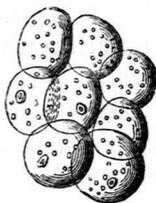


der Elementarorgane für sich, dann die Vereinigung derselben zu mehr oder weniger gleichartigen Massen, die man Gewebe nennt, und endlich die Vereinigung der Gewebe zu den in der Morphologie betrachteten zusammengefügten Pflanzenorganen, oder, mit anderen Worten, den innern, anatomischen Bau der einzelnen Theile des Pflanzenkörpers.

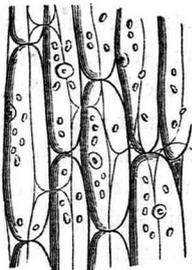
156. Die vegetabilische Zelle ist im jugendlichen, lebensthätigen Zustande ein ringsum geschlossenes Bläschen, mit flüssigem, bildungsfähigem Inhalt, dessen Wandung aus einer doppelten Membran besteht, nämlich einer festen, stickstofffreien, der eigentlichen Zellmembran, und einer ihr innen anliegenden weichen, stickstoffhaltigen Schichte, welche zuerst entsteht und Primordialschlauch heißt; ein weiterer integrierender Theil der jugendlichen Zelle ist der aus der gleichen Masse wie der Primordialschlauch gebildete Zellkern. Primordialschlauch und Zellkern sind für die jugendliche Zelle von vorwiegender Bedeutung, sie bilden bei der Entstehung der Zellen die Grundlage derselben (vgl. unten Kap. 4); im Verlauf der weiteren Ausbildung der Elementarorgane verschwinden sie meist bald, weshalb sie lange übersehen und erst in neuerer Zeit in ihrer wahren Bedeutung erkannt wurden. Bei Behandlung



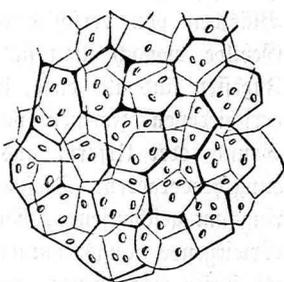
382.



383.



384.



mit Alkohol oder Zuckerlösung zieht sich der Primordialschlauch zusammen, und wird dadurch, indem er sich von der eigentlichen Zellwand zurückzieht, deutlich unterscheidbar (s. Fig. 381)\*).

Fig. 381. Zelle mit Alkohol behandelt, wodurch sich der Primordialschlauch von der Zellwandung zurückgezogen hat.

Fig. 382. Locker verbundene runde Zellen mit gedüpfelten Wänden und Zellkern.

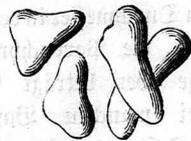
Fig. 383. Zellgewebe aus ellipsoideischen Zellen, welche Zellkerne und Chlorophyllförmchen enthalten.

Fig. 384. Parenchymatische Zellgewebe aus polyedrischen Zellen mit gedüpfelter Wandung im Querschnitt.

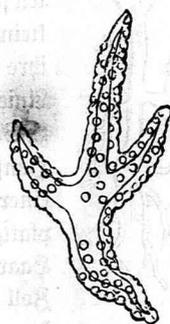
\*) Alle Figuren der Pflanzen-Anatomie sind mehr oder weniger beträchtlich vergrößert.

157. Die Grundform der Zelle ist die kugelige (s. Fig. 382) oder die ellipsoideische (s. Fig. 383); wo Zellen in großen Massen dichter zusammengebrängt sind, da nehmen sie durch den gegenseitigen Druck eine vielblächige oder polyedrische Gestalt an, und zeigen dann in der Regel auf dem Durchschnitt vier- bis sechseckige Begrenzung (s. Fig. 384).

385.



387.



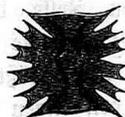
388.



389.



386.



Durch ungleichförmiges Wachsthum an den verschiedenen Punkten ihres Umfangs erhält die Zelle manchmal eine unregelmäßig ausgebuchtete oder ästige und selbst strahlige oder sternförmige Gestalt (s. Fig. 386 u. 387); bei vorwiegender Streckung in die Länge geht die rundliche, häufig auftretende spindelförmige Zellform in die schlauchförmige und endlich in die gestreckte über, deren Länge ihren Querdurchmesser oft um's Vielfache übertrifft.

Die freie, isolirt vorkommende Zelle ist in der Regel von rundlicher Gestalt; doch zeigen unter den einzelligen Algen die Diatomaceen häufig eigenthümliche Formen mit geradliniger Begrenzung (s. Fig. 390 u. 391); auch kann sie durch ungleichförmiges Wachsthum strahlige und andere Formen annehmen, wie das namentlich bei manchen Algen sich zeigt. Bei Botrydium (s. Fig. 392) ist die kugelige Zelle nach unten wurzelartig verzweigt, bei Vaucheria, Bryopsis und Caulerpa ist sogar die ganze, mehrfach verästelte Pflanze aus einer einzigen, in verschiedengestaltete Fortsätze oder Ausstülpungen auswachsenden Zelle gebildet.

Fig. 385. Unregelmäßig buchtige Zellen aus saftigem Fruchtfleisch.

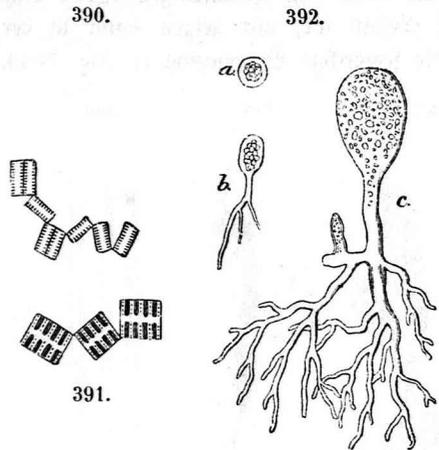
Fig. 386. Strahlige Zellform einer einzelligen Wasseralge.

Fig. 387. Sternförmige Haarzelle aus einem Luftgang einer Seerose.

Fig. 388. Verzweigte Bastzelle eines Nadelholzes.

Fig. 389. Drei spindelförmige Bastzellen.

158. Die Größe der Zelle ist stets nur sehr gering; sie beträgt bei den Parenchymzellen durchschnittlich etwa  $\frac{1}{20}$  —  $\frac{1}{100}$  Linie, manchmal noch weniger, bis herab zu  $\frac{1}{500}$  Linie. oder im Mittel  $\frac{1}{15}$  Millimeter. Selten sind daher einzelne Zellen für das bloße Auge unterscheidbar. Die gestreckten oder Prosenchymzellen sind im Durchmesser in der Regel kleiner als die Parenchymzellen, ihre Länge aber beträgt  $\frac{1}{3}$  — 1 Linie, bei manchen Bastzellen, z. B. den Fasern des Flachses und Hanfes bis zu  $\frac{1}{2}$  Zoll. Die aus einer verlängerten, im Durchschnitt plattgedrückten Zelle bestehenden Haare der Baumwolle sind 1—2 Zoll lang. Die größten Zellen kommen bei den Algen vor. Bei

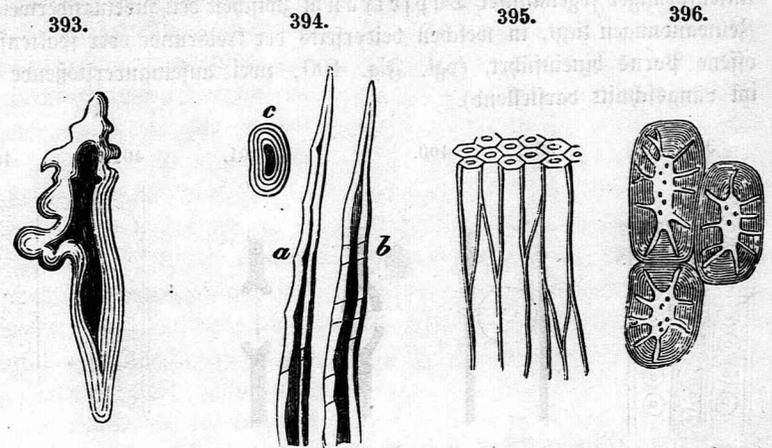


den größern Chara-Arten sind die aus einer einzigen Zelle bestehenden Stengelglieder, oft, bei einer Linie Durchmesser, mehrere Zoll lang; bei Vaucheria, Bryopsis und Caulerpa ist der aus einer Zelle gebildete Thallus zoll- bis fußlang.

159. Die starre Zellwandung, also abgesehen vom Primordialschlauch, besteht ursprünglich aus einem dünnen, homogenen Häutchen; in vielen Fällen erleidet diese primäre Zellhaut aber im weiteren Verlauf ihres Wachstums mancherlei Veränderungen, wodurch ihre Consistenz wie ihr äußeres Ansehen wesentlich modificirt werden. Mit zunehmendem Alter verdickt sie sich nämlich durch successive Ablagerung von Zellstoffschichten an ihrer innern Seite (also im äußern Umfang des Primordialschlauchs), wodurch dann im Verhältniß der Verdickung der Wandung die innere Höhle oder das Lumen der Elementarorgane beständig abnimmt, und, wie das namentlich an verholzenden Theilen sich zeigt, im gleichen Raum eine sehr beträchtliche Zunahme an fester Masse stattfindet. Die Zusammensetzung der verdickten Zellwandung aus übereinanderliegenden Verdickungsschichten, welche man auch als secundäre Zellmembranen bezeichnet, tritt auf dem Durchschnitt bald mehr, bald weniger deutlich hervor (s. Fig. 398 u. 399), öfter werden dieselben erst durch Anwendung chemischer Agentien, z. B. verdünnter Säuren, sichtbar.

Fig. 390. } Zwei Arten von Dlatoma, vergrößert.  
 Fig. 391. }  
 Fig. 392. Botrydium argillaceum, in drei successiven Entwicklungsstufen.

Die Ablagerung der Verdickungsschichten geschieht in der Regel ungleichmäßig, und zwar in der Art, daß gewisse Stellen der Wandung hierbei durchweg freibleiben. So entstehen die punktirten oder Tüpfelzellen (cellulae porosae s. punctatae), deren anscheinende Poren hiernach ver-

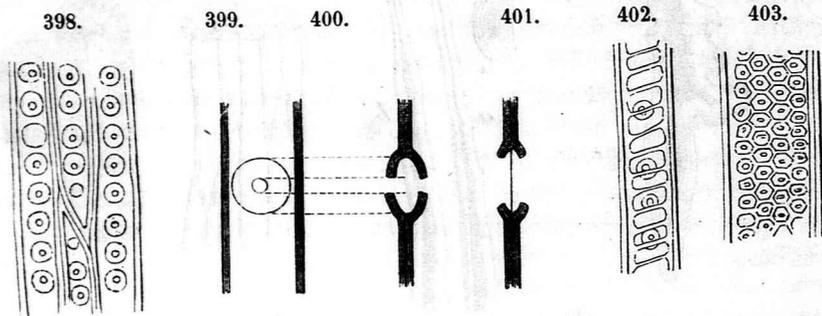


dünnte, nur von der primären Zellhaut verschlossene Stellen sind. In manchen Fällen, so namentlich bei den sogleich zu besprechenden Holzzellen der Nadelhölzer und den Faserzellen der Sphagnum-Blätter (s. Fig. 407) sind aber die Poren wirkliche Oeffnungen oder Durchbohrungen der Zellwand. Wenn die Verdickung der Zellwandung sehr beträchtlich ist, so erscheinen die Tüpfel als feine Röhren oder sogenannte Tüpfelkanäle (s. Fig. 396); die Tüpfel wie die Tüpfelkanäle benachbarter Zellen treffen stets auf einander, an welcher Stelle daher die beiden Zellräume nur durch die doppelte primäre Zellwand getrennt sind, wodurch der Uebertritt von Flüssigkeiten auch bei sehr verdickten Zellwandungen möglich bleibt.

159. Die ausgebildetste Form der Tüpfel findet sich auf den Seitenwandungen der gestreckten Zellen, aus welchen das Holz der Nadelhölzer und

Fig. 393. Bastzelle eines Nadelholzes mit theilweise sichtbaren Verdickungsschichten.  
 Fig. 394. Bastzelle des Hanfes. c ein Querschnitt, die Verdickungsschichten zeigend.  
 Fig. 395. Ein Stückchen Prosenchymgewebe aus dicotyledonischem Holz.  
 Fig. 396. Zellen mit schichtenweis verdickter Wandung und mit Tüpfelkanälen.  
 Fig. 397. Zellen mit stellenweise sehr verdickter Wandung aus dem hornigen Eiweiß der Dattel; in einem Theil der Zelle a hat sich der Primordialschlauch von der Zellwand zurückgezogen.

der erotischen Familie der Cycadeen besteht. Sie stehen in Längsreihen und zeichnen sich durch ihre beträchtliche Größe, sowie durch den sie umgebenden zweiten Ring oder Hof aus (s. Fig. 398 u. 399). Dieser rührt daher, daß an der Stelle, wo je zwei Tüpfel benachbarter Zellen aufeinandertreffen, ein linsenförmiger sogenannter Tüpfelraum zwischen den auseinanderweichenden Zellwänden liegt, in welchen beiderseits der kreisrunde oder spaltenförmige offene Porus hineinführt, (vgl. Fig. 400, zwei aufeinanderstoßende Tüpfel im Längsschnitt darstellend).



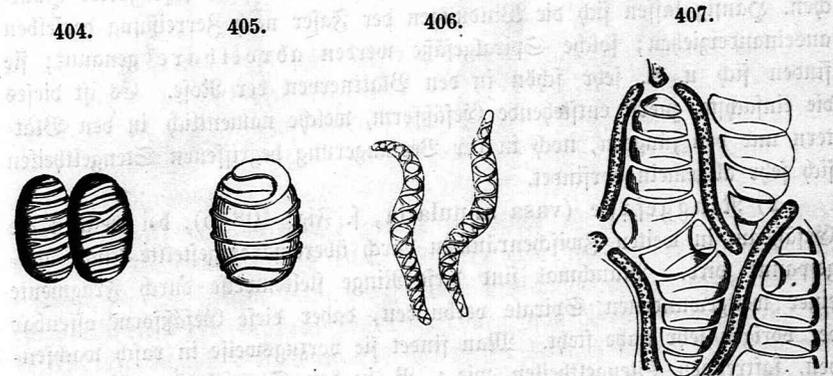
Der Vorgang bei der Entstehung dieser eigenthümlichen Tüpfelform ist folgender: Die Verdichtungsschicht der primären Zellmembran erhebt sich in einer, dem äußern Umfang des spätern Tüpfelraums entsprechenden Kreislinie in Form einer Ringfalte, welche mit flacher nach innen gerichteter Wölbung bis dahin wächst, wo sie den Rand des (hiernach stets offenen) Porus bildet. Der so entstehende Tüpfelraum zeigt anfangs in seiner Mitte eine aus den innigverbundenen primären Zellhäuten gebildete dünne Scheidewand, welche jedoch bald durch Aufsaugung verschwindet. Diese großen, doppelt umzogenen Tüpfel, an deren Vorhandensein das Nadelholz auch im kleinsten Fragment sich sofort vom Laubholz unterscheiden läßt, stehen bei unsern einheimischen Coniferen in der Regel einreihig, bei der ausländischen Gattung *Araucaria* und den Cycadeen aber mehrreihig (s. Fig. 403). Nicht selten kommt innerhalb der getüpfelten äußern Wandschicht auch noch eine weitere, mit Spiralfaser versehene vor (s. Fig. 402).

160. Die Siebröhren oder Gitterzellen (*vasa cribrosa*, *cellulae clathratae*) sind gestreckte cylindrische Zellen, welche mit horizontalen

- Fig. 398. Längsschnitt aus Tannenholz.  
 Fig. 399. Ein einzelner Tüpfel, stärker vergrößert (schematisch).  
 Fig. 400. Derselbe im Längsschnitt (schematisch).  
 Fig. 401. Derselbe ebenso, im jugendlichen Zustand (schematisch).  
 Fig. 402. Holzzelle von *Juniperus* mit Tüpfeln und Spiralfaser.  
 Fig. 403. Holzzelle von *Araucaria* mit mehreren Reihen von Tüpfeln.

oder etwas schiefen Endigungen übereinanderstehen, und welche hier, sowie hin und wieder auf den Seitenwänden eine siebartig getüpfelte oder gitterförmig durchbrochene Haut zeigen. Sie finden sich bündelweise vereinigt vorzugsweise zwischen Bast- und Cambiumtheil der Gefäßbündel und wurden früher als eigene Gefäße (*vasa propria*) bezeichnet.

161. Zellen, auf deren Wandung die Verdichtungsmaße sich in der Form von Ringen oder eines mehr oder weniger regelmäßigen Spiralsbandes ablagert, heißen Ring- und Faserzellen (*cellulae annuliferae*, *cell. spiriferae*, s. Fig. 405, 406, u. 407). Solche finden sich u. A. in der innern Haut der Staubbeutelächer, in den Schleudern der Lebermoose (s. Fig. 406) und in den Blättern der Torfmoose (s. Fig. 407). Auch die früher (§ 152) erwähnten, die Sporen von *Equisetum* umgebenden Spiralfäden entstehen als spirallige Ablagerung auf der Wandung einer das Keimkorn umschließenden Zelle (s. Fig. 405). Die Holzmasse der größern, verholzenden Cactusarten besteht aus gestreckten Zellen, deren Spiralfaser in Gestalt eines dünnen Blättchens weit in das luftführende Innere derselben hineinragt.



Auch die im folgenden Paragraphen unter 3 und 4 beschriebenen Arten der Wandverdickung kommen in gleicher Weise auf den Wandungen von Zellen vor, welche dann Netzfaserzellen (*cell. retiferae*) und Leiterzellen (*cell. scalares*) heißen. In den sogenannten Gefäßbündeln kommen häufig solche Spiralfaser-, Netzfaser-, Leiter- und punktirte Zellen von mehr

- Fig. 404. Spiralfaserzellen in Netzfaserzellen übergehend aus dem Blattparenchym von *Sansevieria*.  
 Fig. 405. Junge Sporenmutterzelle von *Equisetum*.  
 Fig. 406. Sporenschleudern einer *Jungermannia*.  
 Fig. 407. Blattzellen eines Torfmooses (*Sphagnum* sp.).

oder weniger gestreckter Gestalt vor, welche von den entsprechenden Gefäßformen sich nur dadurch unterscheiden, daß sie kürzer und an beiden Enden geschlossen sind; diese sogenannten Gefäßzellen treten oft ganz oder theilweise statt der eigentlichen Gefäße als constituirende Theile der Gefäßbündel auf; so enthalten die letzteren bei den Coniferen und vielen Monocotyledonen nur Gefäßzellen.

162. Die Gefäße (*vasa*) sind Röhren mit ununterbrochener innerer Höhlung, welche aus Längsreihen von Zellen durch Verschmelzung derselben und vollständige Resorption der Zwischenwände entstanden sind. Die aus den Seitenwandungen der Zellen gebildete Gefäßwand zeigt verschiedenartige, auf der Ablagerungsweise ihrer secundären oder Verdickungsschichten beruhende Modificationen des Baues, wonach folgende Hauptformen von Gefäßen unterschieden werden:

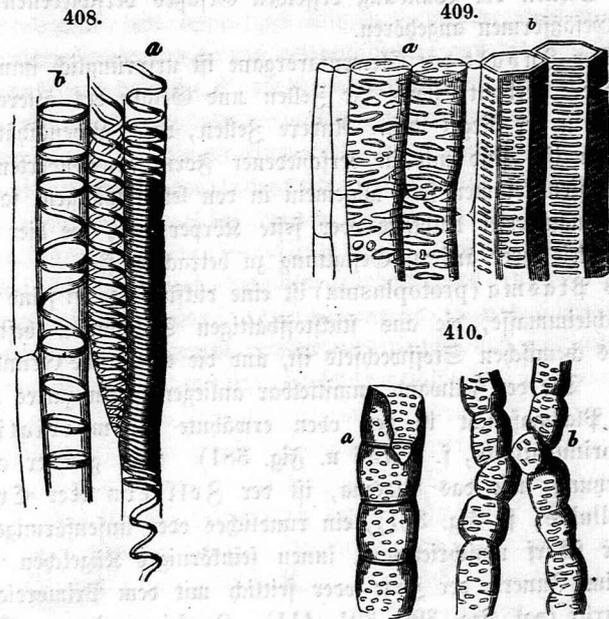
1) *Spiralgefäße* (*vasa spiralia*, s. Fig. 408 bei a). Ihre Wandungen scheinen aus einer oder mehreren, bald rechts-, bald linksgewundenen, äußerst zarten, im Durchschnitt halbrunden Spiralfasern zu bestehen; indessen erkennt man, wo sich die Windungen nicht unmittelbar berühren, zwischen denselben die ursprüngliche Gefäßwand als ein sehr zartes Häutchen. Häufig lassen sich die Windungen der Faser nach Zerreißung derselben auseinanderziehen; solche Spiralgefäße werden *abrollbare* genannt; sie finden sich u. A. sehr schön in den Blattnerven der Rose. Es ist dieses die einfachste, zuerst entstehende Gefäßform, welche namentlich in den Blättern und den jüngern, noch in der Verlängerung begriffenen Stengeltheilen sich sehr allgemein vorfindet.

2) *Ringgefäße* (*vasa annularia*, s. Fig. 408 b), bei welchen die Gefäßhaut in weiten Zwischenräumen durch übereinandergestellte Ringe ausgedehnt wird. Manchmal sind diese Ringe stellenweise durch Fragmente einer weitgewundenen Spirale verbunden, daher diese Gefäßform offenbar der vorigen sehr nahe steht. Man findet sie vorzugsweise in rasch wachsenden, saftreichen Stengeltheilen, wie z. B. in den Stengeln der Balsamine.

3) Die *netzförmigen Gefäße* (*vasa reticularia*, s. Fig. 409 a) zeigen eine breite und in mehrfache, wieder untereinander zusammenfließende Verzweigungen getheilte, im Ganzen ebenfalls spiralgewandene Verdickungsfaser. Die verdünnten, nur durch die primäre Zellhaut verschlossenen Zwischenräume erscheinen unregelmäßig gestaltet, jedoch meist zwischen den netzförmig untereinander zusammenhängenden Verästelungen der Faser etwas in die Quere gedehnt.

4) *Leiter- oder Treppengefäße* (*vasa scalaria*, s. Fig. 409 b) sind solche, wo die von den Verdickungsschichten freibleibenden Zwischenräume schmal spaltenförmig sind; sie liegen dabei in geraden oder schiefen Reihen übereinander, daher man sie mit den Stufen einer Treppe oder den Sprossen

einer Leiter verglichen hat. Auch hier ist zu bemerken, daß diese verdünnten Stellen, wie die ihrem Wesen nach damit übereinstimmenden Tüpfel der Tüpfelzellen, einander in den aneinanderliegenden Gefäßwandungen entsprechen.



5) *Punktirte Gefäße* (*vasa punctata* s. *porosa*, s. Fig. 410), bei denen die verdünnten Stellen als mehr oder weniger rundliche Punkte erscheinen. Sie zeigen öfter ringförmige Einschnürungen, welche die Vereinigungsstellen der einzelnen Zellen bezeichnen, aus deren Verschmelzung das Gefäß ursprünglich entstanden ist. An diesen Stellen finden sich auch nicht selten die nicht resorbirten Querwände dieser Zellen als Scheidewände, die von rundlichen oder spaltenförmigen Löchern durchbrochen sind, erhalten.

*Rosenkranzförmige Gefäße* (*vasa moniliformia*, s. Fig. 410 b) nennt man solche, die aus kurzen, unregelmäßigen, durch starke Einschnürungen getrennten Gliedern bestehen. In dieser Form kommen netzförmige und punktirte Gefäße vorzugsweise in den Knoten des Stengels und des Wurzelstocks, wo das Längenwachsthum zurückgehalten ist, vor.

Fig. 408. Stückchen eines Gefäßbündels aus dem Stengel einer monocotyledonischen Pflanze. a Spiralgefäße b Ein Ringgefäß mit einigen Spiralwindungen.

Fig. 409. Ein Stückchen von einem dicotyledonischen Gefäßbündel. a Netzförmige Gefäße. b Treppengefäße.

Fig. 410. a Punktirtes Gefäß aus dem Eichenholz. b Rosenkranzförmiges punktirtes Gefäß aus dem Stengelknoten der Balsamine.

Die vorgenannten Formen der Gefäße können, obgleich ihrer Entstehungsweise nach nahe unter einander verwandt, nicht durch Umwandlung ineinander übergehen, sondern jede Art derselben behält die besondere Verdickungsweise ihrer Wandung, wie sie von Anfang war, bei. Doch können verschiedene Stellen der Wandung desselben Gefäßes verschiedenen der vorgenannten Gefäßformen angehören.

163. Der Inhalt der Elementarorgane ist ursprünglich immer Saft; die Zellen der Oberhaut, sowie die Zellen und Gefäße des älteren Holzes führen jedoch in der Regel Luft. Andere Zellen, deren Lebensthätigkeit bereits erloschen ist, sind mit in verschiedener Form abgesonderten Stoffen erfüllt. Indessen kommen sehr allgemein in den lebensthätigen, safthaltigen Zellen noch mancherlei halb feste oder feste Körper vor, die hier nach der Eigenthümlichkeit ihrer äußern Gestalt zu betrachten sind.

1) Das Plasma (protoplasma) ist eine dickflüssige, oft feine Körnchen führende Schleimmasse, die aus stickstoffhaltigen Substanzen besteht, der Hauptsitz des chemischen Stoffwechsels ist, und die eigentliche Grundlage der Zelle bildet. Die der Zellwand unmittelbar anliegende, ein zartes Häutchen darstellende Plasmaschicht ist der oben erwähnte Primordialschlauch (utriculus primordialis, s. § 156 u. Fig. 381). Von gleicher chemischer Zusammensetzung, wie das Plasma, ist der Zellkern oder Cytoblast nucleus cellulae, s. Fig. 381), ein rundliches oder linsenförmiges, mehr oder weniger scharf umschriebenes, innen feinkörniges Kügelchen, das entweder frei im Innern der Zelle oder seitlich mit dem Primordialschlauch verklebt, auftritt (vgl. Fig. 390, 391, 411). In seinem Innern läßt er in der Regel ein oder einige sehr kleine, runde und durchsichtige Körperchen

411.



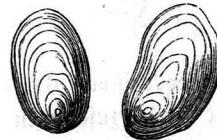
erkennen, welche Kernkörperchen (nucleoli) genannt werden. Das Plasma ist oft in Form von Fäden angeordnet und diese zeigen dann in der Regel eine deutlich wahrnehmbare strömende Bewegung ihrer Masse, wobei die, übrigens in ihrer Lage und Richtung veränderlichen Strömchen vom Zellkern ausgehen und wieder zu ihm zurückkehren, was u. A. in den Zellen der Staubfadenhaare von *Tradescantia* schön zu sehen ist. Der Zellkern, sowie der Primordialschlauch spielen, wie wir in der Physiologie sehen werden, eine wichtige Rolle bei der Zellbildung und fehlen daher in keiner jungen Zelle.

2) Das Stärkemehl (amylum) findet sich fast in allen Pflanzen in Form kleiner, charakteristisch gestalteter Körnchen abgelagert, so u. A. in dem mehligem Eiweiß der Cerealien und in den Knollen der Kartoffel in größter

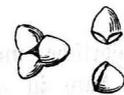
Fig. 411. Jugendliche Parenchymzelle mit Zellkern, Plasmafäden und Chlorophyllkörnern.

Menge. Ihre Größe ist sehr verschieden, sie wechselt von  $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{2000}$  Linie im Durchmesser, oder zwischen 0,185 und 0,002 Millimeter. Alle Stärkemehlkörner sind aus concentrischen Schichten zusammengesetzt (s. Fig. 412), die jedoch nicht immer sichtbar sind, und öfter erst durch Behandlung mit verschiedenen Reagentien deutlich erscheinen. Sie umschließen, schalenartig übereinanderliegend, ein kernartiges Bildungscentrum, welches aber häufig nicht im Mittelpunkt des Kornes gelegen ist, so daß die Schichtung excentrisch erscheint; auch kommt z. B. bei der Kartoffelstärke manchmal ein doppelter, von gemeinsamen Außenschichten umschlossener Kern vor. Die Form der Amylumkörner ist für die einzelnen Pflanzen charakteristisch, sie findet sich u. A. rundlich oder länglichrund in der Kartoffel und den Getreidekörnern (s. Fig. 412 u. 414), flach scheibenförmig im sogenannten ostindischen Arrowroot, muschelförmig im Rhizom von *Iris florentina*, stabförmig im Milchsaft mancher Euphorbiaceen (s. Fig. 417). Die zusammengesetzten Stärkemehlkörner (s. Fig. 416) bestehen aus einer, je nach der Pflanzenart verschiedenen Anzahl von Theilkörnern, deren man in manchen Fällen mehrere Tausende gezählt hat.

412.



413.



414.



415.



416.



3) In dem Samen vieler Pflanzen kommen dem Stärkemehl ähnliche, aber im Wasser lösliche Körner, welche die Reactionen der Proteinkörper (vgl. die Pflanzenchemie) zeigen, vor. Dieses körnig abgesonderte Protein wurde von Hartig Klebermehl (aleurone) genannt; es enthält nicht selten in seinem Innern krystallisiertes Protein.

4) Das Blattgrün (Chlorophyll), sowie in der Regel die gelben und rothgelben, mit dem Chlorophyll nahe verwandten und zum Theil daraus entstehenden Farbstoffe sind in Form kleiner, rundlicher oder länglich-runder Körnchen (vgl. Fig. 411) bald regellos zerstreut, bald in bestimmter Anordnung an der Zellwand abgelagert, oder sie schwimmen frei im Zellsaft. Bei der Algengattung *Spirogyra* tritt das Chlorophyll in spiralig gewundenen,

Fig. 412. Zwei Stärkemehlkörner aus der Kartoffel.

Fig. 413. Zusammengesetzte Stärkekörner von *Convolvulus Batatas*.

Fig. 414. Stärkekörner des Weizens.

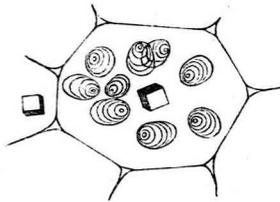
Fig. 415. " der Bohne.

Fig. 416. Zusammengesetztes Stärkekorn von *Arum maculatum*.

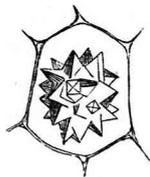
am Rande etwas gezackten und eine Reihe größerer Körnchen enthaltenden Bändern auf. Sehr häufig sind im Chlorophyll Amylumkörner eingeschlossen.

5) Krystalle kommen häufig in den Zellen vor, und zwar theils einzeln, theils zu mehreren, und dann entweder zerstreut, oder zu sternförmigen Drusen verbunden (s. Fig. 418), oder bündelförmig beisammenliegend (s. Fig. 419). Sehr häufig sind im Zellgewebe saftreicher Pflanzentheile die von besonderen Zellen umschlossenen Bündel spieß- oder nadel-förmiger Krystalle von oxalsaurem Kalk, welche man Raphiden genannt

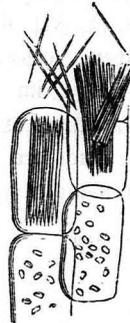
417.



418.



419.



hat (s. Fig. 419). Würfelige, octaëdrische und rhomboëdrische Proteinkrystalle kommen, bald einzeln, bald in größerer Zahl zusammengehäuft, in den Parenchymzellen verschiedener Pflanzentheile, namentlich in manchen Samen, vor; in der Kartoffel finden sie sich in den äußeren Zellen der Rindenschicht der Knollen vereinzelt zwischen den Amylumkörnern (s. Fig. 417).

## 2. Kapitel. Von den Geweben.

164. Durch Vereinigung größerer Mengen gleichartiger Elementarorgane entstehen die Gewebe. Im Zellgewebe (tela cellulosa) sind die einzelnen Zellen durch Vermittelung der Interzellularsubstanz, welche als Rückstand der aufgelösten ältern oder Mutterzellen des Gewebes zu betrachten ist, untereinander verbunden. Da dieselbe sich von dem Zellstoff chemisch verschieden verhält, so ist es möglich, durch gewisse chemische Agentien

Fig. 417. Eine Zelle aus der Rindenschicht der Kartoffel einen würfelförmigen Proteinkrystall nebst Stärkekörnern enthaltend.

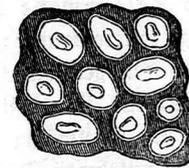
Fig. 418. Eine Krystalldruse aus der Wurzel der Kunkelrübe.

Fig. 419. Spießförmige Krystalle von oxalsaurem Kalk, bündelförmig beisammenliegend.

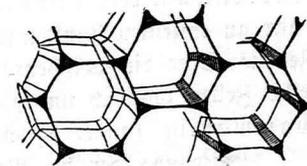
(vgl. u. die Pflanzenchemie), sowie durch Maceration, wodurch sie früher als die Zellwandung selbst angegriffen wird, die Zellen der Gewebe unversehrt zu isoliren. Bei der Kartoffelknolle trennen sich schon durch das Kochen die einzelnen Zellen als in sich geschlossene, mit Stärkekleister erfüllte Säckchen von einander. Am deutlichsten entwickelt ist die Interzellularsubstanz im knorpeligen und lederartigen Thallus der Meeresalgen oder Tange, wo sie als homogene Masse erscheint, in welche die Zellen eingebettet sind (s. Fig. 420).

165. Wenn die Zellen eines Gewebes durch den gegenseitigen Druck nicht so vollständig vereinigt sind, daß sie sich in allen Punkten ihres Umfangs berühren, so müssen da, wo die Wandungen der benachbarten Zellen auseinanderweichen, dreiseitige Zwischenräume entstehen, welche im regelmäßigen Zellgewebe ein Netz ineinander mündender Kanälchen bilden und Interzellulargänge (meatus intercellulares, s. Fig. 421) genannt werden. Sie enthalten entweder Luft oder abgesonderte Säfte, und erscheinen

420.



421.



öfter zu Gängen oder Höhlungen von beträchtlichem Umfange erweitert als sogenannte Interzellularräume. Diese sind je nach ihrem Inhalt Luftgänge und Luftlücken (canales et lacunae aërae), wie sie z. B. in vielen Wasserpflanzen in großer Ausbildung und regelmäßiger Anordnung vorkommen. Enthalten solche Räume Gummi, Harz oder andere derartige Absonderungen, so heißen sie Saftbehälter (conceptacula succi proprii); zu diesen, welche übrigens auch theilweise dadurch entstehen, daß in einer mit spezifischem Inhalt erfüllten Zellgruppe die Zellwandungen desorganisiert und aufgelöst werden, gehören u. A. die Harzgänge der Nadelhölzer.

166. Die verbreitetste Gewebeform ist das Parenchym, welches aus innig verbundenen Zellen besteht, die nach keiner Richtung hin vorwiegend entwickelt sind und in der Regel eine vielblättrige oder polyhedrische Form haben (s. Fig. 382 und 421). Dester verbinden sich die Wandungen der Parenchymzellen durch schichtenweise Anlagerung von innen her, oder sie verholzen, wie im Mark und den Markstrahlen der Bäume und der innern Fruchtschicht des Steinobstes.

Fig. 420. Durchschnitt aus dem knorpeligen Thallus eines Tangs.

Fig. 421. Polyhedrisches Zellgewebe mit Interzellulargängen (schematisch).

Das dünnwandige, deutliche, Zellkern und reichliches Protoplasma enthaltende Parenchym, aus dem alle anderen Gewebeformen hervorgehen, und welches demnach die jugendlichen Pflanzentheile bildet, heißt Bildungs-gewebe, Urparenchym oder Meristem; es findet sich in der ausgebildeten Pflanze überall da, wo noch Neubildung stattfindet, so z. B. im Innern der Knospen; bei unsern Bäumen bildet es eine continuirliche Schichte zwischen Rinde und Holzkörper als sogenanntes Cambium.

167. Nach der verschiedenen Form und Ausbildung der untereinander vereinigten Elementarorgane, sowie nach ihrer Verbindungsweise werden verschiedene Arten von Geweben unterschieden und mit besonderen Namen bezeichnet, deren bemerkenswertheste im Folgenden aufgezählt werden sollen. Indessen sind sie sämmtlich nur als Modificationen ein und derselben Grundform, nämlich des einfachen, parenchymatischen Zellgewebes zu betrachten, aus dem sie auch alle nachweisbar bei ihrer Entstehung sich hervorbilden, daher sich auch zwischen den einzelnen Formen manche Uebergangsstufen vorfinden.

