthin.

Radix Caineae, Kaïkawurzel: *Chiococca racemosa* Jacq., *Rubiaceae*. Antillen. Kaïkasäure (Glykosid).

Radix Carlinae, Eberwurz: *Carlina acaulis* L., *Compositae*. Mittleres Europa.

Radix Costi: *Aucklandia Costus* Falkoner. *Compositae*. Kaschmir.

Radix Cynoglossi, Hundszunge: *Cynoglossum officinale* L., *Asperifoliaeae*. In Deutschland verbreitet.

Radix Dictamni albi, Diptamwurzel: *Dictamnus albus* L., *Rutaceae-Diosmeae*. Südeuropa, mittleres Deutschland.

Radix Evonymi atropurpurei (Wahoo, Spindletree): *Evonymus atropurpureus* L., *Celastraceae*. Nordamerika. Evonymin.

Radix Gentianae albae, Weißer Enzian: *Laserpitium latifolium* L., *Umbelliferae*. Deutschland. Ätherisches Öl.

Radix Ginseng Americana, *Radix Ninsi*, Ginseng: *Panax quinquefolius* L., Araliaceae. Nord-Amerika. Ätherisches Öl.

Cortex radiceis Gossypii: Die Baumwolle liefernden *Gossypium*-arten. Malvaceae.

Radix Iwarancusae, *Radix Vitiveriae*, Vitiverwurzel; *Andropogon muricatus* Retz., Gramineae. Ostindien. Ätherisches Öl.

Radix Lapathi acuti, Grindwurzel: *Rumex obtusifolius* L., Polygonaceae. Fast ganz Europa. Chrysophansäure.

Radix Mei, Bärwurzel: *Meum athamanticum* Jacq., Umbelliferae. Mittleres Europa. Ätherisches Öl.

Radix Paeoniae, Pfingstrosenwurzel: *Paeonia officinalis* L., Ranunculaceae-Paeoniae. Südeuropa.

Radix Pareirae, Pareira Brava, Grieswurzel: *Chondodendron tomentosum* Ruiz et Pav. Menispermaceae. Brasilien. Buxin (Alkaloid).

Radix Petroselini, Petersilienwurzel: *Petroselinum sativum* Hoffm., Umbelliferae. Südeuropa; kultiviert. Ätherisches Öl.

Radix Pyrethri germanici, Bertramswurzel: *Anacyclus officinarum* Hayne. Vaterland unbekannt, kultiviert bei Magdeburg.

Radix Pyrethri romani, römische Bertramswurzel: *Anacyclus Pyrethrum* D C., Compositae. Nordwestafrika.

Radix Rhapontici, Rhapontik: *Rheum Rhaponticum* L., Polygonaceae. Asien, in Europa kultiviert. Chrysophansäure.

Radix Saponariae rubrae, Seifenwurzel: *Saponaria officinalis* L., Caryophyllaceae-Sileneae. Mittleres und südliches Europa. 4—6% Saponin.

Radix Saponariae hispanicae: *Gypsophila Struthium* L., Caryophyllaceae-Sileneae. Südeuropa, Nordafrika, Orient. Saponin.

Radix Scammoniae: *Convolvulus Scammonia* L., Convolvulaceae. Kleinasien, Kaukasus, Syrien. 4—6% Harz, teilweise aus Jalapin bestehend.

Radix Sumbul, Moschuswurzel; *Euryangium Sumbul* Kaufmann (*Ferula Sumbul* Hooker fil.), Umbelliferae. Bucharei, Ostsibirien. Ätherisches Öl, $\frac{1}{3}$ %; 9% Harz; Angelikasäure.

Radix Symphyti, *Radix Consolidae majoris*, Beinwell: *Symphytum officinale* L., Asperifolieae. Europa.

Radix Turpethi: *Ipomoea Turpethum* R.Br., Convolvulaceae. Ostindien, östliches Australien, Polynesien. 4% Harz, teilweise aus Jalapin bestehend.



Druck von Leonhard Simion, Berlin SW.