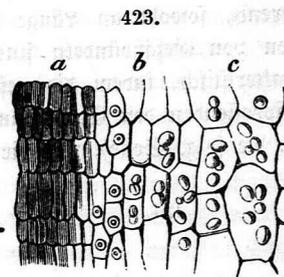
Das Merenchym oder unvollkommene Zellgewebe zeigt locker vereinigte, nur an einzelnen Punkten ihres Umfangs untereinander zusammenhängende Zellen. Sind die Zwischenräume zwischen den gewöhnlich unregelmäßig gestellte Zellen zahlreich und gleichmäßig vertheilt, so heißt das Gewebe schwammartig (mer. spongiforme); bei regelmäßig strahliger Stellung der die Verbindung vermittelnden Fortsätze der einzelnen Zellen entsteht das sternförmige Merenchym (s. Fig. 422). Endlich schließt sich hier das sogenannte Filzgewebe (tela contexta) an, welches aus einfachen oder unregelmäßig verzweigten langgestreckten Zellen (bei den Pilzen Hyphen oder Pilzfäden genannt) besteht, die sich vielfach kreuzen, und so gewissermaßen unter einander verflochten sind. Diese Gewebeform findet sich im Thallus der Pilzen und Flechten.



Fig. 422. Sternförmiges Zellgewebe aus der Scheidewand der Lufthöhle des Binsehenhalms.

Das Korkgewebe besteht aus flachen, tafelförmigen, mit Luft erfüllten Zellen, deren wenig verdickte, elastische Wandungen aus Korkstoff oder Suberinen (s. d. Pflanzenchemie) gebildet sind. Es findet sich hauptsächlich in den äußeren zelligen Schichten der Rinde mancher Bäume, vor allem der Kork-eiche, dann auch als dünne Hüllschichte entwickelt auf der Oberfläche vieler Wurzeln und Knollen, z. B. der Kartoffeln (s. Fig. 423), endlich als partielle Entwicklung in den sogenannten Lenticellen (s. u.) und an allen Stellen, welche vernarben.

Das Prosenchym= oder Fasergewebe besteht aus gestreckten Zellen, welche aufs Innigste untereinander vereinigt sind, so daß sie keine Interzellulargänge zwischen sich lassen, und die mit ihren zugespitzten Enden abwechselnd keilförmig ineinandergreifen. Im Bastge-webe bleiben diese Zellen bei großer Zähigkeit weich und biegsam, und es beruht darauf die technische Verwendung der Bastfasern gewisser Pflanzen, namentlich des Flachses und Hanfs; im Holzgewebe dagegen erhärten die Prosenchymzellen durch schichtenweise Verdickung ihrer Wandungen, während zugleich der aus Saft bestehende Inhalt mehr und mehr verschwindet. Bei den Nadelhölzern ist das Holz nur aus den charakteristischen getüpfelten Prosenchymzellen gebildet.

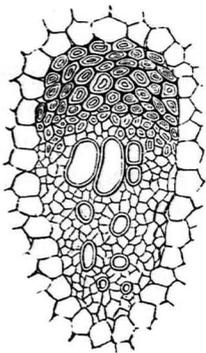


168. Die Gefäßbündel (fasciculi vasorum), auch Fibrovasalstränge oder Leitbündel genannt, sind faserige Stränge, aus einzelnen Gefäßen oder gestreckten, gefäßartigen Zellen gebildet (vergl. § 161), die von zahlreichen Prosenchymzellen begleitet werden. Sie laufen in den Stengeltheilen und überhaupt in den Achsenorganen der Pflanzen in der Regel nach der Längsrichtung, in den Blättern kommen sie, als Blattnerven, in mannichfacher Weise vertheilt vor, in beiden Fällen aber bilden sie die feste Grundlage, gleichsam das Skelet, der Theile. Auf dem Querschnitt erscheint ein einzelner Gefäßbündel als eine rundliche oder in radialer Richtung etwas verlängerte Stelle von dichterem Gefüge als das umgebende Parenchym. Auf einem solchen Querschnitt eines Gefäßbündels (s. Fig. 424) erkennt man dann bei hinlänglicher Vergrößerung seine Zusammensetzung aus verschiedenen Parthieen, nämlich aus dem, gewöhnlich nach außen (nach der Peripherie des Stammes) hin liegenden Basttheil, der aus biegsamen Prosenchymzellen zusammengesetzt ist, aus dem, nach innen zu gelegenen Holztheil, welcher außer Holzzellen auch die durch ihr weites Lumen kenntlichen Gefäße enthält, und aus dem Cambiumtheil, der zwischen beiden eingeschlossen ist, und aus Bildungsgewebe besteht. In den Gefäßbündeln der Monocotyledonen herrscht der Basttheil, in denen der Dicotyledonen der Holztheil vor, die der Gefäßcryptogamen (Farnkräuter) bestehen nur aus Gefäßen und Parenchym. Geschlossene Gefäßbündel (fasc. vas. definiti) sind solche, deren Cambium seine Bildungsfähigkeit bald verliert und die sich daher nicht weiter verdicken; ungeschlossene (fasc. vas. indefiniti) dagegen heißen die, welche aus ihrem Cambiumtheile fortwährend

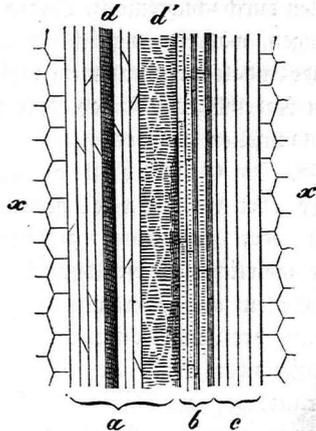
Fig. 423. a Korkgewebe der Kartoffelschale. b, c Parenchym der Knolle.

Zuwachs erhalten. Die letzteren kann man wieder unterscheiden in sprossende (fasc. vas. continui), welche nur in die Länge wachsen, und zwar an ihrer Spitze, und in nachwachsende (fasc. vas. succedanei), welche fortwährend, sowohl an Länge als an Dicke zunehmen. Diese verschiedenen Arten von Gefäßbündeln sind im Allgemeinen für gewisse Pflanzengruppen charakteristisch, indem die geschlossenen Gefäßbündel den Monocotyledonen die sprossenden den Cryptogamen, sofern diese nicht bloße Zellpflanzen sind (vgl. die folg. Seite), und die nachwachsenden den Dicotyledonen zukommen.

424.



425.



Häufig verzweigen oder spalten sich die Gefäßbündel, indem sie sich in kleinere Bündel theilen, wobei aber nie eine Spaltung oder Verzweigung der Elementarorgane selbst, sondern nur ein Auseinandertreten der Bestandtheile der Bündel stattfindet. In den Blättern anastomosiren öfter die die Nerven und Aern bildenden Bündel, d. h. sie treten, nachdem sie sich mehr und mehr gespalten und zertheilt haben, weiterhin wieder zusammen. Die Holzbildung in den Achsenorganen, welche zu längerer Dauer bestimmt sind, beruht wesentlich auf einer Umwandlung der von den Gefäßbündeln gebildeten Hauptmasse derselben, wobei die Prosenchymzellen durch Verdickung

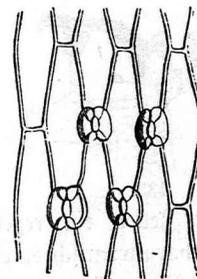
Fig. 424. Querschnitt des Gefäßbündels einer Palme nebst dem ihn zunächst umgebenden Parenchym. Nach oben in der Figur liegt der aus dickwandigen Prosenchymzellen gebildete Basttheil; in dem nach unten gerichteten Holztheil des Bündels machen sich die Gefäße durch ihren runden Durchmesser und ihr weites Lumen bemerklich.

Fig. 425. Derselbe im Längsschnitt. a Der Holztheil aus dünnwandigen Holzzellen mit einem Spiralgefäß (a) und einem Treppengefäß (a'), b Cambiumtheil aus Siebröhren, c Basttheil, aus dickwandigen Bastzellen bestehend. xx Stammparenchym.

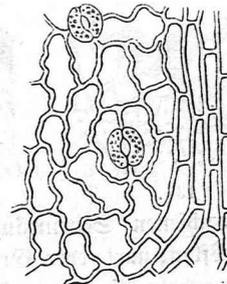
ihrer Wandungen zu sogenannten Holzzellen werden und im Auftreten von Treppen- und punktirten Gefäßen statt den für die jüngeren Theile charakteristischen Ring- und Spiralgefäßen. Zugleich verschwindet der flüssige Inhalt der Elementarorgane mehr und mehr; daher ist das ausgebildete oder reife Holz trocken und saftlos, seine Elementarorgane enthalten, soweit sie nicht mit abgelagerter fester Substanz erfüllt sind, im normalen Zustand Luft. Die faserige Structur des Holzes beruht darauf, daß die seine Hauptmasse bildenden Holzzellen langgestreckt sind und mit ihren zugespitzten Enden keilförmig ineinander greifen.

Ausgebildete Gefäßbündel, welche entweder wirkliche Gefäße oder Gefäßzellen enthalten, kommen allen Phanerogamen und unter den Cryptogamen den farnkrautartigen Pflanzen zu. Letztere, zu denen außer den eigentlichen Farnkräutern noch die Schachtelhalme (Equisetaceae), Bärlappe (Lycopodiaceae) und Wasserfarne (Hydropterides s. Rhizocarpeae) gehören, werden daher auch als Gefäßcryptogamen bezeichnet. Die Moose und Lebermoose haben zwar noch Gefäßbündel, welche aber nur aus Prosenchymzellen gebildet sind; den Thallophyten fehlt die Gefäßbündelbildung gänzlich. Man nennt daher auch im Gegensatz gegen die Gefäßpflanzen (die Phanerogamen und Gefäßcryptogamen), die Moose Lebermoose, Flechten, Algen und Pilze Zellpflanzen.

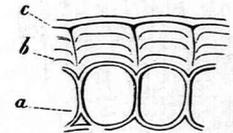
426.



427.



428.



169. Ein sehr eigenthümliches, sowohl durch seine Structur als auch durch sein Vorkommen ganz bestimmt charakterisiertes Gewebe ist das Oberhautgewebe (tela epidermoidalis). Die eigentliche Oberhaut (epidermis) ist ein feines, oft im Zusammenhang abziehbares Häutchen, welches

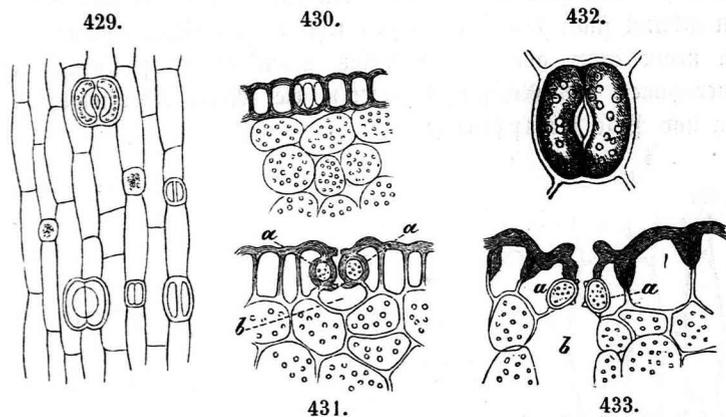
Fig. 426. Epidermis mit Spaltöffnungen eines monocotylen Blattes, von oben gesehen.

Fig. 427. Desgleichen von der Buche; die gestreckten Zellen rechts entsprechen einem darunterliegenden Blattnerve.

Fig. 428. Oberhautzellen (a) mit zu einer Cuticularschicht (b) verdichteten Außenwänden und einer darüberliegenden Cuticula (c).

die Oberfläche aller Theile der höheren Pflanzen überzieht, und sie gegen äußere Einflüsse schützt. Die Oberhautzellen sind in der Regel lufthaltig, und ihre äußeren und Seitenwandungen sind verdickt und getüpfelt; sind sie dagegen zartwandig und saftig, wie namentlich auf der Oberfläche der Blumenblätter, an der Narbe und an anderen fecernirenden Stellen, so heißt das Gewebe Epithelium. Ein drüsiges Epithelium (epith. papillosum), dessen Zellen nach außen mehr oder weniger gewölbt oder conisch verlängert sind, finden wir häufig auf der Narbe und auf der Oberfläche intensiv gefärbter Blumenblätter, welche dadurch ein sammetartiges Ansehen erhalten. Die Wurzeloberhaut (epiblema) ist dem Epithelium ähnlich, ihre Zellen sind ebenfalls saftig, jedoch dickwandiger, und theilweise nach außen zu Wurzelhaaren (s. u.) verlängert.

Die Epidermis besteht in der Regel aus einer einzigen Schichte niedergedrückter und seitlich sehr fest untereinander vereiniger Zellen, selten aus mehreren Zellschichten, wie z. B. beim Oleander. Von oben betrachtet



zeigen die untereinander verwachsenen Seitenwände der Zellen ein regelmäßiges, für die bestimmte Pflanzenart oder Gruppe charakteristisches, oft zierlich geschlängeltes Maschengewebe (s. Fig. 426 u. 427), dessen Zellen über den Blattnerven gestreckter sind, und dort stets der Spaltöffnungen

- Fig. 429. Junges Oberhautstück eines Hyacinthenblattes mit Spaltöffnungen in den verschiedenen Ausbildungsstufen.  
 Fig. 430. Querschnitt einer jungen Oberhaut; in der Mutterzelle der Spaltöffnung sind drei Tochterzellen ausgebildet.  
 Fig. 431. Querschnitt durch eine ausgebildete Spaltöffnung; a a die Schließzellen; der Porus zwischen ihnen ist geöffnet und führt in einen Luftraum, die Athemböhle.  
 Fig. 432. Eine einzelne Spaltöffnung von oben gesehen, stärker vergr.  
 Fig. 433. Durchschnitt einer Spaltöffnung, deren Schließzellen (a a) tiefer als die Oberhaut liegen. b die Athemböhle.

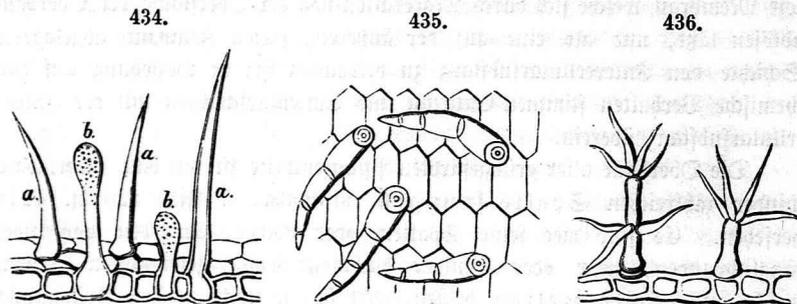
entbehren (s. Fig. 427). Bei vielen Pflanzen, namentlich bei solchen mit lederartigen und immergrünen Blättern, erreicht die Oberhaut eine sehr beträchtliche Dicke und derbe Consistenz dadurch, daß die äußere Wand der Epidermiszellen sich schichtenweise von innen her verdickt (s. Fig. 428); man nennt die so entstandene Verdickungsmasse die Cuticularschicht. Davon ist das Oberhäutchen (cuticula) zu unterscheiden, eine äußerst feine, structurelose Membran, welche sich durch Maceration von der Oberfläche der Oberhaut ablösen läßt, und als eine auf der äußeren, freien Zellwand abgelagerte Schichte von Interzellularsubstanz zu betrachten ist; in Beziehung auf das chemische Verhalten stimmen Cuticula und Cuticularschichten mit der Interzellularsubstanz überein.

Die Oberhaut aller grüingefärbten Pflanzentheile ist mit bald mehr, bald minder zahlreichen Spaltöffnungen (stomata, s. Fig. 426 u. 427) versehen. Es sind dies feine Spalten oder Löcher, umgeben von zwei länglichrunden, mehr oder weniger halbmondförmig gekrümmten Zellen, welche auch Schließzellen heißen, weil sie, je nachdem ihre Krümmung zu- oder abnimmt, die zwischen ihnen liegende Spalte (porus) erweitern, verengern oder ganz schließen. Diese Schließzellen, auch Porenzellen genannt, welche sich von den umgebenden, lufthaltigen Oberhautzellen durch ihren Saft- und Chlorophyllgehalt unterscheiden, liegen entweder in der Fläche der Epidermiszellen oder tiefer als diese (s. Fig. 432), wo dann eine trichterförmige Vertiefung zum Eingang der eigentlichen Spalte führt. Die Bildung der Spaltöffnung, wie sie sich an der Oberhaut der jüngsten Blattheile (s. Fig. 429) verfolgen läßt, geschieht in der Art, daß sich in einzelnen Oberhautzellen je drei junge oder Tochterzellen ausbilden (s. Fig. 430), deren mittlere später oben und unten durchbricht und so die Spalte bildet, während die seitlichen zu den halbmondförmigen Schließzellen (s. Fig. 431 u. 433 a a) auswachsen. Die Vertheilung und Zahl der Spaltöffnungen wird weiter unten besprochen werden.

170. Die Anhangsgebilde (organa appendicularia) der Oberhaut sind die Haare, Schuppen, Drüsen und Stacheln, welche in ihrer allgemeinen Erscheinung, wie sie sich dem bloßen Auge darstellen, den Ueberzug (indumentum) der Pflanzentheile bilden (vgl. oben S 57, 60 und 61).

1) Die Haare (pili) bestehen entweder aus einzelnen verlängerten Zellen der Oberhaut (s. Fig. 434 a a) und sind dann einzellig, wie namentlich die sogenannten Wurzelhaare, oder sie bestehen aus einer Reihe von mehreren Zellen (s. Fig. 435 u. 436); wenn diese durch Einschnürungen getrennt sind, so heißen sie gegliedert (pili articulati), wie die Staubfadenhaare von Tradescantia. Die Drüsenhaare (pili glandulosi) tragen auf ihrer Spitze ein rundes, aus einer oder mehreren Zellen mit

flüssigem Inhalte bestehendes Köpfchen. Manchmal erscheint auch bei einzelligen Haaren das angeschwollene Ende mit einem eigenthümlichen Saft erfüllt (s. Fig. 434 b b). Auch die ästigen (pili ramosi, s. Fig. 436), die sternförmigen (pili stellati) und gestrahlten (pili radiati) kommen sowohl einzellig, als auch aus verschiedentlich angeordneten Zellen zusammengesetzt vor.



2) Die Schuppen (lepides) entstehen aus den mehrzelligen, namentlich den gestrahlten Haaren durch Verbreiterung und seitliches Zusammenwachsen der sie bildenden Zellen. So entstehen flach scheibenförmige, in der Mitte ihrer unteren Seite befestigte Anhänge der Oberhaut, welche, in größerer Menge auftretend, die schuppige oder schülferige Bekleidung (indumentum lepidotum) bilden, wie sie z. B. beim sogenannten Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*) vorkommt.

3) Die Drüsen (glandulae), sofern sie als Anhänge der Oberhaut hier in Betracht kommen, bestehen, wie die Drüsenhaare aus einer Zelle oder Zellgruppe, die mit eigenthümlichen Absonderungen erfüllt sind; sie sitzen entweder unmittelbar oder durch einen kurzen Stiel der Oberfläche der Oberhaut auf. Einzellige Drüsen finden sich u. A. fast bei allen Labiatis zwischen den Haaren des Induments (s. u. Fig. 454); sie sind mit ätherischem Del erfüllt und somit die Träger des diesen Pflanzen eigenthümlichen Aroms. Am auffallendsten jedoch sind diese Organe beim sogenannten Eisraut (*Mesembryanthemum crystallinum*) entwickelt, bei dem sämtliche krautartige Theile mit sehr großen, verschieden gestalteten Drüsen bedeckt sind, welche eine wasserhelle Flüssigkeit in reichlicher Menge enthalten. Man kann die einzelligen Drüsen als einfache von den zusammengesetzten, welche aus Zellgruppen gebildet sind, unterscheiden. Zu letzteren gehören

Fig. 434. Oberhaut mit einzelligen Haaren besetzt, von der Seite gesehen — von einer Nachterze (*Oenothera*).

Fig. 435. Oberhaut mit mehrzelligen Haaren, von oben gesehen.

Fig. 436. Oberhaut mit mehrzelligen, ästigen und gestrahlten Haaren.

z. B. die als glänzend gelbe Körnchen erscheinenden Drüsen, welche der Sitz des Aroms beim Hopfen sind. Gewölbte, aus dickwandigen Zellen bestehende Anhänge der Oberhaut werden Warzen (verrucae) genannt.

4) Die Stacheln (aculei) sind starre und spize, stechende Oberhautanhänge von cylindrischer und kegelförmiger Gestalt, meist aus einer Mehrzahl von Zellen, welche mit der Zeit durch Verdickung ihrer Wandungen erhärten, zusammengesetzt. Den Uebergang von den Haaren zu den Stacheln machen die Borsten (setae). Mittelstufen zwischen Drüsen und Stacheln kommen häufig bei den Rosen vor. Sehr eigenthümlich gebildet sind die Brennhaare (stimuli, s. Fig. 437) der Nesseln, welche indessen bei ihnen vermisch mit gewöhnlichen Haaren vorkommen. Sie bestehen aus einer großen Zelle, die nach unten erweitert und abgerundet, nach oben in eine mit einem Häkchen geendigte Spitze vorgezogen ist. Der Grund dieser Zelle ist von einer Gruppe kleinerer, der Oberhaut aufsitgender Zellen umgeben, welche den dicken, säulenartigen Stiel des Haares bilden; sie sondern wahrscheinlich den ätzenden Saft (Ameisensäure) ab, welcher das Innere des Haares erfüllt. Die große Zelle hat bis gegen die Spitze hin eine zähe, biegsame Wandung, die Spitze aber ist glasartig spröde; sie bricht daher schon bei leichter Berührung ab, und der scharfe Saft ergießt sich in die Wunde.

Manche der mit Säften erfüllten Haare, wie z. B. die der Boragineen und der nicht brennenden Urticaceen kleiden sich mit vorschreitendem Alter durch Bildung von Concretionen, die sich an die Wandungen anlegen, allmählig von oben her mit fester Substanz aus.

### 3. Kapitel. Vom anatomischen Bau der Achsenorgane.

171. Die Achsengebilde der Pflanze sind die abwärtsstrebende Wurzel und der aufwärtswachsende Stengel, der sich in der Regel in Aeste, Zweige u. s. w. gliedert. Alle diese Achsenorgane stimmen in den wesentlichen Punkten ihres innern Baues überein. Die Wurzel zeigt jedoch in der Beschaffenheit ihrer Oberfläche und ihrer Endigungen einige Eigenthümlichkeiten, welche sich auf die Beschaffenheit der sie umgebenden Medien und auf ihre besondere Function beziehen, und welche hier zunächst näher betrachtet werden sollen.

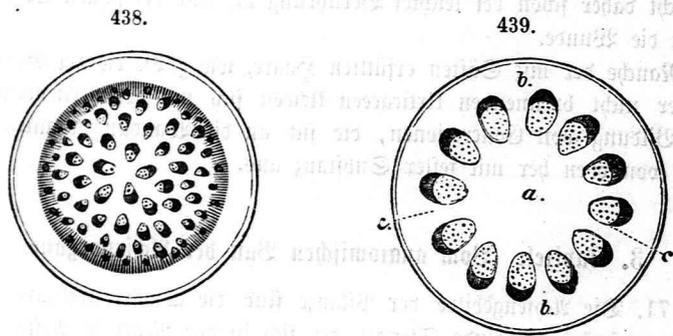
Die Wurzeloberhaut (epiblema) besteht aus ziemlich dickwandigen, nach außen abgeplatteten Zellen; die Spaltöffnungen fehlen ihr immer, dagegen

Fig. 437. Ein Brennhaar der Nessel.

verlängern sich häufig einzelne zu sogenannten Wurzelhaaren, die in der Regel an den jüngeren Theilen der Wurzel am häufigsten sind, während die Wurzelspitzen selbst stets von ihnen frei bleiben. Diese charakteristische Bekleidung der Wurzel findet sich, soweit dieselbe in der Erde versenkt oder vom Wasser umgeben ist; sie verschwindet in der Regel, wie auch die eigentliche Oberhaut, im Alter, und es tritt dann Kork- und Borkenbildung (s. u.) an ihre Stelle.

An den Endigungen der Wurzelfasern wird die äußerste Zellschicht befrändig als sogenannte Wurzelhaube abgestoßen; daher zeigt die äußerste Wurzelspitze sich immer aus einem saftreichen Parenchym mit papillöser Oberfläche gebildet. Diese, meist etwas angeschwollenen Wurzelendigungen hat man Wurzelchwämmchen (*spongiolae radicales*) genannt.

172. Der krautartige Pflanzenstengel, und ebenso der Holzstamm in seiner frühesten Periode, besteht aus einer Masse parenchymatischen Zellgewebes, durch welches sich in der Längsrichtung die Gefäßbündel als zähe Fasern, die dem Ganzen Halt und Festigkeit verleihen, hinziehen. Deutlich zeigt sich diese Zusammenziehung, wenn man einen solchen Stengel maceriren läßt, wobei die Gefäßbündel der Fäulniß kräftig widerstehen, während das die Zwischenräume erfüllende Zellgewebe zerstört wird, so daß nur das aus jenen gebildete feste Skelet zurückbleibt.



Auf dem Querschnitt eines Pflanzenstengels erscheinen die Gefäßbündel als rundliche Stellen von dichterem Gefüge, deren Stellung auf der Durchschnittsfläche die Anordnung und den Verlauf der Gefäßbündel im Stengel erkennen läßt. Es erscheinen hierbei zwei Haupttypen ihrer Stellung und Vertheilung: entweder sind sie in der Stengelmasse zerstreut (s. Fig. 438), oder sie bilden einen geschlossenen Ring oder Kreis (s. Fig. 439). Ersteres ist bei den Monocotyledonen, letzteres bei den Dicotyledonen und

Fig. 438. Durchschnitt eines krautartigen Monocotyledonenstengels.  
Fig. 439. Durchschnitt eines krautartigen Dicotyledonenstengels.

Farnkräutern der Fall. Doch finden sich auch einzelne Ausnahmen von dieser Regel, wie z. B. der Mohn (*Papaver*), der, obgleich dicotyledonisch, zerstreute Gefäßbündel zeigt. Bei den meisten Gräsern findet sich eine charakteristische Modification der Anordnung der zerstreuten Gefäßbündel. Dieselben sind nämlich in der Regel sehr gegen den Umfang hin zusammengedrängt, wodurch das in der Achse des Stengels oder Halms gelegene Zellgewebe von ihnen frei bleibt. Indem dasselbe allmählig ganz verschwindet, entsteht eine innere, cylindrische Höhlung, welche jedoch an den Knoten des Grashalms, wo je zwei Stengelglieder auf einander treffen, durch Querscheidewände unterbrochen ist, weil hier, wo die Gefäßbündel querüber laufen, das zwischen ihnen liegende Zellgewebe sich erhält. Die Normalstruktur des Monocotyledonenstengels mit fast gleichförmig durch die Masse zerstreuten Gefäßbündeln (vgl. Fig. 438) zeigt unter den Gräsern das Welschkorn (*Zea Mays*).

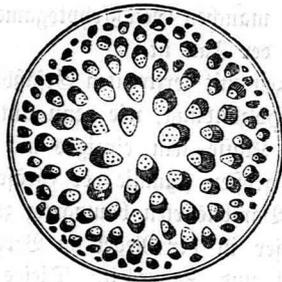
Der einfachste Typus der Stengelbildung ist der, wo nur ein centraler Gefäßbündelstrang vorhanden ist, wie das bei den Moosen, bei denen derselbe bloß aus Prosenchymzellen besteht, bei manchen Gefäßkryptogamen und wenigen, einfach organisirten Phanerogamen der Fall ist.

173. Die Monocotyledonen oder Pflanzen mit zerstreuten Gefäßbündeln zeigen im Ganzen seltener eine eigentliche Holzbildung, wie denn unter den sämtlichen einheimischen Gewächsen dieser Klasse kein einziges mit einem Holzstamm versehenes sich findet. In der großen Familie der Gräser sind nur die in den Tropenländern wachsenden Bambusarten baumartig zu nennen. Indessen zeigen die Halme der Gräser in der Regel im Verhältniß zu ihrer Masse eine beträchtliche Festigkeit und Starrheit. Dieses rührt von der Ablagerung von Kieselerde in der Oberhaut und insbesondere in der äußern Wandung der Epidermiszellen her, wodurch die Oberfläche des Halms ihre beträchtliche Härte und ihr glänzendes Ansehen erhält.

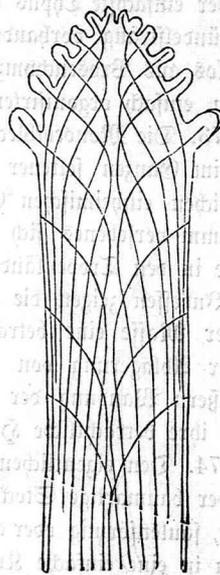
174. Den eigentlichen Typus der Holzbildung bei den Monocotyledonen zeigt der baumartige Stock der Palmen. Die Palmstämme sind meist ungetheilt, säulenförmig oder etwas bauchig aufgetrieben (vgl. oben Fig. 20), und endigen in eine einfache Krone großer Blätter, deren unterste in dem Verhältniß, wie der Stamm durch Weiterwachsen seiner Gipfelnosppe sich verlängert, verwelken und abfallen. Sie hinterlassen beim Abfallen auf der Oberfläche des Stamms ringförmige Blattnarben, oder es bleibt ihr unterster Theil bald in Gestalt dorniger Schuppen, bald als ein, aus den Gefäßbündeln der Blattscheide gebildetes Fasergeslechte zurück, wodurch häufig eine äußere, die Oberfläche des Stamms bedeckende Hülle gebildet wird, die aber nicht als ein integrierender Theil desselben zu betrachten und daher nicht mit der Rinde der Dicotyledonen zu vergleichen ist; eine eigentliche Rinde fehlt dem Stamm der Monocotyledonen.

Auf dem Querschnitt erscheint der Palmstamm aus parenchymatischem Zellgewebe gebildet, in welchem eine große Menge von Gefäßbündeln scheinbar ohne Ordnung zerstreut sind (s. Fig. 440). Nach der Mitte zu sind sie von beträchtlicherem Durchmesser und stehen weniger dicht. Manchmal verlieren sie sich im Centrum völlig und die Achse wird dann von einem reinzelligen Mark, in dem öfter Stärkemehl sich ablagert, wie z. B. bei der Sagopalme, eingenommen. Nach der Peripherie des Stammes sind die Gefäßbündel dichter zusammengedrängt, daher sich hier die festeste und härteste Holzsubstanz findet, während bei unseren dicotyledonischen Holzstämmen umgekehrt das dichteste Holz im Innern des Stammes, und in dessen Umfang das jüngere, weniger feste sich findet. Der Verlauf der Gefäßbündel durch den Stamm läßt sich am deutlichsten auf einem Längsschnitt (s. Fig. 441)

440.



441.



verfolgen. Man sieht hier, daß jeder einzelne Gefäßbündel mit seinem untersten Theil in der Nähe des Stammumfangs beginnt, dann während seines aufsteigenden Verlaufs immer weiter nach innen tritt, und sich endlich mit seinem obersten (jüngsten) Theil wieder nach außen wendet, um in einer Blattnarbe oder einem Blatt der Spitzknospe zu endigen. Hiernach müssen sich im Stamm der Monocotyledonen die Gefäßbündel winkelig schneiden oder kreuzen, wie man das auch am verarbeiteten Palmholz deutlich sehen kann.

Fig. 440. Querschnitt eines Palmstamms; der Basttheil der Gefäßbündel ist durch dunkle Schattirung angedeutet.

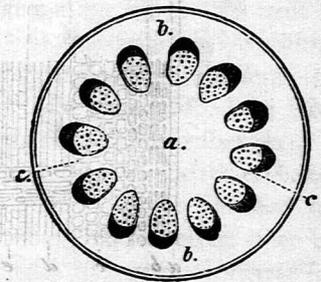
Fig. 441. Idealer Längsschnitt eines Palmstamms, um den Verlauf der Gefäßbündel zu zeigen.

Die Gefäßbündel der Monocotyledonen sind geschlossene, d. h. solche, deren Cambium nicht fortbildungsfähig ist; dagegen vermehren sie sich im Verlauf des Wachstums durch Theilung oder Verzweigung und bilden daher ein durch den ganzen Stamm zusammenhängendes System.

Wie oben bemerkt wurde, unterscheiden wir an dem einzelnen Gefäßbündel den nach außen liegenden Basttheil und den gegen das Centrum des Stammes zu gelegenen Holztheil, welcher die Gefäße enthält. Je weiter man den Bündel von seiner Spitze her abwärts verfolgt, um so mehr nimmt der letztere im Verhältniß zum Basttheil an Umfang ab. Daher erscheint auf einem Durchschnitte (vgl. Fig. 440) der letztere an den einzelnen Gefäßbündeln immer mehr vorwiegend, je weiter sie nach außen zu liegen, weil, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, eben die nach dem Umfang zu liegenden Bündel mehr in ihrem untern, die centralen dagegen mehr im obern Verlauf vom Durchschnitte getroffen werden. Aus demselben Grund erscheinen hier auch die Gefäßbündel von um so beträchtlicherem Durchmesser, je weiter nach innen sie gelegen sind.

175. Im dicotyledonischen Krautstengel stehen, wie oben erwähnt, die Gefäßbündel in einem geschlossenen Ring oder Kreis. Hierdurch zerfällt die zellige Grundmasse des Stengels in drei mehr oder weniger deutlich abgegränzte Parthieen, nämlich 1) das Mark (medulla, s. Fig. 442 bei a) oder das innerhalb des Gefäßbündelkreises liegende Zellgewebe, 2) die Rinde (cortex, s. ebend. bei b), welche diesen Kreis von außen umschließt, und 3) die Markstrahlen (radii medulares, s. ebend. bei c c), d. h. diejenigen Zellgewebeparthieen, die, zwischen den einzelnen Gefäßbündeln durchlaufend, Rinde und Mark unter einander verbinden.

442.



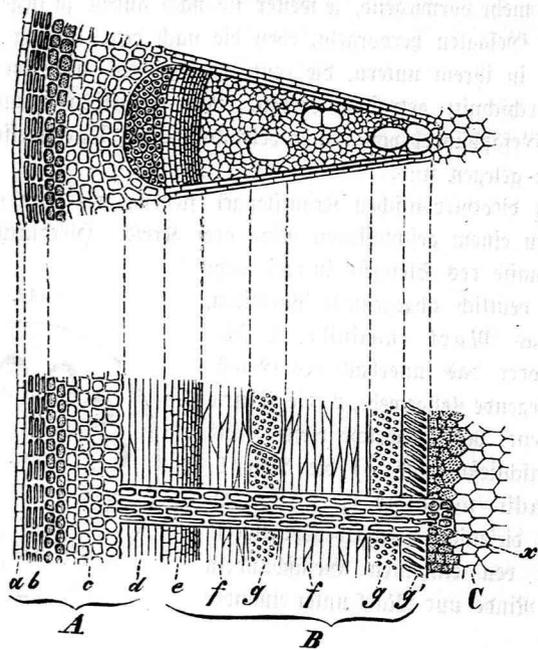
Die Gefäßbündel steigen im Stengel der Dicotyledonen gerade auf, und bilden an den Ansatzstellen der Blätter Schlingen, von denen die Abzweigungen für das Blatt und die Axillarknospe abgehen. Durch diese Schlinge tritt das Parenchym des Markstrahls in die Axillarknospe.

Wesentlich dieselben Abtheilungen wie am krautartigen Stengel lassen sich auch beim dicotyledonischen Holzstamm unterscheiden, in welchem jedoch der durch die Gefäßbündel gebildete Holzkörper an Masse weitaus vorherrscht. Derselbe bildet einen Cylinder, dessen Centrum von der Markröhre eingenommen, und der in seinem Umfang von der Rinde umschlossen

Fig. 442. Durchschnitte eines krautartigen Dicotyledonenstengels (schematisch). a das Mark. b die Rinde. c die Markstrahlen.

wird. Er besteht aus der von den Markstrahlen durchsetzten Gefäßbündelmasse, die in der Regel deutlich eine Sonderung in concentrische Kreise oder Schichten erkennen läßt. Diese Schichten heißen Holz- oder Jahresringe (*strata annua*), weil sie den jährlichen Zuwachs der Holzmasse bezeichnen, daher sich aus ihrer Anzahl mit Bestimmtheit auf das Alter des betreffenden Stengeltheils schließen läßt. Im Folgenden haben wir nun die einzelnen Theile des Holzstamms der Dicotyledonen nach ihrer Entstehung und der im Verlauf ihrer Entwicklung sich ergebenden Gliederung in anatomisch verschiedene Systeme näher zu betrachten.

443.



176. Die Rinde zeigt vier ursprünglich deutlich getrennte, später oft nur noch schwierig zu unterscheidende Schichten, nämlich 1) die Oberhaut, 2) die äußere, 3) die innere Zellschicht, 4) den Bast, der aber seiner Entstehung nach, wie unten nachgewiesen werden wird, dem Gefäßbündelkreise angehört.

Fig. 443. Theil eines jungen Zweigs einer dicotyledonischen Holzpflanze, einem Gefäßbündel entsprechend, im Querschnitt (halbschematisch) — darunter a derselbe im radialen Längsschnitt (ebenso). A Rinde. B Holzkörper. C Mark. a Oberhaut. b Korkschichte. c innere Zellschicht der Rinde. d Bastbündel. e Cambium. f f Holzzellen. g g Punctirte Gefäße. g' Spiralgefäß der Markscheibe. x Markstrahl.

Die Oberhaut oder Epidermis bildet, wie an allen Pflanzentheilen, so auch an den jüngeren Stämmen, Aesten und Zweigen den äußern Ueberzug (s. Fig. 443 bei a). Sie zeigt hier nur sparsame Spaltöffnungen, dagegen trägt sie häufig auf ihrer Außenfläche Haare, Stacheln (wie bei der Rose) und andere Anhangsbildungen. An den unterirdisch wachsenden Achsenorganen wird sie durch das sogenannte Epiblema (s. S. 171) ersetzt. Wenn aber mit zunehmendem Alter der Stengeltheil einen bedeutenden Umfang gewinnt, so zerreißt die ihn umschließende Oberhaut und verschwindet bald völlig. Manchmal erhält sich auch die Epidermis der Stengeltheile länger, indem sie durch Verdickung ihrer äußeren Zellwände eine feste Consistenz annimmt, wie z. B. bei der Stechpalme (*Ilex Aquifolium*) und der Mistel (*Viscum album*).

177. Die äußere und innere Zellschicht der Rinde bestehen aus parenchymatischem, oft in horizontalen Reihen zusammenhängendem Zellgewebe. Die erste wird auch Korkschicht genannt, weil sie der Sitz der Korkbildung ist. Der Kork entsteht durch die Neubildung zahlreicher, in horizontalen Reihen zusammenhängender Zellen von flacher, fast tafelförmiger Gestalt, welche bei ihrer vollkommenen Ausbildung Luft enthalten, und deren schwach verdickte Wandungen aus der durch ihr chemisches Verhalten sehr bestimmt charakterisirten Korksubstanz (s. u.) bestehen. Die Korkbildung erscheint an den älteren Achsentheilen, am Stamm wie an den Wurzeln der Holzpflanzen; indessen ist sie in der Regel auf eine bestimmte, verhältnißmäßig kurze Lebensperiode des betreffenden Pflanzentheils beschränkt; nur selten ist daher die erzeugte Korkmasse beträchtlicher, wie z. B. beim Maßholder (*Acer campestre*) und bei der Korkulme (*Ulmus suberosa*), wo die jüngeren Aeste mit breiten, flügelartigen Korkstreifen besetzt erscheinen. Bei der südeuropäischen Korkeiche (*Quercus Suber*), welche den Kork zum technischen Gebrauch liefert, beginnt die Korkbildung erst in einem Alter von etwa 80 Jahren, geht aber dann, bei vorsichtigem Abnehmen, beständig fort, so daß sich die abgeschälte Korkschicht nach etwa zehn Jahren regenerirt hat, während bei den vorgenannten beiden einheimischen Bäumen diese Bildung bald aufhört, daher am Stamm und den älteren Aesten sich die gewöhnliche Beschaffenheit der Rinde, wie bei anderen Laubholzbäumen, zeigt.

Auf der jüngern Rinde vieler Bäume finden sich sogenannte Rindenhöckerchen (*lenticellae*), kleine, in der Mitte vertiefte Wärtchen, aus bräunlicher, schwammiger Substanz gebildet. Es ist dieses eine partielle Korkbildung an einzelnen, oft regelmäßig vertheilten Stellen der Rinde, welche bei noch unverletzter Oberhaut beginnt, später aber diese durchbricht und als ein kleines Höckerchen sich über sie erhebt.

Wenn die äußere Zellschicht der Rinde eine bedeutende Dehnbarkeit besitzt, so daß sie noch bei beträchtlicher Dicke des Stamms als zusammen-

hängende Schichte auftritt, so heißt sie Leberfark oder Rindenhaut (periderma). Sie verleiht manchmal bis ins hohe Alter dem Stamme eine gleichförmige, glatte Oberfläche, wie das z. B. bei der Buche und dem Orangenbaum der Fall ist. Bei der Birke besteht sie aus einer großen Anzahl papierdünner Blätter, welche aus sehr flachen, tafelförmigen Zellen bestehen, und durch feine Schichten weißen, staubartig zerfallenden Zellgewebes von einander getrennt sind. Auf der innern Seite dieser Blätter der Birkenrinde sieht man die Lenticellen als sehr stark quer verlängerte braune Flecken, deren Gestalt zeigt, daß hier das zähe Periderm durch die allmähliche Verdickung des Holzkörpers sehr beträchtlich in die Quere ausgedehnt wird. Diese Dehnbarkeit des Periderms erreicht indessen ihre Grenze, daher am alten Stamme auch hier eine riesige Borke auftritt.

Die innere Zellschicht (s. Fig. 443 bei c) besteht aus rundlichen Zellen, welche häufig chlorophyllhaltig sind, wie z. B. an den Zweigen der Stryche, wo sie daher auch grüne Rindenschicht heißt. Sie hat, gleich der Rorkschicht, eine große Neigung, neue Zellschichten zu entwickeln, und wird durch diesen Vorgang, der aber auch manchmal in der noch tiefer liegenden Bastischicht seinen Sitz hat, die Ursache der sogenannten Borkenbildung. Borke (rhytidoma) nennen wir die rauhe, rissige Rindenmasse, wie sie sich an den meisten älteren Stämmen unserer einheimischen Bäume findet. Sie entsteht dadurch, daß die Rinde, wenn ihre Ausdehnung mit dem Anwachsen des Holzkörpers nicht mehr gleichen Schritt halten kann, durch unregelmäßige Längsspalten zerreißt, während zugleich an den Rändern der Spalten das Zellgewebe der innern Zellschicht durch schichtenweise Neubildung zunimmt, wodurch dann die Ränder der Spalten aufgeworfen und unregelmäßig wulstig verdickt erscheinen. Die äußeren Schichten der Borke vertrocknen und werden allmählich zerstört oder abgestoßen.

Bei manchen Bäumen lösen sich, zugleich mit dem Anwuchs der Borke von innen, die äußeren Schichten in der Gestalt von Schuppen mehr oder weniger vollständig ab; so geschieht es z. B. in geringerem Grade beim Apfelbaum, am ausgezeichnetsten aber sehen wir es bei der Platane, wo die Schuppen sich regelmäßig abblättern, und die Oberfläche des Stamms glatt zurückbleibt. Bei der Rebe werden alle reinzelligen Rindenschichten abgeworfen, daher hier die Hülle des Stamms von den bloßliegenden und häufig ebenfalls sich loslösenden Bastischichten gebildet wird.

178. Der Bast (liber) oder die secundäre Rinde ist seiner Hauptmasse nach aus den Basttheilen der sämtlichen Gefäßbündel gebildet, deren Zwischenräume mit Parenchym erfüllt sind, welches den äußersten Theil der in die Rinde eintretenden Markstrahlen darstellt. Seiner Entstehung nach gehört der Bast eigentlich nicht der Rinde an, doch wird er mit Recht als ein integrierender Theil derselben betrachtet, weil er sich immer

mit ihr als deren innerste Schicht vom Holzkörper ablöst. Der Grund davon liegt darin, daß der aus weichem, leicht zerreißbarem Gewebe bestehende Cambiumring zwischen dem Bast- und Holztheil der Gefäßbündel liegt, und deshalb hier die Trennung am leichtesten stattfindet.

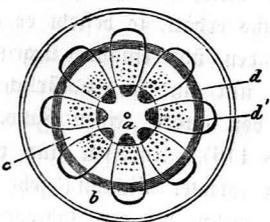
Da der Bast jedes Jahr von innen her durch eine neue, aus dem Verdickungsring sich anlegende Bastischicht Zuwachs erhält, so besteht er aus zahlreichen, mit dem Alter des Stamms zunehmenden, über einander liegenden Schichten oder Jahresringen, gleich dem Holz, nur sind hier natürlich die innersten die jüngsten, beim Holzkörper, der von außen seinen Zuwachs erhält, aber die äußersten (vgl. Fig. 445 und 446). Indessen sind diese Schichten meist außerordentlich schmal, d. h. in radialer Richtung sehr zusammengedrückt, daher die Zahl der Bastringe, welche der der Jahresringe des Holzes gleich sein muß, in der Regel nicht mehr direct zählbar ist. Auf dieser dünnblättrigen Structur beruht auch die technische Anwendung mancher Bastarten, wie z. B. desjenigen vom Papiermaulbeerbaum (*Broussonetia papyrifera*), der seit ältester Zeit in China als Schreib- und Zeichenpapier dient.

Die aus zähen, dickwandigen, oft sehr gestreckten Prosenchymzellen bestehenden, plattgedrückten Faserbündel des Bastes sind häufig in ihrem Längsverlauf durch den Stamm nicht gerade gestreckt, sondern geschlängelt oder regelmäßig hin- und hergebogen, was sich namentlich durch die seitliche Ausdehnung erklärt, welche die Rinde durch den sich verdickenden Holzkörper erleidet. Dadurch entstehen zwischen ihnen mehr oder weniger gestreckte Spalten oder Lücken, die von dem Ende der aus dem Holz kommenden Markstrahlen ausgefüllt werden, und daher würfeliges Parenchym enthalten. Bleibt dieses, die Zwischenräume der geschlängelten Bastbündel erfüllende Parenchym beim Abziehen der Bastbündel zurück oder wird es durch Maceration zerstört, so bildet der Bast ein oft äußerst zierliches, aus länglichen Maschen gebildetes, netzartiges Gewebe.

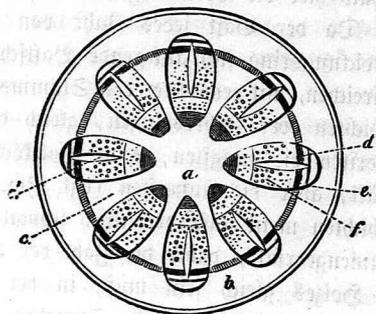
179. Betrachten wir den Durchschnitt eines einjährigen Stengeltheils einer dicotyledonischen Holzpflanze im Vergleich zu Durchschnitten aus späteren Lebensperioden, so zeigt sich die eigenthümliche Structur des erwachsenen Holzstamms als nothwendige Folge der Anordnungsweise der Gefäßbündel und der Art und Weise des Wachstums oder der Ablagerung der neugebildeten Substanz. Es liegt nämlich hier die Region der Neubildungen, welche Cambium- oder Verdickungsring genannt wird, so, daß sie mit dem Cambiumtheil der einzelnen, in einem Kreis stehenden Gefäßbündel zusammenfällt (s. Fig. 444 und 445 bei d). In Folge davon legt sich an den vorhandenen Basttheil des Gefäßbündels von innen eine neue Bastischicht, an den Holztheil aber von außen her eine neue Holzschicht an, während die in die Lücken des Gefäßbündelkreises fallende Parthie des Cam-

biums sich in Markstrahlengewebe umwandelt. Derselbe Vorgang wiederholt sich dann in der nächsten Wachstumsperiode an dem neu entstandenen

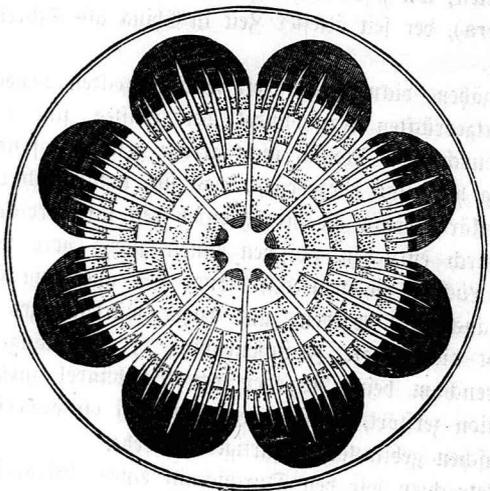
444.



445.



446.



Cambiumring u. s. f. und wir schreiben aus diesem Grunde den Dicotyledonen ungeschlossene Gefäßbündel zu. Da hiernach die innern Schichten

- Fig. 444. Idealer Querschnitt eines einjährigen Triebes von einem dicotyledonischen Holzstamm. a. Mark. b. Rinde. c. Markstrahlen. d. Cambiumring. d'. der dem Gefäßbündel zugehörige Theil desselben.
- Fig. 445. Ein zweijähriger Trieb desselben Stammes. a—d. wie in der vorigen Figur. e. ein kleiner oder secundärer Markstrahl. e. Bastschichten. f. Holzringe, der innerste, schattirte Theil des Gefäßbündelkreises stellt die Markscheide vor.
- Fig. 446. Schematische Darstellung des Querschnitts eines fünfjährigen Triebes. Die Bastschichten der Rinde sind durch dunkle Schattirung bezeichnet, das übrige erklärt sich aus den vorigen Figuren.

des Holzstamms der Dicotyledonen die älteren sind, so erklärt sich leicht, warum ihr Holz nach innen zu an Festigkeit zunimmt.

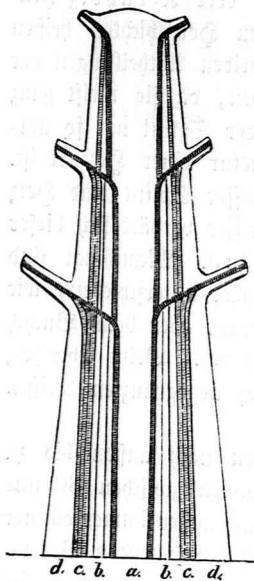
Der Holzkörper der Dicotyledonen besteht aus einer den Altersjahren des Stamms oder Stammtheils entsprechenden Anzahl von concentrischen Schichten, den Holz- oder Jahresringen. Die inneren, stärker erhärteten und fast ganz saftleeren bilden das sogenannte reife oder Kernholz (duramen); die äußeren, noch weichen und saftreichen Holzschichten heißen Splint (alburnum). Indessen läßt sich zwischen beiden Abtheilungen der Holzmasse in der Regel keine bestimmte Grenze ziehen, da sie meist ganz allmählig in einander übergehen; im Allgemeinen ist der Splint um so umfangreicher, je weicher und weniger dicht die Structur einer Holzart ist. Bei der Eiche sind in Stämmen von 6" Durchmesser Splint und Holz etwa von gleicher Ausdehnung, bei 1' Stammdurchmesser verhält sich dieser zu jenem wie 2:7 und bei 2' Durchmesser wie 1:9. Manchmal sind Splint und reifes Holz durch die Farbe von einander unterschieden, wie z. B. schon bei der Ulme und Fichte, noch auffallender aber beim Buchs, der braunröthliches Kernholz und gelbweißen Splint hat. Beim Ebenholz ist sogar das dunkel schwarzbraune Holz von scharf abgegränzten weißen Splintlagen umgeben.

Gewöhnlich nehmen die Jahresringe von innen nach außen bis zu einer gewissen Gränze, welche bei unseren Waldbäumen zwischen 30 und 40 Jahre fällt, an Dicke zu. Daß sie von da ab nach außen immer dünner oder schmaler werden, erklärt sich aus der im Alter abnehmenden Vegetationskraft. Häufig sind die Jahresringe excentrisch, nämlich nach einer Seite hin breiter. Der Grund dieses einseitigen stärkeren Zuwachsens läßt sich in der Regel darin nachweisen, daß hier in Folge äußerer Verhältnisse eine stärkere Ernährung oder ein ungehemmteres Wachstum stattgefunden hat, so z. B. bei einem am Waldrand stehenden Baum nach außen hin, weil sich eben hier Wurzeln und Aeste freier ausbreiten können.

Die Bildung der Jahresringe oder vielmehr die Möglichkeit ihrer Erkennung und Unterscheidung beruht darauf, daß in jedem einzelnen Ring das Gewebe nach innen zu lockerer ist, indem es aus großen und weiten Elementarorganen zusammengesetzt ist; nach dem Umfang zu ist dagegen die Holzmasse des Jahresrings dichter, weil es aus kleineren, dichter gebrängten Elementarorganen besteht. Durch diese Verschiedenheit des Gefüges ist die Gränze zwischen dem jüngsten Theil des ältern und dem ältesten Theil des jüngern Jahresrings in der Regel scharf ausgesprochen. Diese Eigenthümlichkeit hat offenbar ihren Grund in dem periodischen Nachlaß des Wachstums, wie er durch unser Klima bedingt wird. Daher zeigen auch manche dicotyledonische Bäume der Tropenländer, wo die Vegetationsthätigkeit das ganze Jahr hindurch fast gleichmäßig vor sich geht, eine gleichförmigere

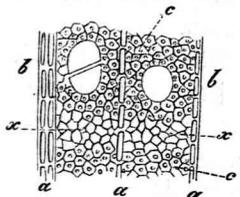
Structur des Holzes. Indessen kann auch hier, in Folge der periodischen Unterbrechung des Wachsthum, welche aus Grund der Abwechslung von nassen und trockenen Jahreszeiten eintritt, die Bildung von deutlich unterscheidbaren Holzringen stattfinden.

447.



öfter, wie z. B. bei der Eiche, mit bloßem Auge sichtbaren Oeffnungen

448.



Der innerste Theil des Holzkörpers enthält stets eigentliche oder abrollbare

Fig. 447. Idealer Längsschnitt eines dreijährigen Holzstammes. a. das Mark, zunächst von der (dunkelschattirten) Markscheide umgeben; b b die Holzringe; c c die Bastringe der Rinde; d d die zellige Rinde.

Fig. 448. Querschnitt aus dem Holz der Ulme; a a a Markstrahlen; b b Gefäßöffnungen; c c Holzprosenchym mit verdickten Wandungen; x x Holzparenchym.

Die volle Zahl der Jahresringe findet sich nur an dem Hauptstamm, während an den Aesten und Zweigen im Verhältniß ihrer spätern Entstehung auch weniger Holz- und Bastschichten abgelagert sein werden, wie aus der nebenstehenden schematischen Abbildung (s. Fig. 447) ersichtlich ist. So nimmt also an den Verzweigungen des Holzstammes die Zahl der Jahresringe von unten nach oben, oder beziehungsweise von innen nach außen, stufenweise bis zu den einjährigen, mit einfachem Gefäßbündelkreis versehenen und noch krautartigen Trieben ab.

Der Holztheil des Gefäßbündels, welcher bei den Dicotyledonen den Basttheil an Masse weit übertrifft (s. Fig. 443 bei B.) besteht aus dickwandigen, auf den Wandungen häufig mit einfachen Tüpfeln versehenen, prosenchymatischen Holzzellen, zwischen welchen einzelne punktirte oder Treppengefäße (ebendasselbst bei g. g.) eingestreut sind, die man auf dem Durchschnitt sogleich an ihren weiten, in vielen Fällen noch sogenannten Holzparenchym (s. Fig. 448) vor, dessen mit schwachverdickten Wandungen versehene Zellen senkrecht gereiht sind und mit wagrechten Querscheidewänden an einander stoßen. Dieses Holzparenchym, sowie die Zellen der Markstrahlen enthalten im Winter Stärkemehl, welches im Frühjahr bei wiederbeginndem Wachsthum aufgelöst wird und wieder verschwindet.

Spiralgefäße und wird, weil er das Mark zunächst umgibt, Markscheide genannt (s. Fig. 443 bei g', vgl. auch Fig. 444—447). In der Regel ist die von der Markscheide umschlossene Markhöhle oder Röhre cylindrisch, öfter aber auch prismatisch gestaltet und z. B., je nach der Zahl der Gefäßbündel, welche den ersten Kreis oder Jahresring zusammensetzen, dreieckig bei der Birke, viereckig bei der Fichte, fünfeckig bei der Eiche u. s. w.

180. Bei den Nadelhölzern besteht, wie schon früher erwähnt wurde, mit Ausnahme der auch hier in der Markscheide vorhandenen abrollbaren Spiralgefäße, oder vielmehr gestreckten Spiralfaserzellen (vgl. oben S. 161 Anm.), das ganze Holz nur aus den eigenthümlichen getüpfelten Prosenchymzellen, woran man das Nadelholz auch im kleinsten Fragment und selbst noch im fossilen Zustand stets mit Bestimmtheit erkennen kann. Auf dem Durchschnitt sind die Holzzellen der Coniferen viereckig, ihre Wandungen sind in der Regel nur schwach verdickt (s. Fig. 449). Die Markstrahlen sind wegen des parallelen Verlaufs der Gefäßbündel sehr schmal. Charakteristisch für das Nadelholz, wenigstens im Vergleich zu unseren einheimischen Laubhölzern, sind ferner die Harzgänge. Es sind dieses erweiterte Interzellularräume, deren Wandungen mit den das Harz absondernden Zellen, die sich später auflösen, ausgekleidet sind. Am häufigsten kommen sie als kreisförmig gestellte Harzkanäle in der grünen Rinde vor, seltener als zerstreute Harzlücken. Endlich finden sich durch das Holz zerstreut senkrechte Harzkanäle (s. Fig. 449 bei c und Fig. 450), welche u. A. in der Kiefer, besonders in der Splint, sehr reichlich vorhanden sind, während sie der Weisstanne fehlen. Abgesehen von diesen vorgenannten Eigenthümlichkeiten seiner Gewebtheile stimmt der Holzstamm der Coniferen in allen Hauptzügen seiner Structur mit dem der übrigen dicotyledonischen Holzgewächse durchaus überein.

181. Der Holzkörper der Dicotyledonen stellt im Ganzen einen geschlossenen Cylinder dar, welcher aus einer Anzahl keilförmiger Parthieen, entsprechend der Zahl der Glieder des primitiven Gefäßbündelkreises, zusammengesetzt ist (s. Fig. 446). Das zwischen den einzelnen Gefäßbündeln, und später zwischen den keilförmigen Holzparthieen gelegene Parenchym bildet

449.

450.

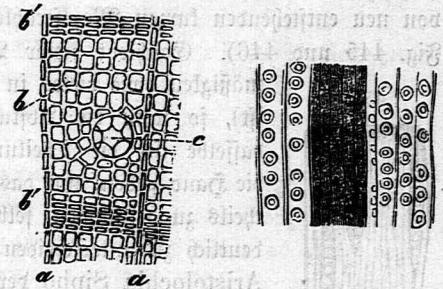
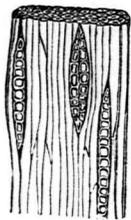


Fig. 449. Querschnitt aus Nadelholz; a a zwei Markstrahlen; b b Holzprosenchymgewebe, bei b' b' das feinzellige Herbstholz; c ein Harzgang.

Fig. 450. Harzgang aus einem Nadelholz im Längsschnitt.

die Markstrahlen (radii medullares s. Fig. 443 bei x und Fig. 444 und 445 bei c). Sie bestehen aus in horizontalen Reihen angeordnetem sogenanntem mauerförmigem Zellgewebe. Im reifen Holz ist das Gewebe der Markstrahlen öfter in der Weise verändert, daß sie sich durch Härte und Glanz auszeichnen, weshalb sie dann Spiegelfasern genannt werden, wie z. B. beim Eichenholz, wo sie wegen ihrer hellern Farbe und wegen ihres Glanzes sehr deutlich hervortreten. Man unterscheidet primäre oder vollständige Markstrahlen, welche vom Mark bis zur Rinde verlaufen, und kurze oder secundäre, die, in einer der äußeren Schichten des Holzkörpers entspringend, in der Rinde endigen. Nach dem Umfang des Holzkörpers zu werden die kurzen Markstrahlen häufiger, indem sie zugleich stufenweise, oft mit auffallender Regelmäßigkeit, an Länge abnehmen. Der Grund hiervon liegt darin, daß die im äußern Umfang je eines Gefäßbündels entstehende Holzmasse häufig zunächst in zwei, dann in 4 Parthieen u. s. f. sich anlegt, wobei die Zwischenräume zwischen den einzelnen Parthieen oder Spaltungen der Gefäßbündelmasse von Zellgewebe und somit von neu entstehenden kurzen Markstrahlen ausgefüllt werden (vergl. hierzu Fig. 445 und 446). Geschieht dieser Vorgang mit einer gewissen Regelmäßigkeit (wie dieses in den angeführten Figuren dargestellt ist), so kann die Abstufung der Markstrahlen oder, was dasselbe ist, die Theilung der Gefäßbündel ein Mittel an die Hand geben, um das Alter eines Stamms oder Stammtheils zu bestimmen, selbst dann, wenn die Jahresringe nicht deutlich zu unterscheiden sind, wie das z. B. beim Holz von *Aristolochia Siphon* der Fall ist.

451.



Auf einem Verticalschnitt erscheinen die Markstrahlen bald als sehr hohe verticale Platten, bald von geringer Höhe, d. h. aus nur wenigen über einander liegenden Zellreihen gebildet; ebenso sind sie in tangentialer Richtung bald breit, wo dann die Gefäßbündel einen geschlängelten Verlauf zeigen, bald schmal und häufig nur aus einzelnen Zellreihen bestehend (s. Fig. 451).

In jüngeren Stammtheilen sind, ebenso wie im Krautstengel, die Markstrahlen weite, mit grünem, saftreichem, lebhaft vegetirendem Zellgewebe erfüllte Communicationen zwischen dem Mark- und Rindenparenchym (vgl. Fig. 439 und 444). Sie sind von großer Bedeutung für das Entstehen der Blätter an der Achse, so wie für die Erzeugung secundärer Achsen durch seitenständige Knospen. Wir finden nämlich stets die Knospen an den Stellen, wo ein Markstrahl zwischen den aus einander weichen Gefäßbündeln des Holzrings hervortritt, während das Blatt, in dessen Achsel die

Fig 451. Verticalschnitt durch das Holz eines Ahorns, parallel mit der Rinde geführt; einige kleine Markstrahlen sind von dem Schnitt getroffen.

Knospe sich bildet, Gefäße erhält, die am untern Rande der Markstrahlenpalte sich ablösen und nach außen treten. Auch später, in dem ältern und beträchtlich verdickten Holzkörper, dienen die Markstrahlen offenbar zur Erhaltung der Communication zwischen dem äußern und innern Theil der Pflanze und insbesondere zur Leitung der Säfte von dem Mark zu den äußeren Schichten des Stamms. Wenn aber das Mark vertrocknet und erhärtet, dann verholzen sie ebenfalls, und erfüllen sich häufig mit absonderten festen Substanzen. Ganz fehlen sie nur bei sehr wenigen Pflanzen, nämlich bei denen, wo die Gefäßbündel einen einzigen Strang ohne Markröhre in der Mitte des Stengels bilden, wie z. B. beim Bärlapp (*Lycopodium*).

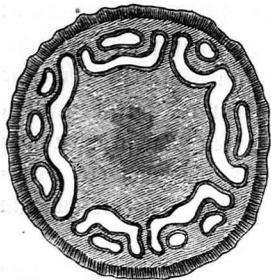
182. Das Mark (s. Fig. 443 bei C) besteht aus verhältnißmäßig großen, kugeligen oder würfeligen, in der Jugendperiode der Theile stets saftreichen und dann meist auch chlorophyllhaltigen Zellen. Es nimmt in jungen Trieben, wie im Krautstengel, einen verhältnißmäßig sehr beträchtlichen Umfang ein, und spielt dann in dem Vegetationsproceß eine sehr wichtige Rolle, indem sein Parenchym der eigentliche Sitz des fortschreitenden Wachstums ist, sowohl des seitlichen, durch die von den Markstrahlen ausgehende Bildung der Seitenknospen (s. den vor. §.), als auch des terminalen, indem sich an seiner Spitze in der Endknospe das Längenwachsthum der Achse fortsetzt.

Später, wenn der Theil mit zunehmendem Alter mehr und mehr verholzt, nimmt die Thätigkeit des Marks ab; es vertrocknet oder verändert sich sonst in verschiedener Weise, nicht selten verschwindet es ganz oder theilweise. Da mit zunehmendem Alter, sobald einmal die umgebenden Gefäßbündelkreise verholzt sind, eine Vergrößerung und Ausdehnung der Markröhre nicht mehr möglich ist, so hat es später im Verhältniß zu dem stets anwachsenden Holzkörper einen um so geringern Umfang, je älter der betreffende Stamm oder Stammtheil ist. Bei unseren meisten Waldbäumen wird das Mark im Alter ganz unkenntlich, indem sein Zellgewebe gleich dem der Markstrahlen vollkommen verholzt. Beim Hollunder beruht die schwammige Beschaffenheit des Marks darauf, daß seine sehr weiten, dünnwandigen Zellen mit Luft erfüllt sind. Manchmal bilden sich durch theilweises Verschwinden des Marks regelmäßige Höhlungen, wie z. B. beim Wallnußbaum, dessen jüngere Zweige eine durch Querscheidewände abgetheilte Markhöhle zeigen. Verschwindet das Mark größtentheils oder ganz, so bleibt nur die leere, d. h. mit Luft erfüllte Markhöhle zurück, und der Stengel ist im Innern hohl, wie z. B. bei den größeren Umbelliferen.

183. Unter den Kryptogamen kommt die Form des Holzstamms beim Stock der baumartigen Farnkräuter vor. Hier bilden die Gefäßbündel (wie auch im Rhizom unserer einheimischen Farne) einen Kreis, und demnach

die Holzmasse des Stengels einen hohlen Cylinder, welcher keine Jahresringe zeigt, da er aus sprossenden Gefäßbündeln besteht und daher nur an seiner Spitze weiter wächst. Seitlich ist derselbe von großen, regelmäßig angeordneten Spalten durchbrochen, durch welche das Zellgewebe des sehr umfangreichen Markes, welches im höheren Alter öfter dicht mit Stärkemehl erfüllt ist, nach außen zur zelligen Rinde tritt. Die Anordnung der Blätter entspricht genau der Stellung dieser Spalten, indem die zu ihnen gehenden Gefäßbündel sich an ihrem untern Rande vom Holzcylinder lösen, und, in einen oben offenen Kreis oder Halbkreis geordnet, in den Blattstiel treten, wie man das auf den die Oberfläche des Farnstamms bedeckenden großen Blattnarben deutlich sehen kann.

452.



Die Gefäßbündel der Farne (s. nebensteh. Fig. 452) haben einen sehr beträchtlichen Umfang und meist auf dem Durchschnitt eine halbmondförmige oder mehrfach gebogene Gestalt. Am meisten sind sie aber dadurch ausgezeichnet, daß sie von einer Hülle schwarzbraunen Zellgewebes, dessen Färbung in der Zellwandung selbst ihren Sitz hat, rings umgeben sind. Ihrer Entstehung nach gehört diese dunkle Zellhülle nicht dem Gefäßbündel selbst, sondern vielmehr dem umgebenden Parenchym des Stammes an.

In manchen Fällen treten auch scheinbare Jahresringe bei einjährigen Pflanzen auf, entweder, wie in der Wurzel der Dickrube (Beta), durch Gefäßbündel-Abzweigungen in radialer Richtung, welche die äußeren, aus zahlreicheren Bündeln bestehenden Ringe bilden, oder bei der Nesseln (Urtica), durch Verholzen von abwechselnden Schichten des Markstrahlengewebes.

#### 4. Kapitel. Vom anatomischen Bau der Blattgebilde.

184. Die Blätter erscheinen in den meisten Fällen als flächenartige Ausbreitungen, welche in bestimmter Anordnung am Umfang des Stengels vertheilt sind. An den Ansatzen der Blätter tritt eine bald größere, bald geringere Anzahl von Gefäßbündeln, die sich von den nach der Längsachse des Stammes verlaufenden abzweigen, seitlich aus dem Stamme hervor. Nicht selten, besonders wenn mehrere Blätter auf gleicher Höhe entspringen oder wenn die Blattbasis den ganzen Stengelumfang einnimmt (wie z. B. bei den Gräsern), bilden die zum Blatt abgehenden Gefäße,

Fig. 452. Durchschnitt eines baumartigen Farnstamms.

indem sie quer durch den Stengel verlaufen, um nach außen zu treten, eine Art Abtheilung oder Gliederung, die, wenn sie äußerlich sichtbar erscheint, Knoten (nodus) genannt wird. Die nach dem Abfallen des Blattes zurückbleibende, deutlich begränzte Ansatzstelle desselben heißt Blattnarbe (cicatrix); man sieht auf ihr den Durchschnitt der zum Blatt gehenden Gefäßbündel oft sehr deutlich, wie z. B. bei den Farnkräutern, wo sie, wie auch bei der Mehrzahl der Dicotyledonen, in einem nach oben geöffneten Kreis stehen.

Wenn die Gefäßbündel des Blattes nach ihrem Austritt aus dem Stengel noch eine Strecke weit vereinigt bleiben, bevor sie nach den Seiten hin auseinander treten, so ist das Blatt gestielt; der Blattstiel ist also nur der untere zusammengezogene Theil des Blattes und läßt dieses in der Regel schon durch seine dreiseitige Gestalt mit nach oben gerichteter breiter Fläche erkennen. Die Blattfläche oder Blattbreite selbst und ebenso die kleineren Flächen der Nebenblätter, wo solche vorhanden sind, werden dadurch gebildet, daß die Gefäßbündel in bestimmter Folge und Anordnung seitlich auseinander treten, oder, wie man gewöhnlich sagt: sich verzweigen, häufig treten sie auch wieder an ihren Endigungen zusammen oder anastomosiren, wodurch ein Gefäßnetz entsteht, das gewissermaßen das Blattgerippe oder Skelett bildet, und dessen Zwischenräume sich dann mehr oder weniger vollständig mit parenchymatischem Zellgewebe füllen. Noch ist zu bemerken, daß in der Regel der untere Theil der Gefäßbündel im Blatt vorwiegend aus Bastzellen, der obere aber aus abrollbaren Spiralgefäßen besteht.

184. Die beiden Flächen des Blattes sind von der Oberhaut überzogen, der Zwischenraum darunter aber ist mit grünem, chlorophyllhaltigem Parenchym, Mesophyll genannt, ausgefüllt. Je nach der Beschaffenheit der Epidermis erscheint die Oberfläche des Blattes bald glatt, bald rauh, warzig, haarig u. s. w. Wenn die Oberhaut verdickt ist, wie bei den leberartigen Blättern die dann gewöhnlich auch längere Zeit dauernd oder immergrün sind, so hat dieses seinen Grund in der Regel nur in der Verdickung der äußeren Wandung der Oberhautzellen (vgl. oben Fig. 428 u. Fig. 433). Die verschiedenen Anhangsbildungen der Oberhaut, namentlich die Haarbedeckung, sind meistens auf der unteren Blattfläche stärker und dichter, oder sie sind nur dort vorhanden, und fehlen auf der obern Blattfläche ganz; manchmal beschränkt sich die Behaarung auch auf die Ader- und Nerven der Unterseite, oder sie findet sich nur in den Winkeln der hauptsächlichsten Blattnerven vor, wie z. B. bei der Sommerlinde (Tilia parvifolia). Bei den meisten lippenblüthigen Pflanzen sind die das wohlriechende ätherische Del enthaltenden kugligen Zellbrüsen vorzugsweise zwischen den sternförmigen Haaren der unteren Blattfläche zerstreut (s. Fig. 454). Unter unseren Waldbäumen

haben die Erle und die Birke Drüsen auf der Blattfläche. Bei den Monocotyledonen ist in der Regel die untere Blattfläche weniger auffallend von der obern verschieden, als bei den Dicotyledonen; ganz gleich in ihrem Bau sind beide bei den vertical stehenden Blättern, z. B. bei denen der Schwertlilie (Iris).