- Arznei-Taxe, Königlich Preussische.** Kart. 1,20 M. [Erscheint alljährlich im Dezember, für das nächste Jahr berechnet.]
- Bender, A., Das Furfuran und seine Derivate.** 4 M.
- Berg, O.,** w. Professor a. d. Universität Berlin. **Pharmaceutische Botanik.** 5. Aufl. 6 M., geb. 7,50 M.
- **Pharmaceutische Warenkunde.** 5. Aufl. Neu bearbeitet von Prof. Dr. A. Gareke. 14 M., geb. 15,50 M.
- **Die Chinarinden der pharmakognostischen Sammlung zu Berlin.** Mit 10 Tafeln Abbildungen. 8 M.
- Flückiger, F. A.,** Professor a. d. Universität Strassburg. **Pharmaceutische Chemie.** 2. neubearb. Aufl. 2 Bände. 24 M., geb. 28 M.
- **Pharmakognosie des Pflanzenreiches.** 2. neubearb. Aufl. 21 M., geb. 24 M.
- **Grundriss der Pharmakognosie.** 6 M., geb. 7 M.
- **Die Chinarinden in pharmakognostischer Hinsicht dargestellt.** Mit 8 lithographierten Tafeln. Kart. 9 M.
- Formulae Magistrales Berolinenses.** Mit einem Anhang, enthaltend: Anleitung zur Kosten-Ersparniss beim Verordnen von Arzneien. Herausg. v. d. Armen-Direction in Berlin. 0,50 M. [Erscheint in neuer Ausgabe alljährlich im Monat Januar.]
- Industrie, die chemische.** Zeitschrift herausgegeben vom Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands. Redigiert v. Dr. Emil Jacobsen. Jährl. 24 Hefte. 20 M.
- Industrie-Blätter.** Wochenschrift für gemeinnützige Erfindungen und Fortschritte in Gewerbe, Haushalt und Gesundheitspflege. (Begründet 1864 durch Dr. H. Hager und Dr. E. Jacobsen.) Herausg. von Dr. Emil Jacobsen. Wöchentl. 1 Nummer in 4^{to}. Vierteljährl. 3 M.
- Julius, P., Die künstlichen organischen Farbstoffe.** Unter Zugrundelegung von 6 Vorlesungen, gehalten von Prof. Dr. E. Noelting. Geb. 6 M.
- Jurisch, K. W., Die Fabrikation von chlorsaurem Kali und anderen Chloraten.** Mit Holzschn. u. lithogr. Tafeln. Geb. 8 M.
- **Die Verunreinigung der Gewässer.** Eine Denkschrift im Auftrage der Flusscommission des Vereins zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands. 10 M.
- Repertorium, chemisch-technisches.** Uebersichtlich geordnete Mitteilungen der neuesten Erfindungen, Fortschritte und Verbesserungen auf dem Gebiete der technischen und industriellen Chemie mit Hinweis auf Maschinen, Apparate und Literatur. Herausg. von Dr. Emil Jacobsen. [Erscheint seit 1862, vom Jahrgang 1881 ab in Vierteljahrs-Heften und vom Jahrg. 1882 ab mit in den Text gedruckten Holzschnitten.]
- Schultz, G. u. P. Julius, Tabellarische Uebersicht der künstlichen organischen Farbstoffe.** Geb. 10 M.

R. Gaertners Verlag, H. Heyfelder, Berlin SW.

Dr. Arthur Meyer,

Professor in Münster i. W.

Handbuch
der
qualitativen chemischen Analyse

anorganischer und organischer Substanzen
nebst

Anleitung zur volumetrischen Analyse.

Bearbeitet für Apotheker und Gerichtschemiker, sowie zum Gebrauch beim Unterricht
in chemischen Laboratorien.

Mit Holzschnitten. Preis 4,20 Mark, gebunden 5 Mark.

Die
Apotheker-Gesetze

nach
Deutschem Reichs-
und
Preussischem Landes-Recht.

Mit sämtlichen
Ergänzungen und Erläuterungen
für
den praktischen Gebrauch zusammengestellt
von
W. Staas.

— Fünfte Auflage. —

3,20 Mk., gebunden 4 Mk.

Die neubearbeitete 5. Auflage berücksichtigt alle Gesetze
und Verordnungen bis zum Anfang des Jahres 1891.

Handverkauf-Taxe für Apotheker.

Festgestellt
vom Verein der Apotheker zu Berlin.

— Siebente Auflage. —

Geheftet 2 Mk. In Leinwand gebunden 2,50 Mk.

Mit handschriftlich eingetragenen Preisen nach der alljährlich abgeänderten Berliner
Taxe gebunden 3,50 Mk.