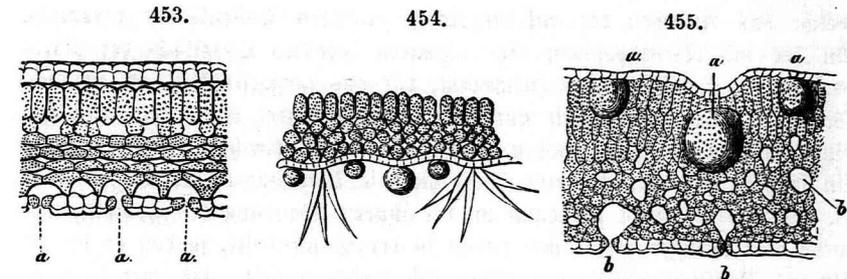
Die Spaltöffnungen der Oberhaut, deren Bau oben (s. S. 169) beschrieben wurde, finden sich in der Regel auf der obern Blattfläche sparsamer als auf der untern; bei unsern einheimischen Bäumen, mit Ausnahme der Pappeln, fehlen sie der obern Blattseite gänzlich. Sie sind meist in sehr großer Anzahl vorhanden; so hat durchschnittlich auf je einen Quadratzoll Oberfläche

	auf der obern Seite	auf der untern Seite	
das Blatt von <i>Alisma</i>	12,000	6,000	Spaltöffnungen.
„ „ „ <i>Plantago</i>	2,000	2,000	„
„ „ „ <i>Tradescantia</i>	2,000	2,000	„
„ „ „ <i>Agave americana</i>	0	1,560	„
„ „ „ <i>Iris germanica</i>	11,750	11,750	„
„ „ „ <i>Rheum palmatum</i>	1,000	40,000	„
„ „ „ <i>Brassica Rapa</i>	21,546	41,964	„
„ „ „ <i>Nymphaea</i>	26,592	0	„
„ „ „ <i>Daphne Mezereum</i>	0	4,000	„
„ „ „ <i>Sambucus nigra</i>	0	63,000	„
„ „ „ <i>Pyrus communis</i>	0	24,000	„
„ „ „ <i>Prunus Laurocerasus</i>	0	90,000	„

Blätter, die auf der Oberfläche des Wassers schwimmen, haben, wie das vorstehende Beispiel von *Nymphaea* zeigt, nur auf der der Luft ausgesetzten obern Fläche Spaltöffnungen; an ganz untergetauchten Pflanzentheilen fehlen sie in der Regel durchaus, was deutlich auf ihre Function als Vermittler der Luftathmung hinweist.

185. Das grüne Parenchym des Blattes, Mesophyll genannt, welches zwischen den zwei Oberhautschichten eingeschlossen ist und so die Zwischenräume zwischen den Gefäßbündeln der Blattnerven ausfüllt, zerfällt fast durchgehends in zwei deutlich unterschiedene Schichten (s. Fig. 453 u. 455). Die obere derselben besteht aus Zellen, die in der auf die Blattfläche senkrechten Richtung etwas verlängert sind, und dichtgedrängt neben einander stehen; sie sind nur sparsam von Luftlücken unterbrochen (s. Fig. 455), nämlich nur unmittelbar unter den Spaltöffnungen, die aber hier auf der obern Blattseite, wie vorstehend angeführt, öfter ganz fehlen. Die unteren Schichten des Blattparenchyms dagegen bestehen aus schwammigem, von zahlreichen, unter einander vielfach communicirenden Luftlücken unterbrochenem Zellgewebe. Dasselbe zeigt unmittelbar unter den Spaltöffnungen größere rundliche Lufträume (s. Fig. 455 bei b), welche *Athemhöhlen* (*cavitates respiratoriae*) genannt werden, und deren Entwicklung durch Auseinander-

weichen der Zellen zugleich mit der Ausbildung der Spaltöffnungen erfolgt (vgl. ob. Fig. 429, 430 u. 431). Sie communiciren durch den geöffneten Porus der Spaltöffnungen mit der äußern Luft. Durch diesen Bau sind die Laubblätter geeignet, als Respirationsorgane der Pflanze zu dienen,



indem die durch die Spaltöffnungen eingetretene Luft in das zwischen dem Parenchym mehr oder weniger verbreitete System von Luftgängen gelangt, wo dann die Wechselwirkung ihrer Bestandtheile und der in ihr enthaltenen Gase mit dem Zellsaft vor sich gehen kann. Man erkennt das Vorhandensein der lufthaltigen Räume zwischen dem grünen Zellgewebe der untern Blattseite auch schon äußerlich mit bloßem Auge an ihrer optischen Wirkung, indem durch dieselben das Grün der untern Blattfläche in der Regel weniger intensiv, mehr weißlich, erscheint.

186. Die übrigen, mehr oder weniger umgewandelten Blattgebilde der Pflanze, namentlich die Blütenorgane, stimmen in den wesentlichen Punkten ihres anatomischen Baues mit den Laubblättern überein. Ganz ähnlich den Laubblättern verhalten sich Kelch- und Fruchtblätter, welche in der Regel, gleich jenen, von grüner, krautartiger Beschaffenheit sind. In solchen Fällen finden sich auf ihrer Oberfläche, wie auch auf der aller grünen, krautartigen Stengeltheile, mehr oder weniger zahlreiche Spaltöffnungen vor. Die innere Höhlung des Fruchtknotens und seiner Fächer ist nicht mit einer Oberhaut von gewöhnlicher Beschaffenheit, sondern mit safthaltigem Epithelium bekleidet.

Die Oberfläche der Narbe, zur Aufnahme des befruchtenden Blütenstaubes bestimmt, ist ebenfalls mit einem Epithelium überzogen, dessen Zellen entweder warzenartig vorspringen, wo dann die Narbenfläche warzig oder

Fig. 453. Verticaler Durchschnitt des Blattes einer monocotyledonischen Pflanze.

Fig. 454. Ein Stückchen der Oberhaut von der untern Blattfläche einer stüppblüthigen Pflanze, nebst dem anliegenden Parenchym. Man bemerkt auf ihrer Unterfläche zwischen den sternförmigen Haaren einige Drüsen.

Fig. 455. Durchschnitt des Drangensblattes. a a Drüsen in der obern Parenchymschicht. b Luftlücken in der untern Parenchymschicht.

papillös genannt wird, oder sich in sogenannte Narbenaare (pili stigmatiei) verlängern. Durch diese Eigenthümlichkeit unterscheidet sich die eigentliche Narbe immer leicht von jedem Theil des Griffels, indem ein solcher stets mit Epidermis überzogen ist. Diese Zellen der Narbenfläche sondern eine klebrige Substanz: die Narbenfeuchtigkeit (latex) ab, welche das Ankleben der auf die Narbe fallenden Pollenkörner veranlaßt. An der mit Narbenpapillen oder -Haaren bedeckten Oberfläche der Narbe beginnt ein eigenthümliches Zellgewebe, das aus langgestreckten, oft schlauchförmigen Zellen besteht, die nur locker unter einander verbunden sind, und einen schleimigen Inhalt haben. Es erstreckt sich durch den Griffel, wenn ein solcher vorhanden ist, und bildet hier die Wandungen des Griffelkanals (s. ob. S. 109), zieht sich dann an der innern Wandung des Fruchtknotens mehr oder weniger herab, und endigt in der Samenleiste, so daß es überall bis zur Befestigungsstelle der Eichen sich verfolgen läßt. Es wird Leitendes Zellgewebe genannt, weil, wie wir später sehen werden, bei der Befruchtung die Pollenschläuche durch dasselbe von der Narbe bis zum Keimmund des Eichens gelangen.

Das Eichen (vgl. auch unten Kap. 7) selbst besteht nur aus parenchymatischem Zellgewebe, und ist von einer Epitheliumhülle umgeben; es enthält niemals Gefäße. Gewöhnlich aber verläuft ein Gefäßbündel durch den Nabelstrang und durch die Naht (raphe), wo eine solche vorhanden ist; derselbe endigt immer im Knospengrund (der eben hierdurch sich kenntlich macht), entweder als eine kolbige Anschwellung oder als eine platte oder becherförmige Ausbreitung von Spiralgefäßen.

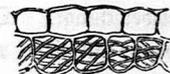
187. Die Blumenblätter zeigen manche, mit ihrem zarteren Bau und ihrer mannichfachen Färbung zusammenhängende anatomische Eigenthümlichkeiten, die übrigens auch den blumenartig gefärbten Perigon- und Kelchblättern zukommen. Ihre Oberfläche ist ebenfalls von Epithelium überzogen, dessen Zellen häufig papillös vorspringen, wodurch dann die Oberfläche dem bloßen Auge sammetartig und tiefgefärbt erscheint. Als Grund der Färbung der Blumenblätter erkennt man bei den blauen, violetten und karminrothen einen gefärbten Zellsaft, bei den gelben und gelbrothen dagegen eine, gleich dem Chlorophyll, in Körnern oder Bläschen abgesonderten Farbsubstanz; die weißen bestehen aus lufthaltigen Zellen.

Die Nerven oder Adern der Blumenblätter bestehen aus eigentlichen oder abrollbaren Spiralgefäßen oder Spiralfaserzellen, die im Grunde derselben bündelweise vereinigt sind, und, indem sie auseinander treten, bis sie zuletzt einzeln für sich verlaufen, die Verzweigungen der Nerven bilden.

188. Die Staubgefäße sind die am meisten umgewandelten Blattgebilde der Blüthe; sie zeigen sich aber ebenfalls noch in ihrem Bau wesentlich nach dem Typus des Blattes gebildet. Die Mitte des Staubfadens und

des Connectivs nimmt ein Gefäßstrang ein, welcher der Mittelrippe des Blattes entspricht. Die Seitenflächen sind am Staubfaden, wie am Blattstiel, in der Regel nur wenig entwickelt; treten sie stärker ausgebildet auf, so entsteht dadurch das blattartige Filament. An der Anthere entsprechen die beiden Antherenfächer den Blatthälften. Das Wesentliche ihrer Bildung besteht darin, daß das innere Parenchym eine eigenthümliche, im nächsten Paragraphen näher zu betrachtende Ausbildung und Umwandlung erleidet, wodurch es zum Blütenstaub oder Pollen wird. Besonders bemerkenswerth ist die Bildung der Wandung der Antherenfächer, indem unter der die Oberhaut darstellenden Zellschicht (exothecium) stets eine aus sogenannten Faserzellen bestehende innere Zelllage (endothecium) vorhanden ist

456.

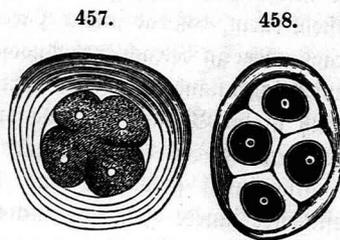


(s. Fig. 456). Die Zellwände dieser inneren Schicht erhalten durch die in ihnen enthaltenen, aus sehr hykroskopischer Verdickungssubstanz bestehenden Spiralfasern eine gewisse Elasticität, wodurch eine mechanische Spannung in der Wandung des ausgebildeten Antherenfachs hervorgerufen wird. Da nun die Faserzellenschicht des Endotheciums an bestimmten Stellen, nämlich in der Regel in einem beiderseits gelegenen Längsstreifen, den man die Naht nennt, schwächer ist, oder ganz fehlt, so wird die Anthere in Folge ihres Baues bei der Reife sich in bestimmter Weise, und zwar in der Mehrzahl der Fälle durch zwei nach dem Innern der Blüthe gerichtete Längspalten öffnen. Das Aufspringen geschieht häufig mit einer gewissen Schnellkraft, wodurch das Verstäuben des Pollens befördert wird. Die Elasticität des Endotheciums, durch welche die Deffnung geschieht, kann man häufig auch nach dem Verstäuben noch daran erkennen, daß sich die Ränder der Spalte stark zurück krümmen; auch erklärt sich daraus die nach dem Deffnen oft ganz abweichende Gestalt der Staubbeutel.

189. Das Innere des Antherenfachs besteht in frühesten Jugend aus einem gleichförmigen, maschigen Zellgewebe. Sehr bald, zu einer Zeit, wo die Blütenknospe noch ganz klein und unentwickelt erscheint, beginnen in den mittleren Zellreihen, welche die Stelle der künftigen Höhlungen der Antherenfächer einnehmen, eigenthümliche Umwandlungen. In der Regel bilden sich in jeder Antherenhälfte anfangs zwei Massen umgewandeltes Zellgewebe, die dann entweder unter einander verschmelzen, oder aber getrennt bleiben, indem eine Schichte unveränderten Zellgewebes sich als Scheidewand zwischen ihnen erhält, wodurch die sogenannte vierfächerige Anthere entsteht. Die Umwandlungen in den die Achse der künftigen Antherenfächer einnehmenden Zellsträngen beginnen damit, daß die Zellen derselben einen trüb-

Fig. 456. Durchschnitt der Wandung eines reifen Staubbeutels; das Exothecium besteht aus einer Schicht dünnwandiger Epidermoidzellen, das Endothecium aus einer einfachen Lage von Faserzellen.

schleimigen Inhalt bekommen, in welchem erst je zwei, dann je vier Zellkerne auftreten (s. Fig. 457). Um jeden dieser Zellkerne bildet sich dann eine Zelle, die sogenannte Specialmutterzelle und in dieser die Pollenzelle, die Grundlage des künftigen Pollenkorns. Die durch schichtenweise Anlagerung sehr verdickten Wandungen sämtlicher Mutterzellen lösen sich später in eine schleimige Substanz auf, welche sich dann auf der Außenseite der so frei gewordenen Pollenzellen in fester Gestalt niederschlägt. Diese Ablagerungsschicht, welche in sehr mannichfachen und zierlichen Bildungen bei den verschiedenen Pflanzen erscheint und oft von regelmäßigen Lücken oder Poren unterbrochen ist, heißt die äußere Pollenhaut, obgleich sie ihrer Entstehung nach nicht als eine zusammenhängende Membran betrachtet werden kann. Die innere Pollenhaut, ein homogenes, sehr ausdehnbares Häutchen darstellend, ist eben die Wandung der Pollenzelle selbst.

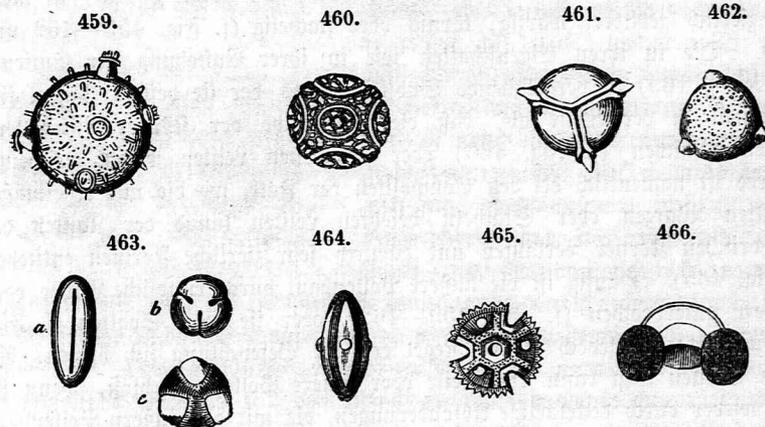


190. Durch den nicht lange vor dem Öffnen der Blütenknospe stattfindenden Vorgang der Auflösung der Pollenmutterzellen werden die Pollenkörner unter einander frei, und erfüllen so als ein dicht gehäuftes Pulver die Antherenfächer. Öffnen sich diese bei der vollkommenen Reife des Staubgefäßes durch den oben beschriebenen Hergang, so entleert sich der Pollen als eine lose Staubmasse, deren einzelne Körner unter dem Mikroskop eine sehr bestimmte und für die einzelnen Pflanzenarten charakteristische Gestalt zeigen. Manchmal hängen die Körner von ihrer Entstehung her noch nach dem Ausfallen zu je viere oberflächlich zusammen, wie z. B. bei den Haidefräutern. Bei den Orchideen erhalten sich die Pollenmutterzellen in Gestalt eines fadig-schleimigen Gewebes, welches die ganze Masse der in einem Fache befindlichen Körner zu einer compacten Pollenmasse (pollinarium, s. oben S. 83) von schleimig-klebriger oder wachsartiger Consistenz vereinigt. Auch bei den Asclepiadeen bleiben sämtliche Pollenkörner eines Faches durch die sich erhaltenden Mutterzellen zu einer Masse vereinigt.

191. Der Pollen oder Blütenstaub (pollen) erscheint dem bloßen Auge als ein feines Pulver, dessen einzelne Körnchen durchschnittlich etwa  $\frac{1}{120}$ — $\frac{1}{300}$  Linie im Durchmesser haben; selten sind sie beträchtlich größer, wie z. B. beim Kürbis, wo ihr Durchmesser  $\frac{1}{20}$  Linie beträgt. Die Zahl

Fig. 457. Eine Pollenmutterzelle mit schichtenförmig verdickter Wandung aus einer jungen Anthere, in welcher die Abschnürung in vier Tochterzellen beginnt.  
Fig. 458. Vier junge Pollenkörner in ihre allgemeine und jedes in seine besondere (Special-) Mutterzelle eingeschlossen.

der Pollenkörner in den Staubgefäßen einer Blüthe ist in der Regel sehr groß; man hat sie u. a. bei *Mirabilis Jalapa* auf 300, bei *Hibiscus Trionum* auf beinahe 5000 und bei *Päonia* auf mehr als 600,000 berechnet.



Die Form des Pollen ist in der Regel rundlich, und zwar bald kugelig (s. Fig. 459—462), bald elliptisch, oder länglich (s. Fig. 463 a u. 464). Dabei ist zu bemerken, daß die Körner desselben im eingetrockneten Zustand gewöhnlich eine andere Form zeigen, als wenn sie bei mäßiger Feuchtigkeit aufquellen, wobei sie sich mehr abzurunden pflegen (vgl. Fig. 463 b u. c., welche denselben Pollen in gleicher Ansicht, aber einmal in eingetrocknetem, einmal in aufgequollenem Zustand darstellen). Die rundliche Pollenform geht durch mancherlei Zwischenformen in die mehrflächige oder polyedrische über, wie sie namentlich für die Compositen charakteristisch ist (s. Fig. 465). Auch unregelmäßige Formen der Pollenkörner finden sich, jedoch nur verhältnißmäßig selten. Dahin gehört u. a. der Kiefernpollen (s. Fig. 466) der aus drei Zellen zusammengesetzt erscheint, nämlich aus zwei rundlichen,

- Fig. 459. Pollenkörner vom Kürbis.  
Fig. 460. " von *Passiflora*.  
Fig. 461. " von *Cuphea*.  
Fig. 462. " von *Dipsacus*.  
Fig. 463. " *Convolvulus tricolor*.  
a von der Seite gesehen } im trocknen  
b vom Scheitel gesehen }  
c vom Scheitel gesehen im angefeuchteten Zustand.  
Fig. 464. Pollenkorn von *Lythrum Salicaria*.  
Fig. 465. " von *Scorzonera*.  
Fig. 466. " von *Pinus sylvestris*.

die durch eine dritte, quer verlängerte unter einander verbunden sind. Der sogenannte „Schwefelregen“ besteht, wie die mikroskopische Untersuchung unzweifelhaft lehrt, wesentlich aus solchem, durch Gewitterregen aus der Luft niedergeschlagenem Blütenstaub der Kiefer (*Pinus sylvestris*).

192. Die sogenannte äußere Pollenhaut (vgl. § 189) ist meist sehr zierlich gebildet; warzig, körnig oder stachelig (s. Fig. 459—462 und 468). Die in ihren Eigenschaften wie in ihrer Entstehung der Cuticula (s. oben § 169) zu vergleichende Substanz, aus der sie besteht, lagert sich manchmal in der Weise ab, daß die Oberfläche der Körner mit zellenartigen Maschen (s. Fig. 460) oder erhabenen Leisten besetzt erscheint; letzteres ist namentlich bei den Compositen der Fall, wo die mit regelmäßig gestellten Warzen oder Stacheln besetzten Leisten längs der Ranten der polyhedralen Körner verlaufen und dadurch sehr zierliche Formen entstehen (s. Fig. 465). Häufig ist die äußere Pollenhaut durch rundliche Löcher oder Poren unterbrochen (s. Fig. 459—462), oder sie zeigt Spalten (s. Fig. 463 u. 464), die jedoch in der Regel erst bei Befuchtung sich öffnen. An diesen Stellen liegt dann die zweite oder innere Pollenhaut bloß, wenn sie nicht wieder durch deckelartige Absonderungen, die mit der äußeren Pollenhaut in ihrer Bildung übereinstimmen, verschlossen sind, wie bei dem Kürbis (s. Fig. 459) und bei *Passiflora* (s. Fig. 460). Die Farbe der äußeren Pollenhaut und somit die des Blütenstaubes im Ganzen ist in der Regel die gelbe, doch kommt er auch orangengelb, und in seltneren Fällen auch roth und blau vor.

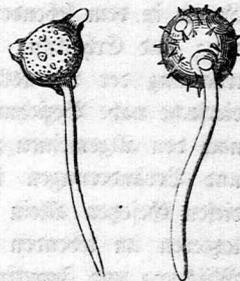
Die innere Pollenhaut, durch die Pollenzelle gebildet, ist eine zarte, weißliche, außerordentlich ausdehnbare Membran von homogener Structur. Sie umschließt den schleimig-flüssigen Inhalt des Pollenkorns, der Fovilla heißt, und in welchem außer Schleimpartikelchen öfter Deltröpfchen und selbst Stärkemehlkörnchen suspendirt sind. Die zitternden Bewegungen dieser Fovillakörnchen hat man früher für organischer Natur gehalten und mit der der thierischen Samensäden verglichen; es sind aber rein physikalische sogenannte Molecularbewegungen, wie sie alle in sehr feiner Zertheilung in Flüssigkeiten suspendirte Körper zeigen. Besonders charakteristisch für den Polleninhalte oder die Fovilla ist ihr außerordentliches Aufsaugungsvermögen für wässrige Feuchtigkeit. Daraus erklärt sich die vorerwähnte Gestaltveränderung der Pollenkörner, wenn sie mäßig befeuchtet werden. Es wird dann durch die Ausdehnung der Pollenzelle und ihres Inhalts die äußere Pollenhaut straff ausgespannt, und durch ihre Poren tritt die innere Haut in Gestalt warzenartiger Vorsprünge heraus (s. Fig. 461 u. 462), wobei die Deckel der Poren, wenn solche vorhanden sind, in die Höhe gehoben werden. Wenn aber die Feuchtigkeit zu rasch einwirkt, namentlich wenn der Pollen in unmittelbare Berührung mit Wasser gebracht wird, dann dehnt sich sein

Inhalt so rasch aus, daß die Hüllen desselben plötzlich gewaltsam zersprengt werden, und der Inhalt entweder stoßweise durch eine Pore entleert wird, oder das ganze Korn zerplatzt. Dadurch erklärt sich, warum ein Regen, der gerade in die Zeit der Verstäubung der Antheren fällt, so schädlich wirkt, indem er die normalen Vorgänge hindert, und die Befruchtung vereitelt.

Wenn ein Pollenkorn längere Zeit mit der schleimigen Narbenflüssigkeit (oder auch mit einer gesättigten Gummilösung) in Berührung bleibt, so treiben aus einer oder mehreren seiner Poren cylindrische Verlängerungen, die sogenannten Pollenschläuche (*tubi pollinici*, s. Fig. 467 u. 468) hervor, welche oft im Verhältniß zu der geringen Größe des Kornes eine sehr beträchtliche Ausdehnung erreichen, indem ihre Länge den Durchmesser desselben hundert- und mehrfach übertreffen kann. Dieses ist namentlich dann der Fall, wenn der Griffel eine beträchtliche Länge hat, indem die Pollenkörner stets auf der Außenfläche der Narbe zurückbleiben, und ihre Pollenschläuche durch das leitende Zellgewebe bis zum Keimmund des Eichens hinabsteigen, wie wir unten in dem von der Fortpflanzung handelnden Kapitel der Physiologie noch genauer nachweisen werden. Das Material zu dieser außerordentlichen Vergrößerung wird offenbar von dem schleimigen Inhalt der Zellen des leitenden Zellgewebes geliefert, wofür auch der Umstand spricht, daß in ähnlichen Medien wie die Narbenfeuchtigkeit, z. B. Zucker- und Gummilösungen, die Pollenschläuche zwar hervorzutreiben anfangen, aber nie zu ihrer vollständigen, normalen Entwicklung gelangen. Sehr bemerkenswerth ist bei diesem Vorgang die außerordentliche Dehnbarkeit der Pollenzelle oder innern Pollenhaut, indem diese stets, auch wenn der Pollenschlauch seine volle Entwicklung erreicht hat, eine geschlossene Hülle um die Fovilla bildet, aus welcher daher keinerlei feste Theile und auch die flüssigen nur auf dem Wege endosmotischer Durchschwigung austreten können.

467.

468.

Fig. 467. Pollenkorn von *Oenothera*, Pollenschläuche treibend.Fig. 468. „ einer *Malve* mit seinem Schlauche.

### III. Abschnitt:

## Pflanzen-Physiologie.

### Einleitung.

194. Die Pflanzen-Physiologie betrachtet die Lebenserscheinungen der Pflanzen und sucht die Gesetze zu erforschen, nach denen sie erfolgen. Das Leben der Gewächse, wie der organischen Körper überhaupt, äußert sich als eine gesetzmäßige Reihenfolge von Veränderungen und Entwicklungen, deren Grund in dem lebenden Körper selbst liegt und deren Resultat die Ausbildung und Erhaltung des lebenden Individuums ist. Bei genauerer Betrachtung der Lebensthätigkeiten der organischen Körper ergibt sich ihre vielfache nahe Beziehung und theilweise wirkliche Uebereinstimmung mit den nach den allgemeinen physikalisch-chemischen Gesetzen erfolgenden Vorgängen und Veränderungen in der unorganischen Natur. Doch können sie aus diesen Gesetzen allein nicht genügend erklärt werden, und es erscheinen die letzteren im lebenden Körper stets durch die Organisation oder die Form, Mischung und Function des lebenden Körpers eigenthümlich modificirt.

195. Die Pflanze nimmt beständig Stoffe aus der Außenwelt auf, um sie in Bestandtheile ihres Körpers zu verwandeln, und scheidet sie, nachdem sie eine Zeit lang dem lebenden Organismus angehört haben, unter veränderter Form wieder aus, worauf sie durch Aufnahme neuer Stoffe von außen wieder ersetzt werden müssen. Wir nennen diesen Vorgang den organischen Stoffwechsel oder die Ernährung im engern Sinn; sie hat den Zweck, das Individuum in seiner Selbstständigkeit den Einwirkungen der Außenwelt gegenüber zu erhalten. Der Pflanzenkörper ist aber auch während seines ganzen Lebens in fortwährender Entwicklung begriffen, indem der Ueberschuß von aufgenommenen Stoffen zur Bildung neuer Organe verwendet wird; diesen Vorgang, der offenbar nur eine besondere Form der Ernährung ist, nennen wir Wachstum.

Die Ernährung der Gewächse steht in innigster Beziehung zu der chemischen Zusammensetzung des Pflanzenkörpers und seiner Theile, welche zunächst in der Pflanzenchemie näher zu betrachten ist. Hierauf sind die Nahrungsmittel der Pflanze nach ihrem Ursprung, ihrer chemischen Zusammensetzung und der Form, in welcher sie aufgenommen werden, zu untersuchen, und drittens ist die Umwandlung, welche sie erleiden, um in Bestandtheile des Pflanzenkörpers überzugehen, oder die Assimilation der Pflanzennahrung auseinanderzusetzen. Endlich sind noch im

Anschluß hieran die gewissen Pflanzen und Pflanzentheilen zukommenden besonderen Lebenserscheinungen der Bewegung, der Wärme- und Licht-Entwicklung zu besprechen, und nachzuweisen, daß sie entweder nach allgemeinen chemisch-physikalischen Gesetzen geschehen, oder Folge von Ernährungs- und Wachstums-Vorgängen sind.

Das Wachstum des Pflanzenkörpers und seiner Theile ist das Resultat der Neubildung von Elementarorganen, welche aus der assimilirten Pflanzennahrung entstehen, und, indem sie sich nach bestimmten Gesetzen anlagern und sich theilweise umwandeln, die Vergrößerung der vorhandenen Organe und das Entstehen neuer bedingen. Wir haben daher hier die Entstehung und weitere Ausbildung der Zellen, dann die Entwicklungsgeschichte der zusammengesetzten Pflanzenorgane, und endlich die Entwicklung des ganzen Pflanzenkörpers in seinen verschiedenen Lebensperioden zu betrachten.

Während die vorgenannten Lebensverrichtungen sich auf die Erhaltung und Vergrößerung der Einzelpflanze beziehen, so wird durch eine andere Reihe von Vorgängen eine Vermehrung der Individuenzahl oder, mit andern Worten: die Erhaltung der Art bezweckt; denn nach einem für alle organischen Körper geltenden Gesetz entstehen alle neuen Individuen nur von Wesen ihrer Art, und bringen stets wieder Wesen ihrer Art hervor (vgl. ob. § 3). Wir nennen diesen Vorgang der Erzeugung neuer Individuen bei den Pflanzen, wenn er durch bloße Wachstumsthätigkeit geschieht: Vermehrung, wenn er aber durch die besonders zu diesem Zweck umgebildeten Reproductionsorgane vermittelt wird: Fortpflanzung. Der Betrachtung der Vermehrungs- und Fortpflanzungserscheinungen ist das sechste und siebente Kapitel der Pflanzenphysiologie gewidmet.

Schließlich gibt die Pflanzenpathologie eine Zusammenstellung und Erläuterung der abnormen Lebenserscheinungen der Gewächse.

### 1. Kapitel. Pflanzen-Chemie.

196. Von den chemisch einfachen Grundstoffen oder Elementen sind bis jetzt folgende im Pflanzenreich aufgefunden worden: Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Wasserstoff (H), Stickstoff (N), Schwefel (S), Phosphor (P), Chlor (Cl), Jod (J), Brom (Br), Silicium (Si), Kalium (K), Natrium (Na), Lithium (Li), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Aluminium (Al), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) und Zink (Zn). Von diesen spielen in der Zusammensetzung des Pflanzen- wie des Thierkörpers die vier erstgenannten weitaus die wichtigste Rolle, sie bilden die Hauptmasse der Organismen, und werden, weil die organische Materie des Thier- wie des Pflanzenkörpers nur aus ihnen

besteht, auch wohl organische Elemente genannt; unter ihnen ist wieder in den Pflanzen der Kohlenstoff vorwiegend. Alle übrigen genannten Elemente kommen in der Regel nur in verhältnißmäßig geringer Menge und in oft wechselnden Verhältnissen und manche derselben nur in gewissen Pflanzen, so z. B. Brom in den Seetangen, Thonerde in den Bärlapparten vor.

197. Diejenigen Verbindungen der Elemente, welche den lebenden Pflanzenkörper zusammensetzen, werden als nähere Pflanzenbestandtheile bezeichnet; sie sind theils organische, d. h. ausschließlich in den organischen Körpern vorkommende und von eigenthümlicher Zusammensetzung, theils unorganische, welche mit den im Mineralreich vorkommenden (binären) Verbindungen der Elemente identisch sind. Die letzteren machen immer nur einen verhältnißmäßig geringen Theil des Pflanzenkörpers aus, wenn man das Wasser ausnimmt, welches alle organischen Gewebe durchdringt und das allgemeine Lösungsmittel der Pflanzensäfte ist. Beim Verbrennen werden nur die organischen Pflanzenbestandtheile zerstört und die unorganischen, mit Ausnahme des Wassers, bleiben zurück, daher sie auch Aschenbestandtheile genannt werden.

Die organischen Pflanzenbestandtheile sind theils stickstofffrei, also nur aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzt, theils stickstoffhaltig, also Verbindungen von Kohlen-, Wasser-, Sauer- und Stickstoff. Die ersteren zerfallen wieder in drei Abtheilungen: 1) indifferente oder Kohlenhydrate, d. h. solche, in denen Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältniß vorhanden sind, um Wasser zu bilden; 2) Pflanzensäuren, bei welchen der Sauerstoff im Ueberschuß vorhanden ist, d. h. in größerer Menge als erforderlich ist, um mit dem vorhandenen Wasserstoff Wasser zu bilden; endlich 3) kohlenwasserstoffige Bestandtheile, in welchen der Sauerstoff entweder in geringerer Menge als zur Wasserbildung erforderlich wäre, sich findet, oder aber ganz fehlt, wo dann die Substanz nur eine Verbindung von Kohlen- und Wasserstoff darstellt.

Die stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile sind: 1) die Protein- oder Eiweißkörper, indifferente Körper mit ständigem, wenn auch geringem Gehalt an Schwefel oder Phosphor oder an beiden; 2) die Pflanzensfarbstoffe, namentlich das Chlorophyll und die verwandten Körper; 3) die Pflanzenalkaloide, welche sich als organische Basen verhalten.

198. Unter den stickstofffreien Pflanzenbestandtheilen sind die Kohlenhydrate weitaus die wichtigsten, indem die Wandungen und ein großer Theil des Inhalts der Elementarorgane aus ihnen bestehen, so daß sie also das Hauptmaterial zum Aufbau des Pflanzenkörpers liefern. Sie sind beinahe sämmtlich isomer, d. h. von gleicher elementarer Zusammensetzung, welche

durch die Formel ( $C^{12}H^{10}O^{10}$ ) oder nach neuerer Schreibweise ( $C_6H_{10}O_5$ ) ausgedrückt wird. Die wichtigsten Stoffe dieser Gruppe sind: 1) der Zellstoff, 2) die Stärke, 3) das Inulin, 4) das Gummi, 5) der Zucker.

Der Zellstoff oder die Cellulose bildet die primäre Zellmembran, daher man ihm im jugendlichen Zellgewebe am reichlichsten findet. Auch die Verdichtungsschichten der Zellwand bestehen aus Cellulose; doch ist die ganze Zellwandung in älteren Theilen häufig von anderen Stoffen aufs Innigste durchdrungen, wodurch ihre Eigenschaften oft wesentlich verändert erscheinen. Uebrigens finden sich nicht nur organische Stoffe verschiedener Art, sondern auch unorganische, wie z. B. Kieselerde, phosphorsaurer Kalk u. s. w. öfter in den älteren Zellwandungen abgelagert.

Der Zellstoff ist farblos, durchsichtig, zähe, aber elastisch und biegsam, und für Flüssigkeiten leicht durchdringlich. Er wird von keinem Lösungsmittel angegriffen, außer von concentrirter Schwefelsäure und von Kupferoxydammoniak, welches letztere ihn vor der Lösung stark aufquellen macht. Bei Einwirkung von Schwefelsäure und Jodlösung, sowie von Chlorzink und Jodlösung, wird er schön blau gefärbt. Da diese blaue Färbung mit Jod die charakteristische Reaction der Stärke ist, so kann man auch sagen, der Zellstoff werde durch die beiden vorgenannten Reagentien in formlose Stärke (Amyloid) übergeführt. Das sogenannte Gelin, welches das dickwandige, gallertartige aufquellende Zellgewebe der Tange und anderer Algen bildet, ist nichts Anderes als eine Modification der Cellulose.

Der Holzstoff (Xylogen), auch incrustirender Stoff genannt, unterscheidet sich vom Zellstoff dadurch, daß er von Alkali leicht und vollständig, von concentrirter Schwefelsäure gar nicht gelöst wird; mit Jod und Schwefelsäure färbt er sich nicht blau, und hindert auch, wo er die aus Cellulose bestehende Zellwand durchdringt, wie das z. B. beim Holz der Fall ist, das Zustandekommen dieser für den Zellstoff charakteristischen Reaction, sowie auch deren Auflösung durch die vorgenannten Mittel. Das Xylogen findet sich in den Wandungen der verholzten Zellen und Gefäße abgelagert, und ist die Ursache ihrer Starrheit und Festigkeit.

Die die Cuticula bildende und die einzelnen Elementarorgane der Gewebe untereinander verbindende Intercellularsubstanz läßt sich durch das sogenannte Schultze'sche Macerationsverfahren, nämlich durch Kochen mit chloresaurer Kali und Salpetersäure entfernen, da sie sich hierbei viel früher als die Cellulose, welcher sie im Uebrigen sehr ähnlich ist, löst; man kann daher auf diese Weise die einzelnen Elementarorgane (Zellen) der Gewebe isoliren, was übrigens bei der Kartoffelknolle, wie früher erwähnt, schon durch einfaches Kochen gelingt.

Den vorgenannten Stoffen sehr nahe verwandt und, wie sie, wahrscheinlich ein Umwandlungsproduct der Cellulose, ist die Korksubstanz oder das Suberin; sie geht bei der Behandlung mit Salpetersäure in eine harzartige Substanz über und ist durch ihre große Widerstandskraft gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit ausgezeichnet.

Die Stärke oder das Amylum kommt in der Regel in Körnchen oder Kügelchen von bestimmter Gestalt und Größe (vgl. die Anatomie) vor und heißt darum auch Stärkemehl oder Sago. Am reichlichsten findet sich dasselbe im Eiweiß und den Cotyledonen mehligter Samen, im Mark mancher Stämme (z. B. von Palmen und Ecadeen, welche den Sago liefern) und in vielen verdickten Wurzeln und Knollen. So enthalten beispielsweise in 100 Theilen wasserfreier Substanz der Reis 85,78, der Mais 65,88, die Gerste 38,62, die Kartoffeln 23,16 Procent Stärkemehl. Die Stärke ist in kaltem Wasser theilweise löslich, in kochendem quillt sie auf und bildet mit demselben Kleister; in Alkohol, Aether und Oelen ist sie unlöslich. Ganz charakteristisch für die Stärke ist die blaue oder violettblaue Färbung, welche sie durch Jod annimmt, wobei Jodstärke gebildet wird. Durch Säuren, sowie durch sehr erhöhte Temperatur und durch die Einwirkung gewisser stickstoffhaltiger Körper wird die Stärke in Dextrin (s. u.) und dann in Traubenzucker umgewandelt.

Nach Nägeli's umfangreichen Untersuchungen beruht die bald mehr bald weniger deutliche concentrische Schichtung der Stärkekörner darauf, daß dieselben aus abwechselnden Lagen von weicherer und festerer, d. h. wasserärmerer Substanz zusammengesetzt sind. Die Körner wachsen nicht durch successive Auflagerung, sondern durch Intussusception, wobei die verschiedenen Schichten sich durch innere Differenzirung ausbilden; in gleicher Weise entstehen auch die Theilkörner der zusammengesetzten Stärkekörner (vgl. ob. S. 135 Fig. 416). Bei der Behandlung mit Speichel, organischen Säuren und verschiedenen anderen Lösungsmitteln wird der Hauptbestandtheil der Stärkekörner, von Nägeli Granulose, von Mohl Farinose genannt, ausgezogen und es bleiben den Schichtungen entsprechende, aus Cellulose bestehende, häutige Hüllen zurück.

Selten kommt das Amylum formlos oder die Zellwand und deren Verdichtungsschichten bildend vor und wird dann auch Amyloid genannt. So findet es sich u. A. im sogenannten isländischen Moos (*Cetraria islandica*), wo es die Zellwandungen bildet, und pflügt hier als Flechtenstärke (Lichenin) bezeichnet zu werden.

Der Stärke in vielem ähnlich ist das Inulin, welches sich vorzugsweise in fleischigen oder mehligten Wurzeln und Knollen, z. B. in der Topinambu (*Helianthus tuberosus*), und zwar im Zellsaft gelöst, findet. Es unterscheidet sich von der Stärke hauptsächlich dadurch, daß es von Jod

nicht blau, sondern gelb gefärbt wird, und daß es mit kochendem Wasser keinen Kleister bildet, sondern sich darin löst, und beim Erkalten der Lösung sich in körniger Gestalt abscheidet. Legt man inulinhaltige Gewebe während einiger Zeit in starken Alkohol, so setzen sich kugelige Concretionen, sogenannte Sphärokrystalle, von Inulin, deren Inneres eine schalige und strahlige Structur zeigt, an die Zellwandungen an.

Das Gummi kommt theils in den Pflanzenästen gelöst, theils in eigenen Behältern, die aus erweiterten Intercellulargängen entstehen, abgefordert, oder als Aussonderung gewisser Pflanzentheile vor. Letzteres ist z. B. der Fall bei verschiedenen Acacia- und Mimosa-Arten, deren Product unter dem Namen arabisches Gummi bekannt ist. Wir unterscheiden: im Wasser lösliche Gummiarten, wozu das Arabin, der Hauptbestandtheil des arabischen Gummis gehört, und solche, die im Wasser nur aufquellen, wie das Cerasin oder Kirschgummi und das Bassorin, aus welchem letzterem u. A. die Zellwandungen der Pilze und vieler schleimigen Algen bestehen. Zu den Gummiarten gehört auch der Pflanzenschleim, wie er in den Knollen der Orchideen, der Eibischwurzel und dem schleimigen Ueberzug der Keinsamen und Quittenkerne vorkommt.

Das Dextrin oder Stärkeregummi bildet sich, wie schon oben angeführt wurde, aus dem Stärkemehl durch erhöhte Temperatur, durch Säuren, sowie durch die Einwirkung der sogenannten Diastase, einer im keimenden Samen auftretenden eiweißartigen Substanz, und wird dann durch fortdauernde Einwirkung derselben Agentien in Traubenzucker übergeführt. Den Namen Dextrin führt diese Substanz daher, weil ihre Lösung in hohem Grade die Eigenschaft besitzt, die Polarisationsebene rechts zu drehen, während Gummilösung sie links dreht.

Eine eigene Gruppe von Kohlenhydraten machen die Zuckerarten aus, welche durch ihre Löslichkeit, ihren süßen Geschmack und die Fähigkeit, durch die Gährung in Kohlensäure und Alkohol zu zerfallen, charakterisirt sind. Der Zucker ist ein sehr verbreiteter Pflanzenbestandtheil; in größerer Menge kommt er u. A. in der saftreichen Zellmasse der Halme des Zuckerrohrs und des Welschkorns, in den Wurzeln der Runkelrübe und der Möhre, im Frühlingsaft des Zuckerrahms (*Acer saccharinum*), dann im Honigsaft der Nectarien vieler Blüten und in allen süßen Früchten vor. Derselbe erscheint unter zwei Hauptformen, die sich auch durch geringe Differenzen ihrer procentischen Zusammensetzung von einander unterscheiden, nämlich als Rohrzucker oder Saccharose, welcher vollkommen krystallisirbar ist, und als Glycose; die letztere wird unterschieden in Traubenzucker (Dextrose), der nur schwierig und in körnigen Massen krystallisirt, auch weniger löslich und süßschmeckend ist, und den unkrystallisirbaren Frucht- oder Schleimzucker (Levulose).

Das Mannit ( $C^{12}H^{14}O^{12}$ ) unterscheidet sich vom Zucker, mit dem es den süßen Geschmack theilt, dadurch, daß es nicht gährungsfähig ist. Es kommt in der Manna (die von der südeuropäischen Blüthenesche stammt) und in manchen süßschmeckenden Tangen vor. Der sogenannte Pilzzucker ist ein Gemenge von Mannit und Traubenzucker.

Den Kohlenhydraten nahe verwandt, aber durch einen Ueberschuß von Sauerstoff von ihnen unterschieden, sind die Pectinkörper, welche die Ursache der gallertartigen Beschaffenheit des Saftes vieler Früchte sind; auch in fleischigen Wurzeln und Knollen kommen sie vor. In unreifen Früchten, so lange sie noch hart und herb sind, findet sich die unlösliche Pectose; diese verwandelt sich, wenn die Reifung vorschreitet und die Früchte weich werden, in das gummiartige lösliche Pectin.

199. Die Pflanzen Säuren kommen theils frei, theils mit organischen oder unorganischen Basen zu Salzen verbunden, in der Pflanze vor. Einige derselben sind fast durch das ganze Pflanzenreich verbreitet, andere sind auf gewisse Pflanzen oder auf gewisse Pflanzentheile beschränkt. Am häufigsten finden sie sich in Früchten, deren saurer Geschmack oft schon ihre Anwesenheit erkennen läßt; häufig nimmt bei Früchten der Gehalt an Säuren in demselben Verhältnisse ab, in welchem mit vorschreitender Reife der Zuckergehalt zunimmt. Zu den bemerkenswerthesten Pflanzen Säuren gehören:

Die Klee- oder Oxalsäure ( $C^4H^2O^5$ ). Ihren Namen führt sie daher, daß sie in großer Menge in dem Saft des Sauerklees (*Oxalis Acetosella*), und zwar als zweifach oxalsaures Kali vorkommt; ebenso findet sie sich im Sauerampfer. Als oxalsaures Kali kommt sie, wie früher erwähnt, in nadelförmigen Krystallen im saftreichen Zellgewebe sehr häufig vor.

Die Aepfelsäure ( $C^5H^6O^{10}$ ) findet sich häufig in sauern Pflanzensäften. Besonders reich daran sind die Vogelbeeren (die Früchte von *Sorbus aucuparia*), aus deren Saft sie gewöhnlich dargestellt wird, dann die Aepfel, Zwetschgen und Johannisbeeren.

Die Citronensäure ( $C^{12}H^8O^{14}$ ). Wie vorige theils frei, theils in Form von Salzen in sauern Früchten sehr verbreitet. Die Darstellung geschieht aus Citronen oder Preiselbeeren (*Vaccinium Vitis Idaea*).

Die Weinsäure oder Weinstein Säure ( $C^6H^8O^{12}$ ). In verschiedenen Früchten, namentlich aber im Saft der Weintrauben, theils frei, theils in Gestalt von Salzen vorhanden. Der aus dem Wein sich ablagernde sogenannte Weinstein ist unreines weinsaures Kali mit weinsaurem Kali.

Die Gerbsäure ( $C^{18}H^{12}O^{12}$ ), auch Gerbstoff oder Tannin genannt, zeichnet sich durch ihren stark adstringirenden Geschmack und durch die Eigenschaft aus, thierische Haut in Leder zu verwandeln, worauf ihre

Anwendung zum Gerben beruht. Sie ist sehr verbreitet im Pflanzenreich, und findet sich u. A. in reichlicher Menge in der Eichenrinde und den Galläpfeln; ihre Gegenwart ist durch den herben, zusammenziehenden Geschmack meist leicht zu erkennen. Mit Eisenoxydsalzen gibt sie entweder einen blauschwarzen oder einen blaugrünen Niederschlag, wonach man, sowie nach andern Eigenthümlichkeiten, verschiedene Gerbsäure-Arten, als Galläpfel-, Kaffee-, Catechu-Gerbsäure u. a. m. unterschieden hat.

Von den zahlreichen übrigen Pflanzensäuren, die aber alle eine weit geringere Verbreitung haben, und zum Theil nur einzelnen Pflanzen eigenthümlich sind, führen wir noch beispielsweise an: die Benzoesäure, die Zimmtsäure und die Mekonsäure (im Opium). Die auch im Thierreich vorkommende Ameisensäure ( $C^2H^3O^3$ ) findet sich als ätzender Saft in den Brennhaaren der Kessel.

200. Die weiter zu nennenden stickstofffreien nähern Pflanzenbestandtheile, enthalten den Sauerstoff in geringerer Atomzahl als er in der Zusammensetzung des Wassers vorhanden ist, oder derselbe fehlt ganz, und sie sind daher wesentlich Kohlenwasserstoffverbindungen; sie stimmen, in Folge dieser ihrer chemischen Constitution, so verschieden sie auch sonst sind, darin untereinander überein, daß sie fast ohne Ausnahme sehr brennbar sind.

Der Kautschuk ( $=C^8H^7$ ) ist ein Bestandtheil gewisser vegetabilischer Milchäfte, besonders von tropischen Euphorbiaceen und Urticeen, welche beim Austrocknen das „Gummi elasticum“ oder Federharz des Handels liefern, in welchem etwa  $\frac{3}{4}$  reiner Kautschuk enthalten ist. Er ist unlöslich im Wasser, Alkohol und Säuren, dagegen löst er sich in Terpentinöl und dem flüchtigen Kautschuköl.

Die Guttapercha ist in ihrem Vorkommen, ihrer Zusammensetzung, wie in ihren Eigenschaften dem Kautschuk ähnlich. Doch unterscheidet sie sich durch ihre geringere Elasticität und durch ihre Consistenz, die, bei gewöhnlicher Temperatur fest, im heißen Wasser weich und knetbar wird; in Terpentinöl ist sie vollkommen löslich. Sie stammt von *Isonandra Gutta*, einem in Hinterindien einheimischen Baum aus der Familie der Sapoteae.

Das durch seine Klebrigkeit ausgezeichnete Biscin, die klebrige Substanz des Bogelleims, findet sich in den Beeren der Mistel (*Viscum album*), sowie in der grünen Rinde der Stechpalme (*Ilex aquifolium*). Seine procentige Zusammensetzung ist noch nicht genau bekannt; jedenfalls steht sie der des Kautschuks sehr nahe.

Ziemlich verbreitet im Pflanzenreich ist das Wachs. So besteht der Duft der bereiften Pflanzentheile, z. B. der bläuliche Anflug auf den Pflaumen, aus einer dünnen Schichte von Wachs. In größerer Menge abgefondert findet sich das Wachs auf den Früchten der amerikanischen

Wachsbeere (*Myrica cerifera*) und auf der Oberfläche des Stamms der Wachspalme (*Ceroxylon andicola*). Auch aus dem Kork kann durch Alkohol eine beträchtliche Menge desselben ausgezogen werden.

Das Wachs unterscheidet sich von den Fetten, denen es sonst sehr nahe steht, durch seine Brüchigkeit und durch seine Unlöslichkeit in kaltem Alkohol; es besteht aus einem Gemenge mehrerer Stoffe, von denen die Cerotinsäure zu den festen Fettsäuren gehört.

Die Fette und fetten Oele kommen sehr allgemein im Pflanzenreich, jedoch oft nur in geringen Mengen vor; so z. B. beträgt der Fettgehalt im Weizen 1,42, in Kaffeebohnen 12,0, in den Cacaobohnen dagegen 53,1 Procent. Am reichlichsten zeigen sich die fetten Oele in Früchten (Oliven) und Samen, wo sie meistens ihren Sitz in den fleischigen Cotyledonen haben (so beim Keps und den übrigen Cruciferen, in der Mandel u. s. w.). Die vegetabilischen fetten Oele sind in Aether sehr leicht löslich und bestehen aus Gemengen von dreierlei Stoffen, nämlich dem leicht schmelzbaren *Clarin* und *Olein* und dem schwerer schmelzenden *Margarin*. Weil sie weder sauer noch alkalisch reagiren, werden sie zu den Neutralfetten gerechnet; durch Behandlung mit ägenden Alkalien, wobei sich Seifen bilden, lassen sie sich in eine Basis, das sogenannte *Oelsüß* (*Glycerin*) und in eine *Oelsäure* spalten.

Die ätherischen Oele und Harze sind sowohl, was ihre Erzeugung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben, als auch, was ihre chemische Constitution betrifft, nahe untereinander verwandt, denn die ätherischen Oele gehen an der Luft allmählig durch Sauerstoff-Aufnahme in Harze über. Gemenge von beiden sind die sogenannten *Weichharze* oder *Balsame*.

Die meisten aromatisch riechenden Pflanzen verdanken diese Eigenschaft ihrem Gehalt an ätherischen Oelen; besonders reich daran sind u. A. die Familien der lippenblüthigen Pflanzen, der Laurineen, die Umbelliferen u. a. m. Bei gewöhnlicher Temperatur sind die meisten ätherischen Oele flüchtig, einige auch starr; dieses sind die *Campherarten* oder *Stearoptene*, die den Uebergang zu den Harzen bilden. Die meisten ätherischen Oele sind *isomer*, ihre Formel ist  $C^3H^4$ . Dahin gehören: das *Terpentinöl* (aus den *Pinus*-Arten), das *Citronen-* und *Pomeranzendöl*, das *Gewürznelken-*, *Rosmarin-* und *Campheröl*. Der *Campher* selbst hat die Zusammensetzung  $C^{10}H^8O$ . Das *Knoblauchöl* (*Schwefelallyl*), welches den *Allium*-Arten ihren eigenthümlichen, durchdringenden Geruch verleiht, sowie das in den Samen vieler Cruciferen vorhandene *Senföl* (*Rhodanallyl*) sind schwefelhaltig; letzteres enthält außerdem noch *Stickstoff*.

Das *Cumarin* ( $C^{15}H^{10}O^4$ ) ist ein wohlriechendes *Stearopten*, welchem der *Waldmeister* (*Asperula odorata*), der *Honigklee* (*Melilotus officinalis*)

und das *Ruchgras* (*Anthoxanthum odoratum*) ihren aromatischen Geruch verdanken, der indeß immer erst beim Welkwerden der Pflanze hervortritt.

Die Harze sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, viele kristallisirbar, sie sind in Alkohol, Aether, fetten und ätherischen Oelen löslich. Manche Harze haben saure Eigenschaften. Der *Bernstein*, welcher ein etwas umgewandeltes Harz eines fossilen Nadelholzes ist, dessen Holz die *Braunkohle* bildet, enthält außer Harz *Bernsteinsäure* und etwas ätherisches Oel. Das *Benzoëharz* (von *Styrax Benzoïn*) besteht aus drei verschiedenen Harzarten und *Benzoësäure*. Der *Terpentin*, der aus allen unsern einheimischen *Pinus*-Arten in Menge gewonnen wird, ist ein *Balsam*, also eine Mischung eines ätherischen Oels, des *Terpentinöls*, und eines Harzes, welches *Colophonium* genannt wird. Harze, deren Vorkommen sich auf einzelne Pflanzenarten beschränkt, sind u. A. der *Mastix* (von *Pistacia Lentiscus*), der *Sandarac* (von *Callitris quadrivalvis*, einer Conifere), das *Falappenharz* (von *Convolvulus Purga*), das *Guajakharz* (von *Guajacum officinale*).

201. Die erste Klasse stickstoffhaltiger Pflanzenbestandtheile ist die der *Eiweiß-* oder *Proteinkörper*. Sie fehlen in keinem Pflanzentheile, der in voller Lebensthätigkeit begriffen ist; in jungen Zellen finden sie sich meist in gelöster oder halbgelöster Form: das *Protoplasma*, der *Primordialschlauch* und der *Zellkern* bestehen immer aus *Proteinkörpern*; später lagern sich dieselben entweder für sich in fester Form ab, oder sie durchdringen die Substanz der *Zellwand*; auch finden sie sich manchmal *kristallisirt* (vergl. oben S. 136). Charakteristisch für diese ganze Klasse der organischen Pflanzenbestandtheile, welche übrigens mit sehr geringen Modificationen sich im Thierkörper wiederfinden, ist ihr steter, wenn auch geringer Gehalt an *Schwefel* ( $1\frac{1}{2}$ —1 Procent). Die organischen Elemente, welche ihre Hauptmasse bilden, zeigen folgende relative Mengeverhältnisse, nämlich: *Kohlenstoff* 50—54, *Wasserstoff* 7, *Sauerstoff* etwa 25, *Stickstoff* 15—17 Procent. Durch *Jod* werden sie braungelb, bei Anwendung von *Zucker* und *Schwefelsäure*, sowie durch das sogenannte *Millon'sche Reagens* (*salpetersaures Quecksilberoxydhydrat*) roth gefärbt. Sie *coaguliren* durch Säuren, Alkohol und *Siedhitze*, in Alkalien dagegen sind sie meist löslich.

Der Gehalt an *Proteinstoffen* und sein Verhältniß zu den stickstofffreien Bestandtheilen (*Stärke*, *Zellstoff*, *Zucker* u. s. w.) ist maßgebend für die *Nährhaftigkeit* verschiedener Pflanzensubstanzen, indem nur die erstgenannten zur *Bildung des Bluts*, dessen Hauptbestandtheile ebenfalls *Proteinkörper* sind und aus dem die *Organe* sich bilden und regeneriren, dienen können. Es sind beispielsweise enthalten:

in 100 Theilen *):	Wasser	Proteinkörper	stickstofffreie Bestandtheile, namentlich Stärkemehl.
Erbfen . . . . .	16 . . . . .	29 . . . . .	52
Bohnen . . . . .	14 . . . . .	31 . . . . .	52
Linfen . . . . .	16 . . . . .	33 . . . . .	48
Hafer . . . . .	18 . . . . .	11 . . . . .	68
Roggen . . . . .	17 . . . . .	15 . . . . .	67
Gerste . . . . .	16 . . . . .	14 . . . . .	69
Weizen . . . . .	15 . . . . .	20 . . . . .	64
Reis . . . . .	5 . . . . .	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> . . . . .	91
Kartoffeln . . . . .	72 . . . . .	2,4 . . . . .	25
Topinambu . . . . .	77 . . . . .	0,99 . . . . .	21
Runkelrüben . . . . .	89 . . . . .	1 . . . . .	9

Uebrigens wechseln die Verhältniszahlen dieser Stoffe, je nach den Umständen, unter denen die Pflanzen gewachsen sind, nicht unbedeutend, und namentlich nimmt, wenn im Boden der Dünger u. dgl. viel Stickstoff liefert, auch der Gehalt an Proteinkörpern zu.

Wir unterscheiden im Pflanzenreich drei eigentliche Proteinkörper, welche mit solchen, die im Thierkörper vorkommen, identisch sind, nämlich:

1) Das Pflanzeneiweiß oder Albumin; es findet sich in allen Pflanzenäften gelöst oder aber im halbgeronnenen Zustand, wie z. B. im Zellkern. Das gelöste Eiweiß coagulirt bei 70° in Flocken.

2) Der Pflanzenfaserstoff, der in unreiner Gestalt den sogenannten Kleber (Gluten), einen Hauptbestandtheil unseres Getreidemehls bildet. Letzteren erhält man aus Weizenmehl, indem man dasselbe in einem Leinwandtäschchen unter Wasser wiederholt ausknetet; er bleibt dann als eine graugelbliche, klebrige und fadenziehende, elastische Masse zurück. Durch kochenden Weingeist wird aus dem Kleber der Pflanzenleim (Gliadin) und ein anderer Stoff, das Mucin, ausgezogen.

3) Das Legumin, welches in den Samen der Hülsenfrüchte oder Leguminosen, also in Linfen, Erbsen, Bohnen u. s. w., dann in den öligen Samen, z. B. den Mandeln, auch in den Kernen der Pflaume und Pfirsiche vorkommt. Dasselbe ist im Wasser löslich und scheidet sich aus der Lösung beim Erhitzen in Form von dünnen Häutchen aus. Es entspricht dem in der thierischen Milch vorhandenen Käsestoff oder Casein und enthält 10 Atome Schwefel.

4) Das Klebermehl (aleuron) ist ein körnig abgesonderter oder kristallisirter Proteinkörper, und findet sich sowohl in Samen als in andern

\*) Die bei der Summirung obiger Zahlen noch fehlenden 1—3 Procent fallen auf die unorganischen Bestandtheile.

Pflanzentheilen, z. B. den Knollen der Kartoffel. In keimenden Getreidekörnern (so im Gerstenmalze) bildet sich die sogenannte Diastase, ein den vorgenannten nahestehender Stoff, dessen Zusammensetzung indeß noch zweifelhaft ist. Sie ist ausgezeichnet durch die Eigenschaft, Stärkemehl in Dextrin und Zucker überzuführen (vgl. u.).

202. Das Blattgrün oder Chlorophyll, welches der Grund der Färbung aller grünen, krautartigen Pflanzentheile ist, erscheint in denselben in Gestalt von sehr kleinen gelbgrünen Körnchen, die in jeder Zelle in beträchtlicher Zahl vorhanden sind, und durch ihre ungeheure Zusammenhäufung dem Parenchym seine intensiv grüne Farbe geben. Diese Körnchen werden von einer aus Eiweißkörpern bestehenden, dem Protoplasma analogen Grundmasse gebildet, welche von dem Farbstoff durchdrungen ist. Bei der Ausziehung des grünen Farbstoffs durch Aether bleiben die Körner in entfärbtem Zustande zurück. Wenn Pflanzentheile durch Lichtziehung bleichsüchtig werden, so enthalten ihre parenchymatischen Zellen statt der Chlorophyllkörner farblose Plasmakügelchen. Die Zusammensetzung des Chlorophylls ist  $C^{15}H^{18}N^2O^8$ . Die häufig in den Chlorophyllkörnern vorhandenen und durch ihre blaue Reaction mit Jod leicht nachweisbaren Stärkekörner sind als nachträgliche Bildung oder Ausscheidung der Plasmasubstanz anzusehen.

Das Blattgelb oder Xanthophyll (auch Anthoxanthin) genannt, ist wahrscheinlich nur eine Modification des Chlorophylls. Dafür spricht namentlich der unmittelbare Uebergang des einen Stoffs in den andern bei der Blütenentwicklung. Das Xanthophyll ist, gleich dem Chlorophyll, an im Zellsaft suspendirte Plasmakörner gebunden, in den gelb- und gelbrothgefärbten Pflanzentheilen, z. B. Blumenblättern, zeigt daher die mikroskopische Untersuchung immer zahlreiche kleine Körnchen als Ursache der Färbung. Bei den bläulichroth-, violett- und blaugefärbten Organen dagegen erscheint der Zellsaft selbst gefärbt; der Stoff, welcher diesen Färbungen zu Grunde liegt, das Blattroth oder Erythrophyll (auch Anthochin genannt), ist demnach im Wasser löslich. Daß übrigens das Chlorophyll in eine lösliche rothe Modification übergehen könne, zeigt das herbstliche Rothwerden der Blätter, wie es z. B. so ausgezeichnet an der sogenannten wilden Rebe (*Ampelopsis hederacea*) unserer Gärten auftritt. Auch enthalten viele Tange einen in seinen Functionen dem Chlorophyll entsprechenden rothen Farbstoff.

Der Indigo ist ein eigenthümlicher Farbstoff, der sich in den krautartigen Theilen der Indigofera-Arten, im Waid (*Isatis tinctoria*), in *Polygonum tinctorium* und einigen anderen Pflanzen findet. In der lebenden Pflanze erscheint er farblos als sogenanntes Indigoweiß, dessen Formel  $C^{16}H^5NO$  ist. Durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft, zu welchem

Behuf man bei der Indigbereitung die im Wasser zerstoßenen Pflanzen gähren läßt, geht dasselbe in das intensiv gefärbte Indigblau ( $=C^{16}H^5NO^2$ ) über.

Endlich gibt es auch stickstofffreie Pflanzenfarbstoffe, welche zum Theil zur Klasse der Säuren gehören. Wir nennen von solchen das Purpurin, die Ruberythrin säure und das Alizarin ( $C^{20}H^6O^6$ ) im Krapp, dem Wurzelstock von *Rubia tinctorum*, das Haematoxylin ( $C^{40}H^{17}O^{15}$ ) im Campechholz, und die Chrysothran säure ( $C^{40}H^{16}C^{12}$ ) in der Rhabarberwurzel.

Uebrigens ist die Farbe der Pflanzentheile nicht immer bedingt durch die Anwesenheit besonderer Farbstoffe. So z. B. wird die milchweiße Färbung vieler Blumenblätter durch mit Luft erfülltes Zellgewebe mit durchsichtigen Wänden, das nach optischen Gesetzen (gerade so wie gestoßenes Glas) weiß erscheinen muß, hervorgebracht. Die schwarze Farbe ist stets nur eine sehr dunkle Modification von anderen, namentlich der violetten und braunen.

203. Eine sehr merkwürdige Klasse von nähern Pflanzenbestandtheilen bilden die Pflanzenalkaloide; sie machen, trotzdem daß sie sich gewöhnlich in sehr geringen Mengen finden, den eigentlich wirksamen Theil der durch Giftigkeit oder Arzneikräfte wirksamen Pflanzen aus. Die giftigen zerfallen nach ihrer Wirkung in zwei Hauptklassen, in die der narkotischen oder betäubenden und die der scharfen Gifte.

Häufig sind die Alkaloide der Pflanzen, welche derselben natürlichen Familie angehören, unter einander identisch, oder sie stehen sich sehr nah, wie z. B. in den Solaneen das Solanin, Atropin, Daturin und Hyoscyamin, die sämmtlich narkotisch, bei den Colchicaceen das Colchicin, Veratrin und Sabadillin, bei den Ranunculaceen das Aconitin, Delphinin zc., die alle sehr scharfer Natur sind. Hieraus erklärt sich, warum wir die zur gleichen Familie gehörigen Pflanzen so oft in ihren Eigenschaften und Wirkungen vielfach übereinstimmen sehen. In anderen Fällen ist ein und dasselbe Alkaloid verschiedenen Pflanzen, die keine nähere natürliche Verwandtschaft unter einander zeigen, gemeinschaftlich; so ist das Alkaloid des Thees: Thein genannt, und ebenso auch das Theobromin, das in der Chocolate enthalten ist, identisch mit den Caffein, dem Alkaloid des Kaffeebaums, welches sowohl in den Kaffeebohnen als in den übrigen Theilen der Pflanze sich findet. Hierdurch wird u. A. erklärlich, daß man neuerdings die Bereitung von Thee aus den Blättern des Kaffeebaums mit Erfolg versucht hat.

Deister sind mehrere Alkaloide in derselben Pflanze oder Pflanzensubstanz vorhanden: z. B. im Opium das Morphin, Thebain, Narcotin und noch vier andere, in der Chinarinde das Chinin und das Cinchonin.

Beispielsweise führen wir einige der wichtigeren aus der großen Anzahl der Pflanzenalkaloide, unter Angabe ihrer elementaren Zusammensetzung auf; die beiden letzten weichen von den übrigen durch ihre ternäre Constitution ab, indem ihnen der Sauerstoff fehlt:

Chinin	.....	=	$C^{40}H^{24}N^2O^4$				
Cinchonin	.....	=	$C^{40}H^{24}N^2O^2$				
Chinidin	.....	=	$C^{35}H^{22}N^2O^2$				
Solanin, im Nachtschatten, den Keimen d. Kartoffelpflanze zc.		=	$C^{54}H^{73}N^2O^{28}$				
Atropin, in der Tollkirsche ( <i>Atropa Belladonna</i> )	.....	=	$C^{34}H^{23}NO^6$				
Veratrin, in <i>Veratrum album</i> und im Sabadillsamen	.....	=	$C^{64}H^{52}N^2O^{16}$				
Strychnin, in der Brechnuß und andern Strychnosarten		=	$C^{42}H^{22}N^2O^4$				
Morphin	} im Opium {	.....	=	$C^{34}H^{19}NO^6$			
Codain					} .....	=	$C^{36}H^{21}NO^6$
Narcotin							
Piperin im Pfeffer	.....	=	$C^{68}H^{38}N^2O^{12}$				
Caffein, s. ob.	.....	=	$C^{16}H^{10}N^4O^4$				
Coniin, im gefleckten Schierling ( <i>Conium maculatum</i> )	.....	=	$C^{16}H^{15}N$				
Nicotin, der narkotische Stoff des Tabacks	.....	=	$C^{10}H^7N$				

Die Pflanzenalkaloide verhalten sich als organische Basen und kommen in den lebenden Pflanzen mit einer organischen oder unorganischen Säure verbunden, als Salze vor.

204. Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen sind größtentheils Sauerstoffverbindungen, wie das Wasser, die Sauerstoffsäuren und Metalloxyde, die zu Salzen verbunden vorkommen. Abgesehen vom Wasser sind sie stets nur in verhältnißmäßig geringer Menge vorhanden; doch sind sie wesentlich für das Pflanzenleben und fehlen vielleicht nur einigen der niedersten Pflanzen. Was ihre relative Menge betrifft, so enthalten:

Dickrüben	.....	6,24	Procent	Aschenbestandtheile.
Dickrübenblätter	...	21,50	"	"
Kartoffeln	.....	3,90	"	"
Kartoffelkraut	.....	17,30	"	"
Eichenholz	.....	3,30	"	"
Eichenblätter (im Frühj.)	.....	5,00	"	"
" (im Herbst)	.....	5,50	"	"
Weizen	.....	2,43	"	"
Weizenstroh	.....	6,97	"	"
Oliven (Früchte)	...	2,61	"	"
Blätter des Delbaums	.....	6,45	"	"
Holz desselben	.....	0,58	"	"

Aus vorstehender Zusammenstellung ist auch zu ersehen, daß der Gehalt an unorganischen Bestandtheilen in den verschiedenen Theilen derselben

Pflanze sehr verschieden ist; in jüngeren Theilen ist er immer beträchtlich geringer als in älteren.

205. Das Wasser ist das allgemeine Lösungsmittel der Pflanzensäfte; es durchbringt alle festen Theile und ist der Grund der Biegsamkeit und Geschmeidigkeit der Gewebe in ihrem jugendlichen Zustand. In krautartigen und safterfüllten Pflanzentheilen beträgt der Wassergehalt oft bis zu 70 und selbst 90 Procent. Mit dem Eintreten des Verholzungsprocesses erstarrt das Gewebe und vertrocknet mehr und mehr, und zugleich verschwindet auch der Saft aus dem Innern der Elementarorgane, indem er theils durch Luft, theils durch feste Ablagerungen ersetzt wird. Der Wassergehalt der sogenannten schweren Hölzer, wie Eichen- und Buchenholz im frischen Zustand, beträgt 20—30, der der leichtern Hölzer, z. B. Pappeln und Silberweide 40—50 Proc. In den jüngsten Trieben ist er oft fast doppelt so groß als im vorjährigen Holz.

Die Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ) kommt frei in den rohen Nahrungssäften, z. B. im Frühlingssaft der Bäume und der Weinrebe vor. Mit fortschreitendem Assimilationsproceß verschwindet sie mehr und mehr.

In der Asche der Pflanzen findet sich immer eine beträchtliche Menge kohlenaurer Salze, so namentlich im Holz kohlenaurer Kali, worauf die Lauge- und Potaschebereitung aus Holzasche beruht; dieses entsteht aber erst durch die Verbrennung aus den in der lebenden Pflanze vorhandenen pflanzensauren Salzen. Die Soda (kohlenaurer Natron), welche aus der Asche der See- und Seestrandsgewächse im Großen gewonnen werden kann, bildet sich ebenfalls erst durch die Verbrennung.

Kohlenaurer Kalk kommt krystallisirt im Parenchym, sowohl von Phanerogamen als von Cryptogamen vor; am reichlichsten in den Chara-Arten, deren Stengel mit einer dicken Kalkrinde überzogen sind.

Chlor und Jod sind im Pflanzenreich als Chlornatrium (Kochsalz), als Chlorkalium und Jodkalium sehr verbreitet. Sie finden sich in beträchtlicher Menge hauptsächlich nur in eigentlichen Seegewächsen (wie in Tangen) oder in Seestrand- und Salinenpflanzen (wie in Salsola-Arten), die in salzgeschwängertem Boden wachsen, wo sie also die genannten Verbindungen unmittelbar aus ihren Umgebungen aufnehmen können. Inbessen hat man in neuerer Zeit das Jod auch in vielen Land- und Süßwassergewächsen, so z. B. in der Brunnenkresse nachgewiesen.

Brom ist als Bromkalium ausschließlich nur gewissen Tangen eigenthümlich, die es offenbar direct aus dem Seewasser erhalten.

Das Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) kommt, gleich der Kohlensäure und Salpetersäure, nur in den rohen, noch nicht vollständig assimilirten Nahrungssäften vor.

Schwefel und Phosphor bilden, wie oben angeführt wurde, integrierende Bestandtheile aller Proteinkörper. Auch in manchen ätherischen Oelen ist, wie oben erwähnt, Schwefel enthalten. Außerdem sind schwefelsaure und phosphorsaure Salze im Gewächreich sehr verbreitet. Phosphorsaurer Kalk findet sich in den festen Samenhüllen ganz allgemein vor.

Kieselerde ( $\text{SiO}_2$ ) findet sich in den Gräsern und zwar vorzugsweise in den der Oberfläche zunächst liegenden Schichten der Halme in beträchtlicher Menge. Sie verleiht dem dünnen und schlanken Grashalm eine beträchtliche Festigkeit und seiner Oberfläche manchmal eine bedeutende Härte und Glanz. So ist sie in den knotigen Stämmen des Bambusrohrs, eines baumartigen Grases der Tropenländer, in solcher Menge abgelagert, daß ältere Stücke, welche bis 71 Procent davon enthalten, selbst am Stahl Funken geben. Im großen Rohrschilf (*Phragmites communis*) beträgt der Gehalt an Kieselerde 48,1, im Roggenstroh 6,5 Procent. Auch in den Schachtelhalmen ist die Kieselerde in sehr beträchtlicher Menge vorhanden; ihr verdankt namentlich *Equisetum hiemale*, wo sie in kleinen Partikelchen in der gefurchten Stengelrinde abgelagert ist und 8,75 Procent der Pflanzensubstanz ausmacht, seine Rauigkeit, die es zum Poliren des Holzes geschickt macht. Wenn man solche Kieselpflanzen vorsichtig glüht, oder durch Schwefelsäure die organische Materie zerstört, so bleibt ein „Kieselskelet“ zurück, das oft noch deutlich in der Form der Pflanzentheile sich erhält; auch die Laubblätter unserer Waldbäume enthalten Kieselerde.

Endlich gehört auch noch die Familie der Bacillarien unter den einzelligen Algen zu den Kieselpflanzen. Hier tritt nämlich an die Stelle der Zellmembran eine Kieselhülle, welche mannichfache zierliche, oft geradlinig begränzte Formen erhalten. Diese Kieselzellen erhalten sich, ihrer chemischen Constitution gemäß, auch nach dem Tod der Pflanze unverändert, und bilden manchmal im Sumpfboden mächtige Lager.

206. Die Metalle kommen als Oxyde und diese mit organischen Säuren zu Salzen verbunden in der Pflanze vor. Hierbei kann die eine Base durch eine andere, verwandte ersetzt werden, z. B. Natron durch Kali oder durch Kalk, Kalk durch Bittererde u. s. w. Auch manche Säuren scheinen sich gegenseitig ersetzen zu können, jedoch geschieht dieses weit seltener.

Die verbreitetsten und wichtigsten unorganischen Pflanzenbasen sind Kali und Natron; sie finden sich größtentheils als pflanzensaure Salze in den Säften gelöst, daher krautartige Theile mehr von diesen Alkalien in der Asche ergeben als Hölzer. In der Asche finden sie sich, wie schon früher angeführt wurde, als kohlenaurer Salze vor, in Folge der durch die Verbrennung bewirkten Zersetzung der organischen Säuren. Im Allgemeinen kann man sagen, daß in der Asche der Landpflanzen das kohlenaurer

Kali vorherrscht, in der der Seepflanzen dagegen das kohlen-saure Natron (Soda). Die Soda macht in der Asche von *Salsola* Kali etwa 20—30 Procent aus. Das wechselnde Verhältniß der Alkalien ist aus den am Schluß dieses Abschnitts gegebenen tabellarischen Zusammensetzungen von Aschen-Analysen zu ersehen.

207. Der Kalk (CaO) kommt, wie schon früher erwähnt, krystallisirt als kohlen-saurer Kalk, als schwefel-saurer Kalk (Gyps), z. B. in vielen Musaceen und Scitamineen, dann sehr häufig als oxal-saurer Kalk vor. Letzterer fehlt fast keiner Pflanze und seine nadel-förmigen Krystalle finden sich in ungeheurer Anhäufung namentlich im saftreichen Parenchym. Die Zellen vieler *Chara*-Arten sind mit kohlen-saurem Kalk dick inkrustirt. Der phosphor-saure Kalk kommt, wie schon oben bemerkt, in den Samenhüllen vor, welche ihm häufig ihre Härte und Dauerhaftigkeit verdanken; sein Vorhandensein in den Körnerfrüchten macht diese geeignet zur kräftigen Ernährung der Thiere, deren Knochen bekanntlich dasselbe Salz als mineralischen Bestandtheil der Knochen enthalten. Endlich enthalten viele Pflanzen noch bald mehr, bald weniger pflanzen-saure Kalk-salze, namentlich äpfel-sauren, citronen- und wein-sauren Kalk.

Die Magnesia (MgO) oder Bittererde, auch Talkerde genannt, verhält sich ähnlich wie der Kalk und kommt meistens mit ihm zusammen als kohlen-, schwefel- und phosphor-saure Magnesia vor. Erstgenannte Verbindung findet sich reichlich, jedoch nie krystallisirt in den Getreidekörnern und im Stroh vor (s. u. die Tabelle).

Thonerdesalze finden sich in dem Milchsaft der Papaveraceen, in der Eibischwurzel und in den *Hydropodium*-arten.

Eisen und Mangan kommen ebenfalls als Oxide in Salzen, jedoch immer nur in verhältnißmäßig sehr geringen Mengen vor.

Das Kupferoxyd findet sich in verhältnißmäßig ziemlich beträchtlicher Menge in den Weizenkörnern und den Kaffeebohnen.

Zinksalze sind in einzelnen, auf galmeihaltigem Boden gewachsenen Pflanzen nachgewiesen worden.

208. Das gegenseitige Mengenverhältniß der hauptsächlichsten Aschenbestandtheile in einigen unserer bekannteren Nutzpflanzen ist in der folgenden Tabelle, welche die Procentzahlen derselben für 100 Theile angibt, zusammengestellt. Es ergibt sich daraus die relative Wichtigkeit, welche diesen Stoffen für das Leben der speciellen Pflanze überhaupt oder für die Bildung gewisser Pflanzentheile zukommt. Doch ist dabei nicht zu übersehen, daß, wie schon erwähnt, gewisse Stoffe einander gegenseitig ersetzen, also in verschiedenen relativen Mengenverhältnissen vorkommen können, sowie daß auch ohne solche gegenseitige Vertretung die Menge eines Stoffes sehr variiren kann, je nachdem die Pflanzen unter verschiedenen äußeren

Verhältnissen gewachsen sind. Dieses hängt namentlich von der besondern Bodenbeschaffenheit ihres Standorts ab, was sich natürlich daraus erklärt, daß, wie wir im folgenden Kapitel sehen werden, die unorganischen Pflanzenbestandtheile direct aus dem Boden aufgenommen werden. So z. B. wechselt in Weizenkörnern von verschiedenen Standorten der Natrongehalt von 0,44 (bei 25,90 Kali) bis 27,79 (bei 6,43 Kali), die Phosphorsäure von 43,89 bis 60,39, die Kieselerde von 0,15 bis 3,37 Procent.

Es enthalten in 100 Theilen Asche:

Pflanzengattung	Kali.	Natron.	Stochsalz.	Talkerde.	Zinkerde.	Kieselerde.	schwefelsäurige Säure.	Phosphorsäure.	Eisenoxyd.
Strohgras ( <i>Lolium perenne</i> ), ganze Pflanze.	8,23	13,22	17,32	6,18	—	22,03	2,56	13,38	1,89
Alece ( <i>Trifolium pratense</i> ), ganze Pflanze.	23,79	—	0,90	24,60	6,30	5,30	2,50	6,30	0,30
Spargel (Onobrychis sativa), ganze Pflanze.	5,40	16,27	1,75	24,82	6,86	0,88	1,34	21,57	1,14
Sinberholz . . . . .	27,86	4,07	1,16	23,29	3,23	4,10	4,13	3,77	6,21
Eichenholz . . . . .	5,65	3,78	0,02	50,58	3,01	0,52	0,78	2,32	0,38
Tannenholz . . . . .	7,17	6,38	0,81	31,50	9,19	5,72	2,07	3,07	2,23
Weiden (Süßweiden) . . . . .	25,90	0,44	—	1,92	6,27	3,37	—	60,39	1,33
Weidenstroh . . . . .	9,00	—	0,56	8,50	5,00	67,60	1,00	3,10	1,00
Buchweizen (Polysorum Fagopyrum), Stängel.	8,47	20,10	—	6,66	10,38	0,69	2,16	50,07	1,05
Erbsen, Samen . . . . .	39,25	3,96	3,69	5,87	6,41	—	4,89	34,23	1,04
Weißkorn, Säfte der (blauen) Beeren . . . . .	32,75	—	0,64	15,97	4,73	2,72	2,74	15,40	2,25
Stroh, Stroh . . . . .	47,92	—	—	1,80	5,40	5,60	7,10	11,30	0,50
Stroh, Stroh, Stroh . . . . .	39,00	1,46	8,57	7,00	4,40	8,00	1,60	6,60	2,50

## 2. Kapitel. Von den Nahrungsmitteln der Pflanzen.

209. Der Lebensproceß der organischen Körper ist mit einem beständigen Verbrauch von materiellen Körperbestandtheilen verbunden; die in lebendiger Thätigkeit begriffenen Organe erleiden durch diese selbst einen Verlust an ihrer Masse, indem fortwährend Elemente derselben in verschiedener Gestalt und Verbindung ausgeschieden werden. Dieser Verlust muß, damit der Organismus sich in seiner Integrität und Thätigkeit erhalten könne, durch Zufuhr neuer Stoffe von außen stets wiederersetzt werden. Zudem ist das Wachsthum des Körpers, die Bildung neuer Organe nur bei einem Ueberschuß der von außen zugeführten neuen Stoffe möglich. Diese Stoffe müssen aber, um an der Lebensthätigkeit theilnehmen zu können, assimilirt, d. h. in integrirnde Bestandtheile des Organismus verwandelt werden. So ist der lebende Körper in einer beständigen Bewegung und Umwandlung seiner Theile begriffen; die von außen aufgenommenen Stoffe werden, nachdem sie eine Zeit lang der Lebenssphäre des Organismus angehört haben, aus derselben ausgeschieden und durch neuaufgenommene ersetzt. Wir nennen diejenigen Stoffe, welche der Organismus von außenher aufnimmt und assimilirt, um daraus seine Organe zu bilden, zu erhalten und zu vergrößern, seine Nahrungsmittel.

Die Nahrungsmittel der Pflanze müssen natürlich alle in die Zusammensetzung des Pflanzenkörpers eingehenden Elemente (s. ob. § 196) enthalten, weil eben alles Material zur Ernährung und zum Wachsthum der Theile von außen aufgenommen werden muß. Da die Pflanze der Fähigkeit der willkürlichen Bewegung entbehrt und also ihre Nahrung nicht selbstthätig auffuchen kann, wie das Thier, so müssen ihre Nahrungsmittel ihr überall von den sie umgebenden Medien, nämlich dem Boden, in dem sie wurzelt, der Atmosphäre, die ihren oberirdischen Theil umgibt und dem in beiden verbreiteten Wasser dargeboten werden. Die Pflanze kann ihrer anatomischen Beschaffenheit nach keine feste Nahrung aufnehmen, weshalb ihre Nahrung, um assimilirbar zu sein, entweder die elastisch- oder tropfbarflüssige Form haben muß.

210. Die wichtigsten Unterhaltungsmittel des Pflanzenlebens sind die vier organischen Elemente, nämlich Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, denn sie bilden weitaus den größten Theil der Masse des Pflanzenkörpers. Diese werden der Pflanze überall von den sie umgebenden Medien, nämlich der Atmosphäre, sowie von der Luft und dem Wasser im Boden, welche aus der Atmosphäre stammen, dargeboten. Die Form dieser Pflanzennahrungsmittel ist eine doppelte, theils die tropfbarflüssige als Wasser und darin gelöste Kohlensäure, Ammoniak und salpeter-

saure Salze, theils die gasförmige als Wasserdampf, Kohlensäure- und Ammoniakgas. So nimmt also die Pflanze ihre Hauptnahrung in der Form von Wasser ( $H_2O$ ), Kohlensäure ( $CO_2$ ), Ammoniak ( $NH_3$ ) und Salpetersäure ( $NO^5$ ) auf.

Die unorganischen Pflanzenbestandtheile, die zwar stets nur in verhältnißmäßig geringer Menge vorhanden, aber doch für das Pflanzenleben unentbehrlich sind, können nur im Wasser gelöst aus den mineralischen Bestandtheilen des Bodens aufgenommen werden. Sie gelangen also ausschließlich durch die Wurzeln in die Pflanze, die obengenannten Verbindungen aber, welche die organischen Elemente liefern, werden theils durch die Wurzel, theils durch die der Luft ausgesetzte Oberfläche der Pflanze, soweit sie mit Spaltöffnungen versehen ist, also namentlich durch die Blätter, aufgenommen.

211. Das Wasser bedeckt in flüssiger Gestalt einen sehr beträchtlichen Theil der Erdoberfläche; diese ganze Masse ist beständig und bei jeder Temperatur an ihrer Oberfläche der Verdunstung unterworfen; daher bilden Wasserdämpfe eine ganz allgemeine, jedoch der Quantität nach vielfach wechselnde Beimengung der Atmosphäre, aus der sie sich dann als Thau, Nebel, Regen u. s. f. wieder niederschlagen. So findet die Pflanze einestheils beständig in der feuchten Atmosphäre Wasserdämpfe zur Aufnahme durch ihre in der Luft vegetirenden Theile vor, andernteils kann sie tropfbarflüssiges Wasser fast stets aus dem Boden auffaugen, in welchem es sich entweder in größeren Ansammlungen oder als periodischer Niederschlag aus der Atmosphäre vorfindet. Außerdem haben manche Körper, wie namentlich die Thonerde und der feinzertheilte kohlen saure Kalk, welche so häufig einen bedeutenden Mischungsbestandtheil des Bodens ausmachen, die Eigenschaft, Wasserdämpfe zu verdichten, Wasser in ihren Zwischenräumen zurückzuhalten, und so dasselbe beständig den Wurzeln in tropfbarflüssiger Gestalt zur Auffaugung darzubieten. Das gleiche Vermögen zeigt der Humus (s. u.), der einen wichtigen Bestandtheil der Dammerde ausmacht, und wahrscheinlich ist es hauptsächlich diese physikalische Wirkung des Humus, welcher er seinen directen günstigen Einfluß auf die Ernährung der Pflanze verdankt, vermöge deren wir einen Boden in demselben Verhältniß an Fruchtbarkeit zunehmen sehen, in welchem er reicher an humosen Bestandtheilen ist.

Das Wasser ist vor Allem als Lösungsmittel und Behälter der meisten übrigen Nahrungsmittel für das Pflanzenleben von vorwiegender Wichtigkeit. Die tägliche Erfahrung zeigt, daß angemessene Bewässerung das wirksamste Förderungs- und Hebungsmittel des Pflanzenwachsthums ist, wodurch häufig der ganze Erfolg unserer Pflanzenkulturen bedingt wird. So wird u. A. bei den sogenannten Rieselfwiesen lediglich durch geregelte reichliche Bewässerung

der Ertrag ganz unglaublich erhöht, wobei eben die Zuführung der im Wasser aufgelösten Pflanzennahrung den günstigsten Erfolg bedingt.

Die Kohlensäure liefert der Pflanze das in ihrer Masse vorwiegende Element, den Kohlenstoff. Kohlensäure und Wasser geben das Material für diejenigen Pflanzenbestandtheile, welche vorzugsweise die Elementarorgane bilden, oder in größerer Menge in ihnen abgetrieben werden, nämlich Zellstoff, Stärke, Gummi und Zucker, welche ja ihrer chemischen Constitution nach Kohlenhydrate sind, d. h. Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasser- und Sauerstoff in demselben gegenseitigen Verhältnisse wie im Wasser.

212. Das Wasser löst ungefähr so viel Kohlensäure, als sein eigenes Volumen beträgt, auf. Da aber immer, wie wir sogleich sehen werden, sowohl im Boden als in der Atmosphäre, Kohlensäure entwickelt wird, so ist das von der Pflanze durch die Wurzeln aufgenommene Wasser stets mit Kohlensäure gesättigt. Bemerkenswerth ist auch, daß die im Regenwasser enthaltene Luft reicher an Kohlensäure (sowie auch an Ammoniak) ist, als die gewöhnliche atmosphärische.

Gasförmige Kohlensäure ist eine beständige Beimischung der atmosphärischen Luft, freilich in sehr geringer Quantität, denn sie macht nur etwa vier Zehntausendtheile des Volums der Luft aus. Die beigemengte Kohlensäure erscheint aber etwas spärlicher in Niederungen und in der Nähe reichlicher Vegetation, wogegen sie auf kalten Höhen reichlicher auftritt; auch ist sie Nachts in etwas größerer Menge vorhanden, als bei Tag, was seine Erklärung in der durch das Licht lebhafter angeregten Vegetationsthätigkeit findet. Ueberhaupt ist der beständige Verbrauch durch die Pflanzen der Grund, warum sie sich, trotz ihrer stets fortgehenden massenhaften Wiederzeugung, doch nicht in der Atmosphäre in größeren Quantitäten ansammeln kann.

213. Wir kennen drei Hauptquellen der beständigen Kohlensäure-Entwicklung, welchen die Atmosphäre ihren Gehalt daran verdankt. Diese sind: die Vermoderung (und Verwesung), die Athmung der Thiere und die Verbrennungsprocesse. Alle diese Vorgänge stimmen darin überein, daß sie auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs Kohlensäure (und Wasser) erzeugen; daher hat man auch die Athmung und die Verwesung mit Recht langsame Verbrennungsvorgänge genannt. Die Athmung der Thiere steht in directem Gegensatz zu der der Pflanzen, durch jene wird Sauerstoff verzehrt und Kohlensäure erzeugt, die Thiere „verderben“ die Luft, denn schon acht Procent Kohlensäure machen dieselbe für Thiere unathembar. Die Pflanze dagegen verbraucht zu ihrer Ernährung die überschüssige Kohlensäure und ersetzt sie durch ein gleiches Volumen Sauerstoff; sie macht also die Luft immer wieder geschickt, den thierischen Athmeproceß zu

erhalten. Es findet somit ein merkwürdiges Wechselverhältniß zwischen den beiden organischen Reichen statt, wobei die Ausscheidung der Thiere den Pflanzen zur Nahrung dient, und umgekehrt die Athmung der ersteren durch letztere unterhalten wird, bei welchem Kreislauf der Stoffe die Zusammensetzung der Atmosphäre im Ganzen unverändert bleibt.

214. Die Vermoderung und Verwesung liefert von den genannten Processen weitaus die größte Menge von Kohlensäure, daher sie hier vorzugsweise in Betracht kommt. Wenn organische Materie, also todt Thier- und Pflanzensubstanzen, unter günstigen Bedingungen, wozu namentlich mäßige Wärme, Feuchtigkeit und Zutritt atmosphärischer Luft zu rechnen sind, der Zersetzung überlassen werden, so lösen sie sich allmählich auf, indem ihre Elemente zu binären, meist gasförmigen Verbindungen zusammentreten, und so größtentheils in die Luft entweichen. Es verbindet sich hierbei der Kohlenstoff mit Sauerstoff zu Kohlensäure, und der Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser. Ist die organische Substanz stickstoffhaltig, wie es namentlich alle Proteinkörper sind, so entsteht aus Wasserstoff und Stickstoff Ammoniak. Kohlensäure, Wasser und Ammoniak sind also das Product der organischen Zersetzung, und unter diesen ist wieder die Kohlensäure bei Weitem vorwiegend. Da in organischen Verbindungen der Kohlenstoff stets in vorherrschender Atomzahl vorhanden ist, und der vorhandene Sauerstoff bei Weitem nicht zur Kohlensäure- und gleichzeitig zur Wasserbildung ausreichen würde, so wird hierzu Sauerstoff aus der Atmosphäre aufgenommen, für den dann ein gleiches Volumen Kohlensäure abgegeben wird. So ist also die Zersetzung der organischen Materien im Wesentlichen eine Bildung von Kohlensäure auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs. Die Verwesung unterscheidet sich von der Vermoderung dadurch, daß bei ihr eine vollständige Auflösung der organischen Substanz in gasförmige Verbindung ziemlich rasch erfolgt, während die Vermoderung langsamer fortschreitet, daher hier immer ein ungelöster, aber stets in andauernder Zersetzung begriffener Rückstand sich erhält. Diese im Boden vorhandene, in beständiger Zersetzung begriffene organische Materie pflegt man mit dem Collectionnamen Humus (Möder) zu bezeichnen. Er bildet eine constante Beimischung jedes fruchtbaren Bodens. Die sogenannte Dammerde, die vorzugsweise den Boden bildet, in welchem Vegetation gedeiht, besteht aus einer, je nach ihrer Abstammung verschieden gemengten, mineralischen Grundmasse und aus einem organischen Theil, eben dem Humus. Durch Glühen wird letzterer zersört und man kann dann aus dem Gewichtsverlust den Gehalt eines Bodens an humosen Theilen bestimmen; in der Regel aber läßt sich der größere Humusreichtum eines Bodens schon aus seiner dunkleren Farbe erkennen, wie das die Vergleichung der humusreichen Gartenerde mit gewöhnlicher Dammerde zeigt.

215. Der Humus ist kein einfacher Körper von bestimmter procentischer Zusammensetzung, sondern er enthält eine ganze Reihe von Humuskörpern, welche alle Zersetzung= oder Auflösungsproducte der organischen Materie sind. Einige derselben sind Säuren und kommen mit Alkalien und anderen Basen verbunden vor; diese sind: die Uminsäure ( $C^{40}H^{14}O^{12}$ ), die Huminsäure ( $C^{45}H^{12}O^{12}$ ), die Geinsäure ( $C^{40}H^{12}O^{16}$ ), die Quellsäure ( $C^{24}H^{12}O^{16}$ ), und die Quellsäure ( $C^{48}H^{12}O^{24}$ ). Man sieht, daß diese sogenannten Humus Säuren in der Reihenfolge, wie sie hier aufgezählt sind, durch Oxidation sich in einander umwandeln können. Humin- und Geinsäure sind in Wasser gar nicht, Uminsäure nur wenig, Quell- und Quellsäure dagegen leichter löslich. Die Kali-, Natron- und Ammonialsalze der Humus Säuren sind zwar löslich, werden aber nur schwierig von der Wurzel aufgenommen; die Kalk- und Magnesiumsalze derselben aber sind unlöslich. Hieraus erklärt sich die erfahrungsgemäße Unfruchtbarkeit der sogenannten „sauren“ Böden, welche vorwiegend aus unvollständig zersetzten Pflanzenresten bestehen und reich an Humus Säuren sind, wie das z. B. beim Torfboden der Fall ist. Durch Wasserausscheidung gehen Umin- und Huminsäure in zwei indifferenten Stoffe über, nämlich in Umin ( $C^{40}H^{15}O^{15}$ ) und Humin ( $C^{40}H^{16}O^{14}$ ).

Die sämtlichen Humuskörper sind hiernach als Umwandlungsstufen der in der Zersetzung begriffenen organischen Materie zu betrachten, durch welche dieselbe unter Aufnahme von Sauerstoff und Abscheidung von Kohlensäure und anderen gasförmigen Producten ihrer Auflösung zugeführt wird. Dieser Proceß geht um so rascher und energischer vor sich, je mehr die organische Substanz der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt wird. Daher der Nutzen der Auflockerung des Bodens durch Pflügen, Behacken, Umgraben, indem durch den vermehrten Luftzutritt die Zersetzung des Humus wesentlich gefördert wird. Außerdem wirkt allerdings die Bearbeitung und mechanische Zerkleinerung des Bodens auch auf die beschleunigte Verwitterung und Aufschließung seiner mineralischen Bestandtheile, sowie auf die gleichmäßige Vertheilung der Pflanzennahrungstoffe.

Die Erfahrung zeigt, daß durch den Jahr um Jahr sich erneuernden Pflanzenwuchs der Humusgehalt des Bodens sich nicht vermindert und endlich erschöpft, sondern im Gegentheil sich erhält und selbst zunimmt. Auch dann, wenn wir, wie das beim Anbau der meisten Culturgewächse geschieht, alljährlich den größten Theil der erzeugten Pflanzensubstanz durch die Ernte dem Boden entziehen, ist es nicht der Mangel an organischen Bestandtheilen, der die „Erschöpfung“ des Bodens veranlaßt, sondern, wie wir unten noch genauer nachweisen werden, lediglich der Mangel gewisser unorganischer Substanzen, daher ein solcher erschöpfter Boden auch nicht absolut unfruchtbar, sondern nur für gewisse Culturen für den Augenblick unbrauchbar erscheint.

216. Der Stickstoff, welchen die Pflanzen namentlich zur Bildung der Proteinkörper bedürfen, die eine so bedeutende Rolle im Pflanzenleben spielen, wird von ihnen zum größten Theil in der Form von Ammoniak aufgenommen. Ammoniak ist stets, wenn auch nur in geringer und, wie es scheint, nach den Umständen variabler Menge in der Atmosphäre enthalten. Der Regen und Thau schlägt dasselbe nieder und führt es so in gelöster Form den Wurzeln zu. Der Ammoniakgehalt der Luft beträgt auf eine Million Gewichtstheile 0,1—0,3, der des Regens 0,6—3,3, der des Thauwassers 1,6—6,2 Gewichtstheile Ammoniak. Der Grund dieses verhältnißmäßig nur geringen Ammoniakgehalts der Atmosphäre ist derselbe, wie er oben bei der Kohlensäure angeführt wurde; es wird dasselbe nämlich beständig durch die Vegetation in demselben Maße verzehrt und aufgebraucht, wie es sich aus verschiedenen Quellen in dem Luftkreis entbindet, daher nur ein sehr geringer Ueberschuß davon als constante Beimengung der Atmosphäre auftritt.

Die Hauptquelle des atmosphärischen Ammoniaks, welches den Pflanzen zur Nahrung dient, liegt in den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Humus, welche dasselbe bei ihrer fortschreitenden Zersetzung beständig in die Luft entbinden, und zwar um so reichlicher, je stickstoffreicher die organischen Substanzen sind, von denen der Humus abstammt. Die reichlichste Ammoniak-Entwicklung zeigen natürlich thierische Reste, aber auch pflanzlicher Humus bildet, sofern er Proteinkörper enthält, eine Quelle desselben. Bei diesem Vorgang der Ammoniak-Entwicklung im Boden werden stets noch kohlenstoffsaures, salpetersaures und salpetersaures Ammoniak und überhaupt flüchtige und lösliche, salpetersaure oder Ammonialsalze gebildet, die vom Wasser aufgenommen und so der Wurzel zugeführt werden können. Die Pflanze nimmt also ihren Stickstoff wesentlich durch die Vermittelung des Ammoniaks, welches sich durch Diffusion im Luftraum verbreitet und so in das niedergeschlagene Wasser gelangt, auf. Daraus erklärt sich, wie durch die Vegetation auch auf sehr humusarmen und daher keinen Stickstoff lieferndem Boden eine sehr bedeutende Stickstoff-Production stattfinden kann, wie dieses z. B. der Fall ist, wo Kiefernwälder auf reinem Sandboden gedeihen, oder bei manchen Culturen, z. B. den Kieselwiesen. Auch sehen wir in vielen Fällen den Boden, nachdem er jahrelang kräftige Vegetation getragen, wie an Humusgehalt überhaupt, so auch insbesondere an Stickstoffgehalt nicht ab-, sondern vielmehr zunehmen, was eben beweist, daß die organischen Substanzen des Bodens, also der Humus, nicht direct zur Pflanzenernährung dienen, sondern nur indirect, hauptsächlich als Kohlen- und Stickstoffquelle, sowie auch außerdem durch ihre weiter unten zu besprechenden physikalischen Eigenschaften.

Eine zweite Stickstoffquelle für die Vegetation ist der, einen integrierenden

Theil der atmosphärischen Luft bildende, Stickstoff, auf dessen Kosten sich, wie zuerst Schönbein nachgewiesen hat, bei jeder Wasserverdunstung — sowie auch bei der Verbrennung — salpetrigsaures Ammoniak bildet, welches durch weitere Oxydation in salpetersaures Ammoniak übergeht; hierdurch erklärt sich der in der Atmosphäre, dem Regenwasser und dem Thaumieder-schlag nachweisbare Salpetersäuregehalt, dessen Quantität etwa der des Ammoniaks (s. o.) gleichkommt.

217. Blicken wir auf das bisher über die Nahrungsmittel der Pflanzen Gesagte zurück, so ergibt sich als allgemeines Resultat, daß die Pflanze die Elemente, welche die Hauptmasse ihres Körpers, nämlich ihre organischen Bestandtheile bilden, in der Form von Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und Salpetersäure, theils aus der Atmosphäre, theils mit dem durch die Wurzeln eingesaugten Wasser aufnimmt. So besteht also die Pflanzennahrung wesentlich aus unorganischen Verbindungen, und es kann dieses als ein charakteristischer Unterschied derselben von dem Thier, welches organischer Stoffe als Nahrung bedarf, angeführt werden. Die Pflanze verwandelt also die unorganischen Verbindungen, die ihr zur Ernährung dienen, in organische, und macht sie dadurch geschickt, vom Thier assimiliert zu werden. In zweiter Reihe aber, nämlich nach ihrer Abstammung, gehört die Pflanzennahrung den organischen Reichen an; denn Kohlensäure, Ammoniak und Wasser sind die Endproducte der Zersetzung aller organischen Substanzen, und die beiden ersteren kommen nachweislich zum größten Theil aus dem Humus oder den im Boden verwehenden Pflanzen- und Thierresten in die Atmosphäre und in das niedergeschlagene Wasser. So ist, nach Liebig's Ausspruch, der Tod, die völlige Auflösung einer untergegangenen Generation, die Quelle des Lebens für eine neue.

Das allgemeine Gesetz, daß die Nahrung der Pflanze unorganischer Natur sei, erleidet eine Ausnahme bei den eigentlichen Schmarozerpflanzen und den Pilzen, insofern diese schon organisirte Stoffe, die sie aus lebenden oder abgestorbenen und in der Zersetzung begriffenen Organismen schöpfen, zu ihrer Ernährung bedürfen.

218. Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen stammen sämmtlich aus dem Boden, auf dem dieselben wachsen. Der zur Pflanzen-ernährung dienliche Boden, also beispielsweise die Ackererde, ist, allgemein gesagt, ein Gemenge von Humus oder in Zersetzung begriffenen organischen Resten und von mineralischen (unverbrennlichen) Bestandtheilen, welche letztere durch Verwitterung der die Oberfläche der Erde bildenden Gesteine entstanden sind, und deren Beschaffenheit und Mischung daher von der Art dieser Gesteine abhängt. Indessen enthalten fast alle Bodenarten diejenigen Verbindungen, welche als im Pflanzenreiche allgemeiner verbreitete, wenn auch häufig nur in sehr geringer Menge vorhandene unorganische oder

Ashenbestandtheile vorkommen. Es sind dieses phosphor- und schwefelsaure Salze, Kochsalz (Chlornatrium), Kieselerde, Natron, Kali, Kalkerde, Talkerde (Magnesia), endlich Eisen- und Manganoxyd.

219. Schwefel und Phosphor in der Gestalt von schwefel- und phosphorsauren Salzen fehlen fast nie unter den mineralischen Bestandtheilen des Bodens. Der Gyps (schwefelsaurer Kalk) und der Apatit (phosphorsaurer Kalk) sind sehr allgemein in den Gesteinschichten verbreitet, aus deren Verwitterung das Erdreich gebildet wird. Jener ist für sich oder als schwefelsaures Ammoniak, dieser bei Anwesenheit von Kohlensäure oder von einem Ammoniaksalz im Wasser löslich, und so können beide obengenannten Elemente der Pflanze mit dem durch die Wurzel eingesaugten Wasser zugeführt werden. Indessen können diese beiden Elemente auch dem Schwefel- und Phosphorgehalt gewisser organischer Verbindungen ihren Ursprung verdanken, und namentlich finden sie sich reichlich in manchen thierischen Substanzen: Schwefel im Fleisch, im Blut und den Haaren, Phosphor im Urin, im Vogeldünger (Guano) und ganz besonders als phosphorsaurer Kalk (sogenannte Knochenerde) in den Knochen. Es werden daher bei der Fäulniß und Verwesung thierischer Reste und bei fortschreitender Zersetzung des Humus überhaupt Schwefel- und Phosphorsäure gebildet und treten mit dem vorhandenen Ammoniak zu leicht löslichen Salzen zusammen, die von der Feuchtigkeit des Bodens aufgenommen und so den Wurzeln dargeboten werden.

Das Chlor ist als Kochsalz oder Chlornatrium außerordentlich verbreitet in der Natur. In geringen Mengen, wie sie für den Bedarf der meisten Pflanzen ausreichen, findet sich Kochsalz fast in jedem Quellwasser vor. Die eigentlichen Salzpflanzen, die größere Quantitäten desselben bedürfen, zeigen sich an solche Localitäten gebunden, wo der Boden mit Salz geschwängert ist. Sie finden sich daher vorzugsweise an den Küsten des Meeres und hier landeinwärts so weit, als ihnen durch die Seewinde mechanisch emporgerissene Salztheilchen zugeführt werden können. Im Innern des Landes treten dieselben Pflanzenarten in der Nähe von Salinen wieder auf, und es kann aus ihrem Vorkommen mit ziemlicher Sicherheit auf einen beträchtlichen Salzgehalt des Bodens, auf dem sie wachsen, geschlossen werden.

220. Zu den verbreitetsten und oft in größter Menge vorkommenden mineralischen Bodenbestandtheilen gehören die Kieselerde und die Thonerde, wovon jedoch nur erstere in bemerkenswerther Menge durch die Pflanze aufgenommen wird.

Die Kieselerde ist für sich, als Quarz, Kies, Sand ein sehr verbreiteter und häufiger Bodenbestandtheil. Sie ist aber in diesem Zustand

durchaus unlöslich, und kann also von der Pflanze nicht aufgenommen werden; es müssen daher diejenigen Pflanzen, welche, wie namentlich die Gräser, sie bei normaler Vegetation in beträchtlicherer Menge aufnehmen, dieselbe unter einer andern Form im Boden finden. Sie muß erst „aufgeschlossen“ werden, d. h. in eine lösliche Form übergehen, und dieses geschieht durch den Proceß der Verwitterung. Die feldspathartigen Mineralien, welche im Granit, Porphyr, Thonschiefer, Basalt und anderen der allerverbreitetsten Gesteine einen wesentlichen und constanten Gemengtheil ausmachen, sind durchweg zusammengesetzt aus kiesel-saurer Thonerde und aus wechselnden Mengen der Kali-, Natron-, Kalk- und Bittererde-Silicate. Zunächst wird durch die eindringende Feuchtigkeit und die Einwirkung größerer Temperaturwechsel, namentlich durch das Gefrieren des Wassers in den Zwischenräumen, wobei es einen größeren Raum einnimmt, der mechanische Zusammenhang der Gesteinsmassen gelockert, sie zerbröckeln und werden dadurch der Einwirkung der Atmosphärrillen in verstärktem Maße zugänglich. Dann werden durch die mit Kohlensäure geschwängerten Wasserniederschläge aus der Atmosphäre die Alkalien und alkalischen Erden als kohlensaure Verbindungen in gelöstem Zustand fortgeführt, während ein Theil der Kieselsäure frei wird, und nun als lösliches Kieselerdehydrat von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen werden kann. So zerfallen die feldspathigen Gesteine allmählig in ein thoniges Erdreich, dessen bei fortschreitender Zersetzung sich mehrender Gehalt an Alkalien und Kieselerde, und zwar in löslicher und so zur Aufnahme durch die Pflanze geeigneter Form, eben seine Fruchtbarkeit bebingt.

221. Kali und Natron gehören zu den wichtigsten Pflanzennahrungsmitteln. Die Hauptquelle, aus der sie stammen, nämlich die Kali- und Natronfeldspathe, sind schon im Vorstehenden namhaft gemacht worden. Die Form, unter der sie in das Innere der Pflanzen aufgenommen werden, ist die löslicher Salze, welche von den Wurzeln eingefogen werden.

Die Kalkerde ist bald als reiner kohlensaurer Kalk, bald gemischt mit kohlensaurer Talkerde (im Dolomit), bald als Gyps (schwefelsaurer Kalk), oder als kiesel-saurer Kalk (in manchen Feldspathen) in ausgebreiteten Gesteinschichten ein Hauptbestandtheil unserer festen Erdrinde. Sie ist demnach an vielen Orten in dem aus der Verwitterung der anstehenden Gesteine gebildeten Boden vorherrschend. Indessen ist der reine Kalkboden nicht eben fruchtbar zu nennen; seine Vegetation ist eigenthümlich, aber ziemlich kümmerlich und einförmig, denn der Ueberfluß an Kalksalzen und der Mangel anderer unorganischer Bestandtheile wirkt schädlich auf viel zartere Gewächse ein. Die nur sehr geringe Kalkmenge, welche die große Mehrzahl der Gewächse zu ihrem Leben nothwendig bedarf, wird durch den schwachen

Kalkgehalt fast eines jeden, auch des nicht von Kalkgesteinen abstammenden Bodens, hinlänglich gedeckt.

222. Was endlich Eisen- und Mangan-Oxyd betrifft, als die letzten hier in Betracht kommenden Pflanzenbestandtheile, so sind dieselben in den meisten verbreiteteren Gesteinarten und daher fast in jedem Boden anzutreffen. Die Pflanzen bedürfen durchweg der Metalloxyde nur in kleinen Quantitäten, und ihr Ueberfluß wird der Vegetation leicht schädlich; aus diesem Grunde sehen wir sehr eisenhaltigen Boden öfter verhältnißmäßig wenig fruchtbar.

223. Aus der im Vorstehenden gegebenen speciellen Betrachtung der Hauptnahrungsmittel der Vegetabilien und ihrer Quellen ergibt sich das allgemeine Resultat, daß die Pflanzen ihre organischen Bestandtheile theils mittelbar, theils unmittelbar aus der Atmosphäre, ihre unorganischen Stoffe aber nur aus dem Boden schöpfen. Sie sind daher, da die Luftnahrung durch die Atmosphäre ihnen stets und überall reichlich zugeführt wird, in chemischer Beziehung wesentlich nur von den unorganischen Bestandtheilen des Bodens abhängig. Indessen sind die wichtigeren der den Pflanzen nothwendigen unorganischen Stoffe größtentheils sehr allgemein verbreitete, weßhalb auch, was jedoch nur von der wildwachsenden, sich selbst überlassenen Vegetation gilt, die chemische Constitution des Bodens in Bezug auf das Pflanzenwachsthum weit weniger in Betracht kommt, als die im Folgenden zu betrachtenden physikalischen Eigenschaften desselben.

Von den physikalischen Eigenschaften des Bodens sind zunächst in Anschlag zu bringen seine Cohäsion und sein Aggregatzustand, insofern dadurch das Eindringen der Atmosphärrillen und somit die Verwitterung und Zersetzung aller seiner Bestandtheile, wodurch dieselben erst aufgeschlossen und dadurch für die Vegetation nutzbar werden, bald mehr, bald weniger begünstigt und gefördert werden. Auch die Lage und Neigung des Bodens gegen die verschiedenen Himmelsgegenden, sowie seine Farbe sind, insofern sie einen verschiedenen Grad der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen bedingen, wohl zu berücksichtigen. Ferner ist die Zersetzung des Humus oder seine allmähliche Verwesung, die wir schon oben als eine langsame Verbrennung bezeichnet haben, auch als eine nicht unbedeutende Wärmequelle in Anschlag zu bringen. Ein sehr wichtiges physikalisches Moment aber ist die Fähigkeit des Bodens, Wasserdämpfe (sowie andere Gasarten, namentlich Kohlensäure und Ammoniak) zu absorbiren und das Wasser längere Zeit zurückzuhalten. Diese Eigenschaft, welche man als wasserhaltende Kraft zu bezeichnen pflegt, kommt in ganz ausgezeichnetem Grade dem Humus zu; indessen theilt er sie noch mit anderen, ebenfalls häufigen Bodenbestandtheilen, von denen namentlich der Thon und der feinzertheilte kohlensaure Kalk zu erwähnen sind. Die Thonerde wird nur von wenigen Gewächsen

und in ganz geringer Menge aufgenommen; dennoch zeigt die Erfahrung, daß ein gewisser, nicht zu sehr vorwiegender Gehalt des Bodens an Thon für die Vegetation außerordentlich günstig ist; der Grund hiervon liegt eben in der beträchtlichen wasserhaltenden Kraft desselben. Man hat in dieser Beziehung für verschiedene Bodenarten folgendes gegenseitiges Verhältniß gefunden. Die absorbirende und wasserhaltende Kraft ist am geringsten im reinen Quarzsand, welcher den Hauptbestandtheil des Sandbodens bildet, sie ist eine mittlere im Gyps- und Kalkboden, am beträchtlichsten findet sie sich im Thon- oder Lehm Boden und in humusreichen Erdarten, wie z. B. in der Gartenerde. Der Mergelboden steht, wie in seiner chemischen Constitution, so auch hierin, zwischen Kalk- und Thonboden; der reine Humus aber zeigt fast doppelt so große wasserhaltende Kraft, wie Thon und Gartenerde, die sich ungefähr gleichstehen. Das Nähere über die Verschiedenheit der Bodenarten nach ihrer geologischen Abstammung und die hierdurch, sowie durch ihren Humusgehalt, Aggregatzustand u. s. w. bedingten chemischen und physikalischen Eigenthümlichkeiten derselben lehrt die Bodenkunde.

Endlich besitzt, wie durch Liebig nachgewiesen wurde, die Ackerkrume und so jeder zur Pflanzenernährung geeignete Boden im Verhältniß seiner humosen Bestandtheile ein ausgezeichnetes Absorptionsvermögen für einige der wichtigsten Pflanzennahrungstoffe, namentlich Phosphorsäure, Kali, Natron, Ammoniak und Kieselsäure, welche sie ihren Lösungen entzieht und physikalisch gebunden zurückhält. Hierdurch wird die Ansammlung und gleichförmige Vertheilung dieser Nährstoffe im Boden gefördert, und der schädlichen Auslaugung des Bodens durch die atmosphärischen Niederschläge vorgebeugt. Wenn man die im Vorstehenden kurz aufgeführten physikalischen Wirkungen des im Boden enthaltenen Humus in Betracht zieht, wozu noch kommt, daß die Zersetzungsproducte des Humus, Kohlensäure und Ammoniak, die Löslichkeit vieler Bodenbestandtheile bewirken oder wesentlich erhöhen, so erklärt sich hieraus leicht die durch die Erfahrung festgestellte günstige Wirkung des Humus im Boden auf das Pflanzenwachsthum, obgleich derselbe kein directer Pflanzennahrungstoff ist.

224. Der directe Einfluß, den die chemische Zusammensetzung des Bodens auf die Gewächse, welche er trägt, ausübt, ist nach dem oben Gesagten wesentlich darauf beschränkt, daß derselbe ihnen die unorganischen Pflanzenbestandtheile liefert. Bei der wildwachsenden Vegetation wird durch die fortschreitende Verwitterung diesem Bedürfnisse um so eher vollständig genügt werden können, als die Pflanzen selbst dem Boden, worauf sie wachsen, beständig die ihm entzogenen Elemente zum großen Theil wieder zurückgeben: die ausdauernden durch den Laubfall und die absterbenden Theile überhaupt, die jährigen, indem der ganze Pflanzenkörper an der Stelle,

wo er gewachsen, der Zersetzung anheimfällt, wodurch jedenfalls die Aschenbestandtheile, von denen es sich hier eben handelt, wieder in den Boden zurückkehren, und so einer folgenden Generation direct zu Gute kommen können.

Bei unseren Culturpflanzen, deren Anbau im Großen Gegenstand des Ackerbaues ist, tritt aber ein anderes, eigenthümliches Verhältniß ein. Diese entziehen nämlich dem Boden, auf dem sie in so beträchtlicher Anzahl und meist dicht gebrängt cultivirt werden, verhältnißmäßig große Quantitäten jener unorganischen Stoffe, welche dann mit der Ernte weggenommen werden, und so dem Boden dauernd entzogen bleiben. Wird nun dieselbe Cultur öfter auf demselben Boden wiederholt, so muß er bald mehr, bald weniger rasch und vollständig an denjenigen Mineralstoffen, deren die betreffende Pflanze vorzugsweise bedarf, Mangel leiden, der Boden wird erschöpft sein, aber nur relativ, d. h. es fehlen ihm augenblicklich die für die seitherige Culturpflanze speciell nothwendigen unorganischen Bestandtheile, während alle übrigen noch in hinlänglicher Menge vorhanden sein können, und während der Humusgehalt sogar in vielen Fällen nicht merklich abgenommen hat. Es ist also der Mangel bestimmter unorganischer Bodenbestandtheile oder Pflanzennahrungsmittel, der die Erschöpfung und relative Unfruchtbarkeit des Bodens nach wiederholten Culturen von gleichem oder ähnlichem Charakter verursacht. Diesem Uebelstand vorzubeugen oder abzuwenden, haben wir dreierlei, seit längster Zeit in der Praxis der Landwirthschaft eingeführte und bewährte Mittel, nämlich die Brache, die Wechselwirthschaft und die Düngung, deren pflanzenphysiologische Bedeutung im Folgenden kurz dargelegt werden soll; die speciellere Ausführung dieses Gegenstandes ist Sache der Agriculturchemie.

225. Bei der Brache wird der Acker, der eine gewisse Reihe von Jahren cultivirt war, wieder eine bestimmte Zeit lang sich selbst überlassen, wo er dann mit natürlicher Vegetation sich bedeckt. Diese wird, wenn der Acker bestellt werden soll, entweder an Ort und Stelle verbrannt, wie beim „Rasenbrennen“ und der sogenannten „Reithwirthschaft“, oder untergepflügt. In beiden Fällen kommen die Aschenbestandtheile dieser Pflanzen wieder in den Boden, und zwar in einer Form, in der sie leicht von der nachfolgenden Generation der Culturpflanzen aufgenommen werden können. Das Wesen der Brache besteht offenbar darin, daß während der Zeit des Brachliegens im Boden sich neue Quantitäten der unorganischen Nahrungsmittel durch Aufschließen der Gesteine ansammeln können, während demselben in geraumer Zeit durch Wegnahme der Ernten nichts entzogen wird, woraus die günstige Wirkung der Brache als des einfachsten Mittels, die Bodenerschöpfung zu heilen, sich erklärt.

226. Die Wechselwirthschaft beruht auf der Beobachtung, daß ein Boden, der durch wiederholten Anbau für gewisse Pflanzenculturen untauglich geworden, doch für andere oft noch sehr geeignet ist, und daß daher, wenn eine Reihe von Jahren eine angemessene Fruchtfolge oder Abwechslung der Culturen eingehalten worden, man wieder mit Vortheil zu den früheren zurückkehren kann. Nun bedürfen aber verschiedene Culturpflanzen verschiedene mineralische Bodenbestandtheile als unorganische Nahrungsmittel vorzugsweise zu ihrem Gedeihen, so z. B. die Gräser, also auch unsere sämmtlichen Getreidearten: Kieselerde, die Pflanzen mit vorherrschender Samen-Entwicklung: Phosphorsäure, der Tabak und die Hülsenfrüchte: Kalk, die Rüben: Kali, der Weinstock: Natron. Man hat hiernach die Culturgewächse als Kiesel-, Kalk-, Kalipflanzen u. s. w. unterschieden. Würde man dieselbe Pflanzenart oder solche, die der gleichen Gruppe angehören, stets wieder auf demselben Felde cultiviren, so müßte sich der Boden an einzelnen seiner unorganischen Bestandtheile erschöpfen. Durch angemessene Abwechslung aber von Kiesel-, Kalk-, Kalipflanzen u. s. w. gewinnt derselbe Zeit, neue Quantitäten der ihm entzogenen Stoffe durch Aufschließung der mineralischen Grundlage anzusammeln, so daß nach einem bestimmten Umlauf von Jahren dieselben Culturen mit Vortheil wiederkehren können. Beispielsweise führen wir hier einen solchen Fruchtwechsel, wie er in der Praxis sich bewährt hat, unter Angabe des vorwiegenden Charakters, den die betreffenden Pflanzen in Bezug auf ihre Aschenbestandtheile zeigen, an. Es wird hier immer beim Beginn der ganzen Fruchtfolge, also alle fünf Jahre, gedüngt.

1tes Jahr.	2tes Jahr.	3tes Jahr.	4tes Jahr.	5tes Jahr.
Kartoffeln oder Kunfelrüben.	Weizen.	Klee.	Weizen mit Brachrüben.	Hafer, Roggen oder Gerste.
Kalipflanze.	Kieselpflanze.	Kalipflanze.	Kiesel- Kali- } Pflanze.	Kiesel- Kalk- } Pflanze.

6tes Jahr wieder wie 1tes,

7tes " " " 2tes u. j. f.

227. Das wirksamste Mittel, die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten und wieder herzustellen, ist die Düngung, deren Wesen darin besteht, daß wir die dem Boden entzogenen Bestandtheile, welche für das Gedeihen der Pflanzen nothwendig sind, demselben durch den Dünger in möglichst vortheilhafter Form wiedergeben. Der gewöhnlich angewendete Dünger, der Stallmist, besteht bekanntlich aus thierischen Abfällen und Excrementen, vermischt mit Stroh, Laub u. dgl., also pflanzlichen Ueberresten. Dieser Dünger enthält somit alles zur Humusbildung nöthige Material, und in der That erkennen wir an der oft gedüngten Gartenerde schon aus ihrer Farbe den Humusgehalt, den auch die genauere Untersuchung bestätigt. Das

wesentlich Wirksame des Düngers liegt aber weder in seinem Humus noch in seinem Stickstoffgehalt, sondern vorzugsweise in seinen unorganischen Bestandtheilen; dem entsprechend zeigt er sich auch um so wirksamer zur Förderung der Vegetation, je reicher er an letzteren ist. Darum sind die flüssigen Excremente im Allgemeinen bessere Düngungsmittel als die festen, weil sie nämlich mehr von diesen Ersatzstoffen der unorganischen Pflanzenbestandtheile enthalten; der Harn der Säugethiere zerfällt bei der Fäulniß fast ohne Verlust in phosphorsaures, kohlen-saures und salpetersaures Ammoniak, während dagegen in dem Koth die Kohlenstoffverbindungen vorwiegen. Man sammelt daher auf wohlangelegten Düngstätten die Fauche und gießt sie von Zeit zu Zeit wieder auf den Düngerhaufen, oder man bringt sie, mit Wasser verdünnt, für sich auf das Culturland, wo sie sich als ein außerordentlich kräftiges Düngmittel bewährt. Aus dem Dünger entweicht, wie man sich leicht durch den Geruch überzeugt, stets eine große Menge Ammoniak in gasförmiger Gestalt und geht so dem zu düngenden Boden verloren. Um dieses zu vermeiden, ist eine Beimischung von Schwefelsäure, von Gyps oder von gebranntem Kalk unter den Dünger sehr dienlich, weil hierdurch das Ammoniak als schwefelsaures Ammoniak fixirt und dem Boden wieder zugeführt wird.

228. Der Vogeldünger ist, da bei diesen Thieren keine deutliche Scheidung und kein getrennter Auswurf der festen und flüssigen Excremente stattfindet, außerordentlich reich an denjenigen Salzen, welche auch im Harn der Säugethiere vorhanden sind. Er wirkt daher sehr förderlich auf die Vegetation, bedarf jedoch wegen seiner Schärfe einer Beimischung von anderen, mehr indifferenten Bestandtheilen. Der sogenannte Guano, der in ganzen Schiffs-ladungen, und zwar vorzugsweise von der Westküste Südamerikas und den benachbarten Inseln zu uns gebracht wird, besteht leblich aus den in jenen fast regenlosen Gegenden massenweis angehäuften Excrementen von Seevögeln. Daher besteht sein Hauptgehalt eben in jenen obengenannten Harnsalzen, und er wirkt bei zweckmäßiger Mischung mit anderen Substanzen, durch seinen Gehalt an Phosphorsäure und Stickstoff, nebstdem an oxalsaurem und schwefelsaurem Ammoniak, als ein äußerst kräftiges Düngmittel. Die Knochen werden gemahlen, als sogenanntes Knochenmehl, und mit einer verdünnten Säure aufgeschlossen, d. h. löslich gemacht, häufig mit großem Erfolg zur Düngung angewendet. Sie wirken vorzugsweise durch ihren reichen Gehalt an Phosphor, welcher als phosphorsaurer Kalk die sogenannte Knochenerde bildet. Diese Düngung ist namentlich für solche Culturen vortheilhaft, wo stickstoffreiche Substanzen erzeugt werden sollen, deren Production erfahrungsgemäß durch das Vorhandensein der Phosphorsäure erhöht wird; auch enthalten die Samenhüllen ganz allgemein phosphorsauren Kalk. Der zweite, organische Bestandtheil

der Knochen, der Knochenleim, ist stickstoffhaltig, und zerlegt sich unter Ammoniak-Entwicklung, wodurch zugleich der in den feinsten Zwischenräumen der organischen Substanz abgelagerte phosphorsaure Kalk frei wird.

Sonstige Düngungsmittel von ausschließlich animaler Abstammung, die jedoch im Ganzen seltener zur Anwendung kommen, sind Blut, Haare, Wolle, Woll- und Fleischabfälle u. s. w. Sie wirken ähnlich wie die thierischen Excremente, nur sind sie meistens noch durch ihren sehr bedeutenden Schwefelgehalt charakterisirt. In manchen Küstengegenden werden auch die gemeinen, nicht eßbaren Fische und andere Seethiere mit großem Vortheil zur Düngung verwendet; sie wirken ähnlich wie der Guano.

229. Die vegetabilische Düngung wirkt im Ganzen weniger energisch als die animalische, namentlich weil aus pflanzlichen Substanzen bei deren Zerlegung weit weniger Ammoniak entwickelt wird, als aus thierischen. Daher wird der pflanzliche Dünger am zweckmäßigsten mit thierischem gemengt angewendet, wie das in der gewöhnlichen Praxis bei Anwendung des mit Stroh, Laub u. dgl. vermengten Stallmistes geschieht. Indessen kann auch vegetabilische Düngung für sich sehr vortheilhaft wirken, indem dadurch immerhin eine gewisse Quantität organischer wie unorganischer Nahrungsmittel, die der folgenden Pflanzengeneration zu Gute kommen, in den Boden gelangt. Man hat z. B. in Weinbergen, wo der Abfall beim Beschneiden der Reben in den Boden gebracht wurde, eine fast eben so beträchtliche Wirkung davon gesehen, als von der Anwendung gewöhnlichen Stalldüngers. Bei der Gründüngung wird die Grasnarbe des Bodens oder dessen Unkrautpflanzen (wie bei der Brache) oder endlich die krautartigen Abfälle, z. B. der Rüben und der Kartoffeln, untergepflügt.

Da nach dem oben Gesagten bei der directen chemischen Wirksamkeit der Düngung hauptsächlich die unorganischen oder Aschenbestandtheile der Pflanzen in Betracht kommen, so liegt es nahe, daß die Asche ein sehr gutes Düngmaterial sein muß, indem sie die genannten Stoffe in allerreinsten compendiöser Form enthält. In der That sind sowohl Holz- als Torfasche, welche beide sehr reich an Alkalien sind, als vortreffliche Düngungsmittel längst bekannt.

230. Die Wirksamkeit der meisten mineralischen oder sogenannten „chemischen“ Düngungsmittel erklärt sich leicht aus dem Vorstehenden. In ihnen wird ein bestimmter, für die Pflanze nothwendiger, unorganischer Bestandtheil dem Boden und dadurch der Pflanze zugeführt. Wir nennen von den hierher gehörigen, gewöhnlicher angewendeten Substanzen nur das Kochsalz (Chlornatrium), das Glaubersalz (schwefelsaures Natron), den Chili- oder Würfel-Salpeter (salpetersaures Natron) und den Gyps (schwefelsaurer Kalk). Dabei ist jedoch zu beachten, daß diese düngenden Substanzen immer nur einseitig wirken, während der gewöhnliche Mist oder

Stalldünger die unorganischen Pflanzennahrungsmittel collectiv enthält, und außerdem auch noch durch seinen Humusgehalt in anderer Beziehung förderlich wirkt.

231. Endlich ist bei vielen Düngungsarten auch noch die physikalische Wirksamkeit wohl in Anschlag zu bringen. Gerade in dieser Beziehung wirkt der gewöhnliche Stalldünger durch seinen Humusgehalt ganz besonders vortheilhaft, indem derselbe die Fähigkeit des Bodens, Gasarten und Wasserdämpfe anzuziehen und zu verdichten, wesentlich erhöht, denselben lockert und erwärmt und seine Absorptionsfähigkeit für die Pflanzennahrungsstoffe bedingt. Aus dem gleichen Grund ihrer physikalischen Wirkung sind auch der (gebrannte) Thon und das Kohlenpulver als Beimischung bei gewissen Bodenarten von außerordentlich förderlichem Einfluß auf die Vegetation. Bei manchen Düngungsmitteln ist die mechanische und die chemische Wirkung in verschiedenem Verhältniß combinirt, so z. B. beim Mergel, einem kalkhaltigen Thon, der in feinerdiger Zertheilung auf Torfboden, in sehr humusreichem Erdreich und zur Auflockerung schweren Thonbodens gebraucht wird. In gleicher Weise wird der Kalk, theils frisch gebrannt, theils nachdem er wieder Kohlensäure aus der Luft aufgenommen, als sogenannter zerfallener Kalk zur Verbesserung des Torfbodens, dessen freie Humusäuren er zugleich als kräftige Basis neutralisirt, angewendet.

### 3. Kapitel. Von der Aufnahme und Assimilation der Pflanzennahrung.

232. Die Pflanzennahrung wird, wie im Vorstehenden gezeigt wurde, entweder im gasförmigen Zustande aus der Luft und zwar durch die oberirdischen krautartigen Theile, namentlich die Blätter, aufgenommen, oder sie wird aus dem Boden, der sie theils absorbiert, theils in Lösung enthält, durch die Wurzel aufgesogen.

Die Organe der Einsaugung sind die durch fortwährendes Weiterwachsen der Wurzelverzweigungen sich stets erneuernden Wurzelspitzen, sowie die unmittelbar oberhalb derselben, bald mehr bald weniger reichlich vorhandenen Wurzelhaare. Daher sind überhaupt nur die jüngeren Theile der Wurzelorgane der Einsaugung; werden sie zerstört oder sind sie außer Berührung mit Flüssigkeit, so saugt die Pflanze nicht ein, auch wenn die ganze übrige Wurzel mit Flüssigkeit umgeben ist. Dagegen saugt eine Pflanze auch dann ihren ganzen Bedarf an Wasser auf, wenn nur allein die äußersten Theile der Wurzelsfasern in dasselbe eingetaucht sind.

233. Die bei der Einsaugung der flüssigen Pflanzennahrung, sowie bei der Bertheilung der Säfte im Pflanzenkörper vorzugsweise wirksame Kraft heißt Endosmose. Man kann sie durch folgenden einfachen Versuch anschaulich machen und durch zweckmäßige Abänderung desselben ihre

Wirkungsweise und die Gesetze ihres Verhaltens näher bestimmen. Eine lange, cylindrische, mit einer Skala versehene Glasröhre wird unten durch eine querübergespannte organische Haut verschlossen, wozu man sich einer thierischen Blase, der häutigen Hülse des Blasenbaums (*Colutea*) oder des sogenannten Pergamentpapiers bedienen kann. Hierauf wird sie mit einer Lösung von Gummi, Zucker u. dgl. theilweise angefüllt und mit ihrem untern Ende in ein weiteres, mit Wasser gefülltes Glasgefäß eingetaucht. Es wird sich nun nach einiger Zeit finden, daß die Flüssigkeit in der Röhre gestiegen ist, und zwar geschieht dieses mit einer beträchtlichen Kraft, die man messen kann, wenn man statt der geraden eine doppelt gebogene Röhre anwendet, in deren einem Schenkel eine Quecksilbersäule sich befindet. Dieser Versuch beweist, daß von dem Wasser beständig durch die Haut hindurch in die Lösung einströmt, was man eben als *Endosmose* bezeichnet, während andererseits das Wasser etwas von der Lösung aufgenommen haben wird (*Osmose*); für beide Vorgänge kann man auch den gemeinschaftlichen Ausdruck *Diosmose* gebrauchen. Das gleiche Resultat erhält man, wenn in dem äußern Gefäß eine weniger gesättigte, in der Röhre eine gesättigtere Lösung derselben Substanz angewendet wird. Wird dagegen umgekehrt das Wasser oder die weniger gesättigte Lösung in die Röhre gefüllt, so findet ein Austrreten von Flüssigkeit aus dieser und somit ein Fallen des Inhalts der Röhre statt. Hierbei findet also stets ein vorwiegendes Einströmen der weniger dichten Flüssigkeit in die dichtere durch die organische Haut hindurch statt. Das allgemeine Gesetz, welches diesen Erscheinungen zu Grunde liegt, ist das der *Diffusion*, wonach differente Flüssigkeiten oder Gase, bei gegenseitiger Berührung oder wenn sie durch eine permeable Substanz getrennt sind, sich durch gleichmäßige Vertheilung ins Gleichgewicht zu setzen suchen; das Gleiche gilt von zwei Lösungen von ungleicher Concentration, welche durch eine organische Haut von einander getrennt sind, doch muß letztere im Wasser quellungsfähig sein, um die *Endosmose* zu vermitteln. Die Kraft, womit dieses geschieht, ist von der Natur und dem Concentrationsgrad der Flüssigkeiten, sowie von der Beschaffenheit der zwischenliegenden Membran abhängig; die letztere scheint in dem Grad, als die Flüssigkeit eine stärkere Adhäsion zu ihrer Substanz zeigt, fördernd auf die Einströmung zu wirken.

234. In der lebenden Pflanze und zunächst in den Wurzelspitzen derselben finden wir alle Bedingungen einer kräftigen *Endosmose* vor. Ihre sich stets erneuernden Zellen sind aus einer dünnen, für Flüssigkeiten leicht durchdringlichen Membran gebildet; sie sind mit einem Inhalt, der eine mehr oder weniger concentrirte Lösung von Gummi, Dextrin, Zucker und Proteinkörpern darstellt, erfüllt, wogegen das sie äußerlich umgebende Wasser eine sehr verdünnte Lösung verschiedener Gase und Salze darstellt. Es

wird daher durch die Oberfläche der Wurzelenden nach den Gesetzen der *Endosmose* eine beständige Auffaugung der in ihrer nächsten Umgebung befindlichen in Wasser gelösten Nahrungstoffe, stattfinden und die aufgenommene Flüssigkeit wird durch den gleichen Proceß von Zelle zu Zelle weiter ins Innere der Wurzel vordringen. Bei denjenigen Pflanzen, welche mit ihren Wurzeln ins Wasser reichen, ist diese *endosmotische* Einsaugung durch die Wurzelspitzen von selbst klar. Ganz analog verhält sich die Wurzel im Boden zu den überall in seinen kleinsten Zwischenräumen vertheilten Wasserpartikelchen und den durch sie gelösten Stoffen. Hierbei werden durch die *endosmotische* Wirkung des Inhalts der Wurzelhaare sowie der jüngsten Zellen der Wurzelspitze zunächst die unmittelbar anliegenden Wassertheilchen nebst den darin gelösten Moleculen der Pflanzennahrungstoffe aufgesogen, worauf zum Ersatz derselben die Feuchtigkeit aus den weiter entfernten Bodenparthien nachrückt, daher die ganze Umgebung der Pflanzenwurzel in Folge der auffaugenden Wirkung derselben allmählig gleichmäßig austrocknet; erst nachdem dieses vollständig geschehen, beginnen die krautartigen Theile zu welken. Bei den durch die Absorptionskraft des Bodens (s. S. 198) zurückgehaltenen Pflanzennahrungstoffen bedarf es aber noch eines besonderen Anstosses zur Ueberwindung des durch dieselbe bedingten Widerstands; dieser wird dadurch gegeben, daß die Wurzelspitzen beständig Kohlensäure ausscheiden, was u. A. dadurch bewiesen wird, daß Wurzeln da wo sie auf Kalkgesteine (kohlen-sauren Kalk) treffen, diese eben in Folge ihrer Kohlensäureausscheidung theilweise auflösen und so rinnenförmige Einbrüche auf denselben ausnagen.

235. Das aufgesaugte Wasser nimmt schon auf seinem Weg durch die Wurzelenden und später im ganzen Verlauf seiner weiteren Bahn lösliche organische Bestandtheile auf. Daher ist die flüssige Pflanzennahrung, welche von ihrem ersten Eintritt in den Organismus an den Namen des rohen Nahrungsafts führt, als eine organisirte Flüssigkeit zu betrachten. Dieser rohe Nahrungsaft trifft nun zunächst aus allen Abtheilungen und Verzweigungen der Wurzel in ihrem Hauptstamme zusammen, indem die fortwährend neu aufgesaugte Flüssigkeit ihn immer weiter vorwärts, d. h. aufwärts drängt. So tritt er dann in die Basis des Stengels oder Stamms ein, und stellt von hier an einen mehr oder weniger continuirlichen aufsteigenden Saftstrom dar. Sobald der eingetretene Saft die äußersten, nur aus Zellgewebe bestehenden Wurzelenden verlassen hat, bewegt er sich in den Elementartheilen der Gefäßbündel weiter, die durch ihre gestreckte Gestalt seinem Fortschreiten in der Längsrichtung der Theile am wenigsten Hindernisse darbieten. So gelangt er nach dem Zug und der Vertheilung der Gefäßbündel vom Stengel oder Stamm in die Aeste, von da in die Zweige und weiter zu den Blattorganen, in denen er

sich durch das Gefäßbündelnetz der Nerven und Adern gleichmäßig verbreitet. Wo die Gefäßbündel mangeln, bei den Zellpflanzen nämlich, da findet auch kein Saftstrom in bestimmter Richtung statt; auch ist ja bei den sämtlichen Lagerpflanzen, welche den größern Theil der Zellpflanzen ausmachen, kein besonderes zur Auffaugung bestimmtes Organ, keine Wurzel, vorhanden, indem Wurzel, Stengel und Blatt noch im Thallus verschmolzen sind. Daher geschieht hier die Auffaugung durch die ganze Oberfläche, von wo aus sich die Flüssigkeit endosmotisch von Zelle zu Zelle durch die ganze Masse des Lagers hindurch vertheilt.

236. Der im Stamm aufsteigende Saftstrom verbreitet sich durch diesen selbst und durch seine Verzweigungen nach allen peripherischen Theilen der Pflanze hin. Die Kraft, welche ihn zunächst in Bewegung setzt und erhält, oder die sogenannte Wurzelkraft, ist offenbar nichts anderes als die fortwährende endosmotische Einsaugung der Wurzelenden, indem hierdurch beständig neuer Saft nachdrängt und so den vorhandenen vor sich her bewegt.

Das Auftreten und die Stärke des aufsteigenden Saftstroms zeigt sich in der That unmittelbar abhängig von der Einsaugung der Wurzelenden und deren Intensität. Geschieht die letztere gleichförmig und ununterbrochen, wie bei unseren krautartigen Pflanzen und wahrscheinlich bei vielen Bäumen der wärmeren Klimate, dann ist auch das Aufsteigen des Saftes gleichförmig und continuirlich. Dagegen zeigt sich bei den Holzgewächsen derjenigen Klimate, wo die Winterkälte die Vegetationsthätigkeit auf einige Zeit unterbricht, bei deren Wiederbeginn im Frühjahr um so auffallender das Vorhandensein eines vorwärts schreitenden Saftstromes im sogenannten Frühlingsaft. Bei manchen unserer einheimischen Bäume wiederholt sich nach der verhältnißmäßigen Ruhe der trockenen Sommerzeit dasselbe Phänomen in schwächerem Grade; das ist dann der sogenannte Augustsaft oder Johannistrieb.

237. Wenn man an einem im Frühlingsaft stehenden Holzgewächs einen Einschnitt oder sonst eine Verletzung am Stamm oder einem Zweig anbringt, so läßt sich durch das beständige Ausströmen des Saftes das Vorhandensein des aufsteigenden Saftstroms direct nachweisen. So fließt bekanntlich im Frühjahr aus Bohrlöchern, die man am Stamm des Zuckerahorns, der Birke u. s. w. anbringt, ein zuckerhaltiger Saft in sehr beträchtlicher Menge aus. Werden Bäume im Frühjahr gefällt oder Aeste derselben abgeseigt, so erscheint auf der Schnittfläche der aufsteigende Saft als eine mehr oder weniger reichlich austretende Flüssigkeit. Diesen Saftaustritt aus verletzten Stellen hat man auch wohl als „Bluten“ bezeichnet. Auch das „Thränen“ des Weinstocks gehört hierher; so bezeichnet man bekanntlich die Erscheinung, daß im Frühjahr aus den Schnittflächen der beim Beschneiden der Reben

abgeschnittenen Aeste eine wässerige Flüssigkeit — eben der aufsteigende Saft — tropfenweis hervorquillt.

An solchen angeborten oder abgeschnittenen Stengeln und Zweigen ist es auch möglich, die Größe und Kraft des Saftstromes zu messen, worüber zuerst der englische Geistliche Steph. Hales viele lehrreiche Versuche angestellt und in seinem Werke: *Vegetable Statics*, London 1727, bekannt gemacht hat. Befestigte er z. B. eine Glasröhre auf einem 7 Zoll über dem Boden abgeschnittenen Weinstock, so sah er den austretenden Saft in dieser 25—36 Fuß hoch sich erheben. Wenn man ferner auf einen solchen abgeschnittenen Stengel eine erst abwärts und dann wieder aufwärts gebogene Glasröhre befestigt und in ihre beiden Schenkel Quecksilber füllt, so läßt sich die Kraft, womit der Saft aus der Schnittfläche dringt, an der Hebung der Quecksilbersäule direct messen. Man hat so gefunden, daß diese Kraft einer Quecksilbersäule von 38 Zoll oder einer Wassersäule von 43 Fuß das Gleichgewicht hält, und daß sie somit fünfmal stärker ist als diejenige, womit sich das Blut in der großen Schenkelarterie eines Pferdes bewegt.

238. Betrachten wir den Querschnitt eines im Frühlingsaft stehenden Stammes oder holzigen Zweiges, so zeigt sich deutlich, daß der wesentlich aus Gefäßbündeln gebildete Holzkörper das Organ der Saftleitung ist, wobei sich jedoch seine verschiedenen Regionen in Bezug auf die Menge des aufsteigenden Saftes sehr verschieden verhalten. Das reife Holz ist einen großen Theil des Jahres hindurch und, wenn der Stamm beträchtlich alt ist, in seinem innern Theil immer verhältnißmäßig trocken und saftlos. Nur während des stärksten Strömens im Frühling zeigt sich der ganze Holzkörper von Säften durchdrungen; es sind dann namentlich auch die Gefäße von Saft angefüllt, der auf einem Querschnitt aus ihren Oeffnungen hervortritt, wie man sich an einer thränenden Rebe leicht überzeugen kann. Am stärksten safthaltig sind jedoch stets die äußeren Holzlagen oder der Splint; ebenso überhaupt die jüngeren, weniger verholzten Theile, namentlich die jährigen Triebe. In diesen ist auch noch das Mark als umfangreiches, safterfülltes Zellgewebe vorhanden, und steht durch weitere Markstrahlen in Verbindung mit den zelligen Rindenschichten. Auch im älteren Stamme dienen die Markstrahlen vermöge der radialen Richtung ihrer Zellen zur Herstellung der Verbindung zwischen den äußeren und inneren Lagen des Holzkörpers und den Schichten der Rinde, und vermitteln so eine seitliche, horizontale Bewegung des Saftes, während die Gefäße und gestreckten Zellen ihn in der Längsrichtung leiten.

Bei der Aufwärtsbewegung des Saftes durch die Gefäßbündel ist auch in Anschlag zu bringen, daß die Gefäße des Holzes und ebenso die Holzellen der Nadelhölzer als Haarröhrchen zu betrachten sind, welche eben hierdurch zur Safthebung mitwirken. Diese capillaren Hohlräume bilden ein

durch die verdünnten Stellen ihrer Wandungen und die offenen Tüpfel communicirendes Leitungssystem, in welchem sich der Saft, häufig von Luftblasen unterbrochen, bewegt.

Hiernach entscheidet sich die oft besprochene Frage, ob die Pflanzengefäße Saft oder Luft führen, dahin, daß dieselben in der Regel lufthaltig, in den jüngsten Pflanzentheilen aber, und auch in älteren zur Zeit der periodisch eintretenden größten Saftfülle mit Flüssigkeit oder mit Luft und Saft zugleich erfüllt sind. Das Gleiche gilt im Allgemeinen von den Elementarorganen des Holzes überhaupt, wobei jedoch noch besonders hervorzuheben ist, daß die verdickten Wände der Holzzellen begierig Wasser aufsaugen, und daher ebenfalls als Saftwege zu betrachten sind.

239. Wenn im weiteren Verlauf der Entwicklung sich die Knospen entfalten und der Baum oder Strauch sich mit Blättern bedeckt, so ergibt sich durch die Thätigkeit derselben, und zwar vorzugsweise durch ihre sehr energische Wasserverdunstung oder Transpiration (s. u.) ein weiteres Agens, welches auf die Saftbewegung von wesentlichem Einfluß ist. Es werden hierdurch nämlich die Säfte der peripherischen Theile fortwährend concentrirt, und in Folge dessen und zum Ersatz des verdunsteten Wassers nach den Gesetzen der Endosmose die wässerigen rohen Nahrungssäfte nach jenen Theilen hingezogen. Diese Anziehung des Saftes durch die Blätter kann man am deutlichsten an abgeschnittenen Zweigen beobachten, die man mit ihrem unteren Ende in Wasser stellt, welches dann bekanntlich mit großer Schnelligkeit eingesogen wird, und in alle Theile des Zweigs aufsteigt, was sich an der raschen Wiederbelebung aller Theile, wenn sie angewelkt waren, augenfällig zeigt. Wendet man bei diesen Aufsaugungsversuchen gefärbte Flüssigkeit an, so findet man, daß das Aufsteigen derselben vorzugsweise in den Gefäßen stattfindet, was sich daraus erklärt, daß diese als continuirliche Röhren der raschen Fortbewegung des Saftes am wenigsten Hindernisse entgegensetzen. Hierher gehören auch die Versuche von *Voucharie*, nach denen abgeseigte Bäume, denen man ihr Laub gelassen und die mit ihrem untern Ende in eine Auflösung von holzsaurem Eisen eingetaucht wurden, von den Gefäßen aus allmählig durch ihre ganze Holzmasse mit dieser Substanz imprägnirt wurden. Ganz ähnliche Resultate ergeben auch Einsaugungsversuche, an der lebenden unverletzten Pflanze angestellt. Wird z. B. eine Pflanze einige Zeit mit einer Auflösung von Cyaneisensaltum und nachher mit einer solchen von schwefelsaurem Eisenoxyd begossen, so können die Saftwege an dem in ihnen niedergeschlagenen Berlinerblau leicht erkannt werden. Man hat bei diesem Versuch an Bäumen, entsprechend dem oben Gesagten, theils in den Gefäßen des Holzes, theils in den Holzzellen selbst den charakteristischen Niederschlag gefunden.

Die Kraft, womit diese Anziehung des Saftes durch die Blätter geschieht, mißt man, indem man an das untere Ende eines abgeschnittenen Zweigs eine Glasröhre, die mit Wasser gefüllt ist, befestigt; und sie unten durch Eintauchen in ein Gefäß mit Quecksilber absperrt; man findet dabei, daß z. B. ein Zweig eines Apfelbaumes schon in einer Viertelstunde das Quecksilber 9—12 Zoll in der Röhre steigen macht, ein Rebzweig 4—5 Zoll während eines Tages, daß also jedenfalls den Blättern eine beträchtliche und vergleichungsweise rasch wirkende Anziehungskraft für die Säfte zukommt.

Der im Vorstehenden besprochene, im Stamm aufwärts und von da bis in die äußersten peripherischen Theile gehende Saftstrom erklärt sich somit aus dem Zusammenwirken mehrerer Ursachen, nämlich der Wurzelkraft, der Capillarität der gestreckten Hohlräume der Gefäßbündel, der Aufsaugung durch die Wandungen der Holzzellen, und endlich aus der durch Temperaturveränderungen bewirkten Ausdehnung und Zusammenziehung der in den Luftwegen enthaltenen Luft.

240. Eine zweite Art von Saftbewegungen ist die innerhalb der einzelnen Zellen in sich abgeschlossene Strömung des Protoplasma; sie ist entweder eine Rotation, d. h. ein continuirlicher Kreislauf der gesammten Plasmatmasse, oder eine Circulation einzelner Plasmaströmchen, welche gleichzeitig oder intermittirend und häufig in verschiedenen Richtungen verlaufen. Am längsten ist die Rotationsbewegung in den großen schlauchförmigen Zellen von *Chara flexilis*, einer auch bei uns in Sümpfen wachsenden Wasseralge, bekannt, welche im Jahre 1772 von *Corti* entdeckt wurde. Die Bewegung des den innern Zellenumfang einnehmenden Protoplasmas steigt hier an der Zellwand einerseits aufwärts, biegt oben um, geht an der anderen Seite herab und lenkt unten wieder in die aufsteigende Richtung ein; in der Mitte der Zelle ist eine unbewegte Saftschrift, welche, wie eine etwas schief liegende Längscheidewand, das Gebiet des aufwärts- und des abwärtsgehenden Saftstroms von einander trennt. Auch in den anderen *Chara*-Arten, deren zusammengesetzter Bau jedoch die Nachweisung erschwert, und ebenso in den Gemebezellen von *Najas*, *Vallisneria* und andern untergetaucht wachsenden Wasserpflanzen, sowie auch in den einzelligen Wurzelhaaren von *Hydrocharis* ist diese Rotation des Protoplasma, deren Bahn stets dem größten Umfang der Zelle entspricht, zu beobachten.

Die Circulation der Plasmaströmchen, welche dabei häufig vom Zellkern ausgehen und zu ihm zurückkehren, jedoch auch unabhängig von demselben vorkommen, wurde schon oben (vgl. S. 134 und Fig. 411) erwähnt. Sie läßt sich namentlich leicht in den Zellen mancher Pflanzenhaare, z. B. bei der Kürbispflanze und an den zierlich gegliederten Staubfadenhaaren der *Gartenradescantie* (*Tradescantia virginica*) beobachten, scheint jedoch in

den Parenchymzellen jugendlicher, in lebhafter Vegetation begriffener Theile sehr allgemein verbreitet zu sein. Der Grund der Bewegungen dieses Protoplasma liegt wahrscheinlich darin, daß die verschiedenen Particellen desselben in Folge des gerade in diesem Theil des Zellinhalts sehr lebhaft vor sich gehenden Stoffwechsels eine sehr ungleiche Einsaugungsfähigkeit für Wasser besitzen.

241. In den peripherischen Theilen, insbesondere in den Blättern, werden die Pflanzensäfte in der Art umgewandelt, daß sie nun reich an plastischen, d. h. vollständig assimilirten Stoffen sind, welche zur Ernährung der Organe und als Material zu Neubildungen dienen können. Diese assimilirten Säfte zeigen ebenfalls Bewegungen, die in bestimmten Richtungen fortschreiten, und zwar im Allgemeinen von ihren Erzeugungs- zu ihren Verbrauchsorten hin. Häufig werden aber die plastischen Stoffe auch an gewissen Stellen der Pflanze zum Behuf späterer Verwendung vorübergehend abgelagert, wie dieses namentlich bei den perennirenden Pflanzen der Fall ist, in deren Stammtheilen oder Rhizomen sich im Herbst die zur Entwicklung der nächstjährigen Triebe bestimmten Reservenernährungsstoffe namentlich in der Form von Stärkemehl ansammeln, um dann im Frühjahr in die jungen Triebe wieder aufwärts geführt zu werden. Es können hiernach entweder zu verschiedenen Zeitperioden oder auch gleichzeitig die Bewegungen der assimilirten Säfte in verschiedenen Richtungen stattfinden, und es werden sich auch verschiedene Pflanzenformen hierin verschieden verhalten. Uebrigens findet hierbei nicht ein wirkliches Fortbewegen der gesammten Säftemasse statt, sondern wesentlich nur eine Translocation oder Wanderung der aufgelösten Stoffe, wobei diese oft verschiedenartige Umbildungen erfahren, so z. B. ist anzunehmen, daß das in den Blättern gebildete Stärkemehl durch Umwandlung in Traubenzucker gelöst und so fortgeführt wird, um in andern Theilen der Pflanze, z. B. in den Knollen, wieder als Stärkemehl ausgeschieden zu werden.

242. In den Holzgewächsen und insbesondere den Bäumen unserer Klimate ist die vorwiegende Bewegung der assimilirten Säfte im Sommer und Herbst die von der Laubregion abwärts gehende, weshalb man auch von einem absteigenden oder, im Gegensatz zu dem aufsteigenden, von einem rückkehrenden Saftstrom spricht, worunter nach dem vorstehend Gesagten eben die vorwiegend in dieser Richtung gehende Wanderung der plastischen Stoffe zu verstehen ist. Auf diesem Wege gelangen dieselben in der Wurzel zum Behuf ihrer Verlängerung und Verzweigung nach unten, in den Cambiumring des Stammes zur Bildung des neuen Holzes, sowie zu den Stellen, wo sich neue Knospen bilden und Reservenernährung, für deren spätere Entwicklung bestimmt, abgelagert wird.

Daß die Bewegung der assimilirten Säfte vorzugsweise in der Rinde stattfindet, worauf sich auch die Benennung des absteigenden Safts als Rindensaft bezieht, läßt sich leicht dadurch beweisen, daß bei der Wegnahme eines ringförmigen Rindenstücks (bis auf den Holzkörper) der Saft in Menge und längere Zeit aus dem oberen Wundrand austritt, während der untere bald vertrocknet, sowie daß bei Anbringung einer hinlänglich starken ringförmigen Einschnürung der Saft sich oberhalb derselben ansammelt. Stellt man einen so „geringelten“ Zweig einer leicht wurzeltreibenden Holzart ins Wasser, so treibt er nur oberhalb der Ringelungsstelle Wurzeln. Durch letzteren Versuch, sowie durch die mit der Zeit eintretende Bildung eines Holzwulstes oberhalb der Ringelung oder Einschnürungen und durch andere weiter unten (vgl. das folgende Kapitel) anzuführende Beobachtungen wird bewiesen, daß es eben die assimilirten oder plastischen Stoffe sind, die in der Rinde abwärts vorrücken. Hierbei verhalten sich jedoch die verschiedenen Gewebetheile der Rinde verschieden. Im Bast und namentlich in den Siebröhren oder Sitterzellen sind die stickstoffhaltigen plastischen Substanzen enthalten, sie führen einen an Eiweißkörpern reichen Schleim, während die Wanderung der stickstofffreien Nährstoffe oder der Kohlenhydrate in den parenchymatischen Theilen sowohl der Rinde als des Stammes stattfindet.

243. Der im Frühjahr im Holzkörper aufsteigende wässerige Rohsaft löst die im Parenchym, namentlich der Markstrahlen und des Marks abgelagerten stickstofffreien Reservenernährungsstoffe auf. Wenn dieselben aus Stärkemehl bestehen, so muß dieses, um in Lösung fortgeführt werden zu können, in Dextrin und Zucker übergeführt werden. Bringt man an einem im Frühlingsaft stehenden Zuckerahorn oder einer Birke Bohrlöcher in verschiedener Höhe an, so wird man den Saft, der aus denselben ausfließt, im Verhältniß wie sie höher über dem Boden angebracht sind, mehr und mehr zuckerhaltig finden; dagegen ist dieser im Holz aufsteigende Saft arm an Eiweißkörpern. Diese, welche für die Ausbildung der Knospen ebenfalls unentbehrlich sind, müssen aus dem im Basttheil der Rinde vorhandenen Vorrath entnommen werden, wie der Versuch beweist, daß an einem im Frühjahr geringelten Zweig die oberhalb dieser Stelle gelegenen Knospen nicht zur Entwicklung gelangen.

244. Im Parenchym der jüngsten, krautartigen Theile, besonders aber der Blätter, werden die durch die Gefäßbündel zugeleiteten Säfte assimilirt, d. h. in der Art umgewandelt, daß sie nun zur Ernährung und Neubildung geeignet sind; es geschieht dies hauptsächlich durch die Wasserverdunstung oder Transpiration und durch die Athmung oder Respiration, d. h. die Wechselwirkung mit den gasförmigen Bestandtheilen der Atmosphäre.

245. Die besonderen Organe, welche die Wechselwirkung der Pflanzensäfte mit der Atmosphäre vermitteln, sind die Spaltöffnungen (stomata)

der Oberhaut, da die aus fest verbundenen, meist lufthaltigen Zellen bestehende Epidermis selbst die Verdunstung hindert. Im Allgemeinen steht die Transpiration eines Theils im Verhältniß zur Menge seiner Spaltöffnungen (vgl. ob. S. 161); sie ist daher in der Regel größer auf der unteren Blattfläche als auf der oberen, geringer bei leberartigen, stärker bei zarthäutigen Blättern. Bei den sogenannten „Fleischpflanzen“, z. B. den Cactusarten, zeigt die Oberhaut fast gar keine Spaltöffnungen; es fehlt ihnen daher auch fast alle Transpiration, woraus sich eben die Menge der in ihrem Parenchym angehäuften wässerigen Säfte erklärt.

Die Spaltöffnungen sind für den Aus- und Eintritt der Luft und zugleich für den Durchgang der Wasserdämpfe in demselben Verhältniß wegsam, als ihre Spalte (porus) mehr oder weniger geöffnet ist, was eines theils von dem Verhalten der dieselbe umgebenden beiden Schließzellen (vgl. ob. S. 137), andertheils von der Mitwirkung der umgebenden Epidermiszellen abhängt. Es ist aber hierbei nicht, wie man früher annahm, nur der Feuchtigkeitsgrad des umgebenden Mediums maßgebend, sondern wesentlich auch die Einwirkung des Lichts. Im Allgemeinen zeigen sie bei intensivem Tageslicht den mittleren Grad der Deffnung, während sie sich bei Nacht, und wenn die Blätter mit Wasser benetzt werden, mehr schließen.

In demselben Verhältniß, wie die Säfte einestheils durch die Transpiration sich verdichten, strömt aus den benachbarten Theilen Wasser zu, welcher Verlust dann aus entfernteren Theilen und schließlich durch vermehrte Aufsaugung von Wasser aus dem Boden gedeckt wird. Da dieser Vorgang der Transpiration beständig fortbauert, so lange die umgebende Luft nicht vollkommen mit Wasserdünsten gesättigt ist, so wandern sehr bedeutende Quantitäten von aus dem Boden eingesogenem Wasser durch die Pflanze und werden an ihrer Oberfläche ausgehaucht. Die Versuche von Hales haben gezeigt, daß eine Sonnenblume während eines Tages  $1\frac{1}{3}$  Pfund, ein Zwergbirnbaum in 10 Stunden 15 Pfund Wasser transpirirt. Ein Morgen, mit Hopfen bepflanzt, würde nach ungefährer Berechnung in 12 Tagen über vier Millionen Pfund Wasser verdunsten, ein Morgen mit Obstbäumen etwa fünf Millionen Pfund. Beim Ueberwiegen der Wasseraufnahme über die Verdunstung treten an der Spitze und den Rändern der Blätter Wassertröpfchen aus, wie man das öfter bei jungen Graspflanzen sieht. Auch die Wasserabscheidung in den Schläuchen von Nepenthes (vgl. ob. S. 99 Fig. 143) gehört hierher.

246. Die Aufnahme von Feuchtigkeit durch die Blätter ist für die Mehrzahl der Pflanzen jedenfalls nur gering anzuschlagen; sie findet ebenfalls durch Vermittelung der Spaltöffnungen statt, da die lufthaltige Epidermis zur endosmotischen Wasseraufnahme wenig geeignet ist, und zudem bei vielen Pflanzen durch eine ihrer Oberfläche anhaftende dünne Luftschicht oder

einen Wachsüberzug vor Benetzung geschützt wird. Dagegen können die der Epidermisbildung entbehrenden niederen Pflanzen, wie z. B. die Moose und Flechten, die Feuchtigkeit der Luft durch ihre ganze Oberfläche aufnehmen.

Wenn die durch die Transpiration verdunstete Wassermenge durch die Zufuhr von außen, nämlich durch Aufsaugung aus dem Boden, nicht ausreichend ersetzt wird, so welken die krautartigen Theile; bei den Bäumen dient jedoch der umfangreiche Holzkörper gewissermaßen als Wasserreservoir, daher diese Erscheinung hier weniger leicht eintritt. Daß sich welke Theile bei einem leichten, nicht in den Boden eindringenden Regen, oder wenn sie mit Wasser besprengt werden, wieder erholen, beruht nicht sowohl auf directer Wasseraufnahme, als vielmehr auf der durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre wesentlich verminderten Transpiration.

247. Unter Athmung oder Respiration der Pflanze verstehen wir im Allgemeinen den Austausch gasförmiger Stoffe zwischen ihr und dem sie umgebenden Medium, der Atmosphäre oder dem Wasser. Der Hauptvorgang der Pflanzenrespiration ist die in den chlorophyllhaltigen Theilen unter Einfluß des Lichts vor sich gehende Aufnahme von Kohlensäure und Ausscheidung von Sauerstoff; es findet aber auch stets der entgegengesetzte Vorgang, nämlich die Aufnahme von Sauerstoff und Aushauchung von Kohlensäure statt, und zwar bei den grünen Pflanzentheilen im Dunkeln, also bei Nacht, und außerdem beständig da, wo die Gewebe kein Chlorophyll enthalten, wie in den nicht chlorophyllhaltigen Pflanzentheilen und ganzen Pflanzen, also den blattlosen Schmarozern und den Pilzen.

248. Das Hauptphänomen der Pflanzenathmung läßt sich leicht durch den Versuch nachweisen; bringt man Blätter oder andere grüngefärbte Pflanzentheile unter Wasser, welches immer luft- und kohlenstoffhaltig ist, und setzt sie so dem Einfluß des Sonnenlichts aus, so zeigen sich bald an ihrer Oberfläche Bläschen, welche aus reinem Sauerstoffgas bestehen. Läßt man Pflanzen oder beblätterte Zweige in einem abgesperrtem Raum in atmosphärischer Luft, der Kohlensäure bis zu  $\frac{1}{12}$  ihres Volumens zugefugt wurde, vegetiren, so verschwindet letztere, und es wird Sauerstoffgas dafür ausgeschieden, dessen Menge im Verhältniß der der Pflanze zugeführten Kohlensäure steht.

Die Sauerstoffabscheidung der grünen Pflanzentheile ist ein Ernährungs- vorgang. Die Pflanzennahrungsmittel, welche die organische Pflanzensubstanz bilden: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure sind hochoxydirte Verbindungen; sie werden durch die Assimilation in kohlenstoffreiche und sauerstoffarme organische Verbindungen übergeführt, und der überschüssige Sauerstoff wird ausgeschieden. Dieser Vorgang, ein großartiger, durch das Licht vermittelter Desoxydationsproceß, wird beispielsweise durch folgende Berechnung nachgewiesen, welche sich auf den die Hauptmasse des Pflanzen-

Körpers ausmachenden Zellstoff bezieht, aber für alle mit dem Zellstoff isomeren Kohlenhydrate gilt:

	C	H	O
12 Aequivalent Kohlenensäure enthalten . . . . .	12	—	24
14 „ Wasser „ . . . . .	—	14	14
	12	14	38

Daraus entstehen:

	C	H	O
1 Aequivalent Zellstoff . . . . .	12	10	10
4 „ Wasser . . . . .	—	4	4
und 24 „ Sauerstoff werden frei . . . . .	—	—	24
Summe wie oben:	12	14	38

Die Quantität des abgeschiedenen Sauerstoffs ist in jedem einzelnen Falle derjenigen Sauerstoffmenge gleichzusetzen, welche bei der Verbrennung (oder Verwesung) der durch den Ernährungsproceß gebildeten Pflanzensubstanz aufgenommen werden muß, um dieselbe wieder in Kohlenensäure und Wasser zu verwandeln.

Ein Hectar Tabaksfeld, der mit etwa 30,000 Pflanzen bedeckt, assimilirt nach Boussingault in 12 Tagesstunden durchschnittlich 104 Pfund Kohlenstoff.

Die Assimilation des Kohlenstoffs der zerlegten Kohlenensäure unter Ausscheidung von Sauerstoff ist bedingt durch die Einwirkung des Lichts; dasselbe dient dabei offenbar als Kraftquelle, um die Affinität zwischen den beiden in der Kohlenensäure verbundenen Elementen zu überwinden. Es bedarf hierzu aber nicht des directen auffallenden Sonnenlichts, auch im Schatten und im gewöhnlichen Tageslicht, z. B. bei bewölktem Himmel, findet die Sauerstoff-Ausscheidung statt, bei Nacht dagegen steht sie still.

Andererseits ist auch die Bildung des Chlorophylls durch den Vorgang der Sauerstoff-Ausscheidung und somit auch durch die hierfür unerlässliche Einwirkung des Lichts bedingt. Im Dunkeln gewachsene Pflanzentheile bleiben bleich und kraftlos, weil sie kein Chlorophyll entwickeln, wie man das an den Trieben der im Keller überwinterten Topfpflanzen und den sogenannten ausgewachsenen Kartoffeln deutlich sieht. Solche bleichsüchtige oder „étiolirte“ Pflanzentheile werden aber, ans Licht gebracht, grün, indem sich dann in den in ihren Zellen enthaltenen gelblichen Protoplasmatörnern der Chlorophyllfarbstoff nachträglich ausbildet, und so allmählig der normale Zustand sich herstellt.

Das Zellgewebe der krautartigen Theile ist dem Eindringen des Lichtes, oder der Durchleuchtung, auf beträchtliche Tiefe zugänglich, hieraus erklären sich u. A. die häufig vorkommenden Fälle, wo im Innern des von der Frucht umschlossenen Samens ein intensiv grün gefärbter Embryo liegt, wie z. B. beim Spindelbaum (*Enonymus europaeus*). Nur bei dem

Keimpflänzchen mancher Pinus-Arten tritt das Ergrünen (der Cotyledonen) auch in absoluter Finsterniß ein, jedoch ist hierzu gewissermaßen als Ersatz der Lichtwirkung eine bestimmte Temperaturerhöhung nöthig.

249. Die Function der Einathmung des atmosphärischen Sauerstoffs und der Ausscheidung von Kohlenensäure kommt allen nicht grünen Pflanzentheilen beständig zu; sie tritt aber auch an den chlorophyllhaltigen Organen hervor, wenn diese dem Einfluß des Lichts entzogen sind, während im Tageslicht die gebildete Kohlenensäure größtentheils sofort wieder zerlegt wird. Ausschließlich Sauerstoff einathmend, also analog der thierischen Respiration, verhalten sich alle gänzlich chlorophylllosen Pflanzen, nämlich die blattlosen Schmarozer (*Orobanche*, *Cuscuta*), die nicht grünen Nichtschmarozer (*Neotia*, *Monotropa*) und unter den niederen Pflanzen die ganze Klasse der Pilze; da wo Champignons in geschlossenen Räumen im Großen cultivirt werden, häuft sich öfter die Kohlenensäure so stark an, daß die Luft irrespirabel wird.

Auch bei der Keimung der Samen ist, so lange die chlorophyllhaltigen Theile noch nicht entfaltet sind, die Aufnahme des atmosphärischen Sauerstoffs unter Aushauchung von Kohlenensäure (und Wärmeentwicklung, vgl. § 253) der charakteristische chemische Vorgang. Die Samen enthalten entweder in ihrem Eiweiß, wo ein solches vorhanden ist, oder in den Cotyledonen die zur ersten Entwicklung des jungen Pflänzchens bestimmten Nahrungstoffe, und zwar in der Form von Cellulose, Stärkemehl, Inulin, fettem Del und von Eiweißkörpern abgelagert. Die zur Keimung nothwendigen äußeren Bedingungen sind Wärme, Feuchtigkeit und der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs. Der letztere gibt den Anstoß zur Löslichmachung und chemischen Metamorphose der im Samen abgelagerten Substanzen; es bildet sich die Diastase, ein den eiweißartigen verwandter Körper, welcher die Eigenschaft hat, auch wenn er nur in sehr geringer Menge vorhanden ist, Stärkemehl in Dextrin und Dextrose (Traubenzucker) zu verwandeln: die gleiche Umwandlung in die lösliche Form als Zucker, erleiden unter denselben Umständen die fetten Oele und selbst die Cellulose; dabei wird durch die Verbindung des atmosphärischen Sauerstoffs mit einem Theil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, welche als Kohlenensäure und Wasserdampf entweichen, Wärme erzeugt, und hierdurch die Umlagerung der Stoffe, welche das Material zur Bildung neuer Elementarorgane liefert, wesentlich befördert. So werden die im Samen abgelagerte Stoffe in lösliche Formen, hauptsächlich in Zucker, übergeführt, und können nun als Baustoffe für die neu zu bildenden Organe Verwendung finden. Dieser Vorgang der Zuckerbildung aus Stärke durch die Keimung läßt sich beim Malzen des Getreides zum Behuf der Bierbereitung im Großen beobachten.

Die blattlosen Schmarozer und überhaupt alle des Chlorophylls gänzlich entbehrenden Pflanzen verhalten sich, wie bereits oben bemerkt wurde, in Bezug

auf ihre Athmungs- und Assimilationsvorgänge ganz ähnlich wie die keimende Pflanze, d. h. sie nehmen Sauerstoff aus der Atmosphäre auf. Der Grund hiervon ist auch der gleiche, nämlich der, daß ihre Nahrung, welche sie aus lebenden oder den Resten abgestorbener Organismen ziehen, aus schon organisirten Verbindungen besteht.

Die Sauerstoffaufnahme ist auch in den mit chlorophyllhaltigen Assimilationsorganen versehenen Pflanzen wesentlich zur Anregung und Erhaltung des pflanzlichen Stoffwechsels und somit des gesammten Lebensprocesses; bei Entziehung des Sauerstoffs hören die Strömungen im Protoplasma, dem Hauptherd der Ernährungsvorgänge, sofort auf. Daher sterben Pflanzen oder Pflanzentheile in einem Medium, aus dem sie keinen Sauerstoff aufnehmen können, ab, sobald der aus der Pflanze selbst stammende Sauerstoff verzehrt ist.

250. Die Ernährungsvorgänge des Pflanzenkörpers sind uns bis jetzt nur in Hauptzügen, insbesondere in ihren Ausgangspunkten und Hauptresultaten bekannt; wir wissen, daß die aus unorganischen Verbindungen, nämlich Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Salpetersäure und verschiedenartigen Salzen bestehende Pflanzennahrung unter Einfluß des Lichts vorzugsweise in den Blättern assimilirt, d. h. in organische Verbindungen übergeführt wird. Es bilden sich unter gleichzeitiger beständiger Sauerstoffaufnahme Protoplasma, Chlorophyll, Stärke, Zucker, Zellstoff und verschiedene Ab- und Aussonderungsproducte, wie Fette, ätherische Oele, Harze u. dgl. Die einzelnen hierbei stattfindenden chemischen Prozesse, die Reihenfolge der Uebergänge und die genetischen Beziehungen der einzelnen Stoffe zu einander sind aber bis jetzt nur sehr unvollkommen bekannt; wir beschränken uns daher hier auf einige hierauf bezügliche allgemeine Angaben des Thatsächlichen.

In den chlorophyllhaltigen Geweben werden aus Kohlenstoff und Wasser zunächst Kohlenhydrate, und aus diesen durch Stickstoffaufnahme aus dem Ammoniak und der Salpetersäure Eiweißkörper gebildet. Hierdurch ist das Material zur Bildung des Protoplasma gegeben, welches die Hauptrolle im pflanzlichen Stoffwechsel spielt, indem es, vermöge seiner chemischen Constitution, die Fähigkeit besitzt, in seiner Masse, wahrscheinlich durch chemische Umsetzungen in seinen Molecularzwischenräumen, verschiedene chemisch differente Stoffe zu erzeugen und auszuscheiden. So bildet sich in der protoplasmatischen Grundlage der jungen Chlorophyllkörner der grüne Farbstoff aus, in den erwachsenen Chlorophyllkörnern die Stärke, und in der peripherischen Schichte des Primordialschlauches die aus Cellulose bestehende Zellmembran und später die Verdichtungsschichten der Zellwand.

Von den unorganischen Pflanzenbestandtheilen zeigen einige eine bestimmte physiologische Beziehung zum Stoffwechsel, deren Grund aber bis jetzt noch

unbekannt ist. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß die Bildung der Eiweißkörper immer im Verhältniß zu der gleichzeitig vorhandenen Phosphorsäure, ebenso die der Kohlenhydrate im Verhältniß zum Kali stattfindet, und daß der grüne Farbstoff sich nur unter Mitwirkung des Eisens bildet, obgleich dieses Element nicht in seine Zusammensetzung eingeht. Wenn Pflanzen kein Eisen in ihrer Umgebung vorfinden, so werden ihre krautartigen Theile bleichgelb (chlorotisch) durch Nichtausbildung des Chlorophyllfarbstoffs; diese krankhafte Färbung verschwindet aber, sobald man sie mit Eisenlösungen begießt.

251. Die Endproducte des pflanzlichen Stoffwechsels bilden theils die vorwiegend aus Cellulose bestehenden integrierenden Theile des Pflanzenkörpers, oder sind — wie die Reservestoffe — zur Umwandlung in solche bestimmt, theils sind es aus der Lebensbewegung des Stoffwechsels ausgetretene oder Auswurfstoffe. Doch finden wir auch oft Substanzen von beiderlei Art gemischt, wie dieses z. B. in den Milchsäften der Fall ist. Die Ausscheidung der Milchsäfte findet meist in umgestalteten Bastzellen statt, und sie sind im Wesentlichen als Emulsionen zu betrachten, wobei die Harze oder ähnliche Substanzen mit Schleim verbunden in Gestalt kleiner Tröpfchen in dem wässerigen Saft suspendirt sind.

Anderer flüssige, halb feste und feste Absonderungen sind das Wachs, die fetten und ätherischen Oele, die Harze und Gummata, welche entweder in besondern Gängen und Behältern, die meist aus erweiterten Intercellularräumen entstehen, oder in Zellen und Zellgruppen (gewöhnlich Drüsen genannt) abgelagert, oder auf der Oberfläche der Theile ausgesondert werden. Auch Zucker findet sich in Form einer concentrirten Lösung, seltener krystallinisch, als Secretion der sogenannten Honigdrüsen oder Nectarien.

Von manchen dieser Ausscheidungen ist nachgewiesen, daß es Umwandlungsproducte der Cellulose sind; der Traganthschleim und das arabische Gummi verdanken ihren Ursprung der schichtenweisen Verflüssigung der verdickten Wandungen der Markstrahlen des Stammes, ebenso ist das klebrige Biscin ein Auflösungsproduct von Zellwänden, und von der Inter-cellularsubstanz wurde schon früher erwähnt, daß sie von den aufgelösten Mutterzellen der neugebildeten Gewebezellen herrührt. Endlich ist das Auftreten der Korksubstanz bei der Korkbildung und des Lignins in den verholzenden Theilen, als eine Metamorphose eines Theiles der Zellstoffmoleculäre zu betrachten.

252. Die gas- und dunstförmigen Ausscheidungen der Pflanze sind der Hauptsache nach schon im Vorhergehenden besprochen worden, da ja ein wesentlicher Theil der Ernährungs- und Assimilationsercheinungen der Vegetabilien in dem nach den Gesetzen der Diffusion geschehenden Gasaustausch zwischen den Pflanzensäften und der Atmosphäre besteht, wobei das der Menge nach vorwiegende Ausscheidungsproduct Sauerstoff (in

Verbindung mit etwas Stickstoff) ist. Als Wege des Luft- und Gasaustausches im Innern der Theile dienen die durch alle parenchymatischen Gewebe verbreiteten, allerdings sehr engen Inter-cellulargänge, welche in die unmittelbar innerhalb der Spaltöffnungen liegenden sogenannten Athemhöhlen (vgl. oben S. 142 Fig. 433) münden. In den älteren Theilen der Holz-pflanzen bilden die saftleeren Hohlräume des Holzkörpers ein System unter einander und durch die Inter-cellulargänge nach außen communicirender Luftwege, und das Gleiche ist in der Regel bei denjenigen Pflanzen der Fall, wo im Innern größere Luftgänge oder Behälter vorkommen, wie dies namentlich bei den Wasserpflanzen der Fall zu sein pflegt. Bei den ganz untergetaucht wachsenden Wasserpflanzen sind diese Lufträume gänzlich nach außen abgeschlossen, die darin enthaltene Luft muß also durch Vermittelung der safthaltigen Zellen aus dem umgebenden Wasser abgeschieden sein. Zur Beförderung der Luft- und Gasbewegung im Innern der Pflanze dienen namentlich die äußern Bewegungen der Pflanzentheile, die Schwankungen des äußern Luftdrucks und der Temperatur, endlich die durch die Verdunstung hervorgerufenen innern Druckdifferenzen.

Ueber die Entstehung der Blüthengerüche, welche ihren Sitz vorzugsweise in der Blume und den Staubfäden haben, ist bis jetzt nichts Sicheres bekannt. Häufig mögen dieselben der Verflüchtigung von ätherischen Oelen ihren Ursprung verdanken, doch sind letztere in sehr vielen Fällen nicht in Substanz in den riechenden Blüthentheilen nachzuweisen.

253. Die Aushauchung von Kohlensäure auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs, wie wir sie an den nicht grünen Pflanzentheilen und bei keimenden Samen beobachten, ist ein langsamer Verbrennungsproceß. Unter Umständen bemerken wir auch in der That, als Folge dieses Vorganges, eine Wärme-Entwicklung durch die Pflanze. Keimende Samen in Menge zusammengehäuft erwärmen sich um 5—25° über die Temperatur der Umgebungen. Deshalb müssen bei der Malzbereitung, damit die als zuträglich erprobte Temperatur von 18—20° nicht überschritten werde, die Haufen der keimenden Körner öfter durch Umschaukeln abgekühlt werden. Auch manche Blüthentheile entwickeln eine meßbare Wärme und zwar ebenfalls in Folge der Aufnahme von Sauerstoff und Bildung von Kohlensäure, welche in Verbindung mit Wassergas ausgeschieden wird. Am ausgezeichnetsten findet sich dieses bei gewissen Aroiden. Schon unser *Arum maculatum* zeigt in seinem Blüthenkolben eine Erhöhung der Temperatur bis zu 9—10° über die der umgebenden Luft. Bei *Colocasia odora* steigt die Differenz bis auf 20—25°; in reinem Sauerstoffgas nimmt die Wärme des Kolbens noch um etwa 4° zu. Der Sitz der stärksten Wärme-Entwicklung ist die mit Staubgefäßen besetzte Region des Kolbens. Ohne Zweifel ist der Grund dieser Erscheinung in der Absorption von Sauerstoff unter Entwicklung von

Kohlensäure zu suchen; am Blüthenkolben von *Arum maculatum* verzehrt in 24 Stunden der nicht mit Blüthen besetzte Theil des Kolbens das dreißigfache, die die Staubgefäße tragende Region desselben aber das hundertzwei- unddreißigfache Volumen Sauerstoffgas.

254. Daß den Pflanzen im Allgemeinen eine Eigenwärme, wie wir sie bei den Thieren oft in so ausgezeichnetem Grade finden, zuzuschreiben sei, könnte zweifelhaft erscheinen, denn an der in ihren natürlichen Verhältnissen vegetirenden Pflanze haben directe Beobachtungen eine von äußeren Einwirkungen unabhängige Temperatur-Erhöhung bis jetzt nicht mit Bestimmtheit nachweisen können. Zwar zeigen Baumstämme in ihrem Innern eine andere Temperatur, als die der umgebenden Atmosphäre, und zwar in der Art, daß dieselbe im Winter höher, im Sommer niedriger steht, als die der äußern Luft. Dieses erklärt sich aber einfach daraus, daß diese Stämme durch ihre Wurzeln in die tieferen Erdschichten hinabreichen, und von dort die Temperatur, die sich in der Längsrichtung des Holzes leichter fortpflanzt, zugeleitet bekommen. Ferner ist dabei in Anschlag zu bringen, daß ein solcher Stamm aus zahlreichen Holzschichten zusammengesetzt, und mit den nicht minder zahlreichen Bast- und Rindenschichten umhüllt, die Wärme und überhaupt die Temperatur-Veränderungen nur sehr langsam ins Innere leitet, woraus ein sehr langes Verweilen der innern Schichten auf dem früher angenommenen Temperaturgrade hervorgeht. In der That findet man auch von der Peripherie nach dem Mittelpunkt des Stammes zu die früheren Temperaturen, wie sie sich allmählig nach Innen zu mitgetheilt haben, schichtenweise übereinander liegen, wonach natürlich fast überall im Stamm, auch ohne eine specifische Eigenwärme desselben, die Temperatur von dem augenblicklichen Stande der äußern Wärme abweichen muß. Indessen unterliegt es keinem Zweifel, daß bei allen Ernährungsproceßten, welche mit einer Drydation verbunden sind, sowie beim Uebergang der gasförmigen und flüssigen Stoffe in die feste Form Wärme erzeugt wird. Die Menge derselben ist aber einestheils nur gering, andertheils hält die stets sehr bedeutende Verdunstung ihr so sehr das Gleichgewicht, daß die Temperatur-Erhöhung in der Regel kaum meßbar ist, oder daß die eigene Temperatur der Pflanze selbst unter die der umgebenden Medien sinkt. Bei völlig gehemmter Verdunstung betrug die Temperatur-Erhöhung nur  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{12}$  Grad. Uebrigens zeigt auch diese Wärme-Entwicklung ein tägliches Maximum (um Mittag) und Minimum (um Mitternacht).

225. Licht-Erscheinungen finden sich nur ausnahmsweise in der Pflanzenwelt und öfter unter solchen Umständen, daß sie nicht mehr als Attribute der Lebenshätigkeit angesehen werden können. So beruht das Leuchten des als „Scheinholz“ bekannten faulen Holzes auf einer chemischen Zersetzung, welche im Wesentlichen des Vorgangs mit der Vermoderung und

Berwesung übereinstimmt. Dagegen steht bei der an der Zimmerung der Bergwerke hinkriechenden *Rhizomorpha subterranea*, einem wurzelartig aussehenden Pilz, welcher an seinen äußersten, lebhaft vegetirenden Spitzen phosphorisch leuchtet, die Licht-Entwicklung in directer Beziehung zu dem Lebens- und insbesondere dem Wachstumsproceß, und ebenso bei einigen *Agaricus*-Arten, z. B. dem im Südeuropa wachsenden *A. olearius*; in letzterem Falle ist eine erhöhte Sauerstoff-Aufnahme und Kohlensäure-Ausscheidung der leuchtenden Theile nachgewiesen.

#### 4. Kapitel. Von der Entstehung und dem Wachstum der Pflanzenorgane.

256. Im Bisherigen wurden die Ernährungs- und Wachstums-Vorgänge von ihrer chemischen Seite betrachtet; es wurde nachgewiesen, woher die Pflanze das Material zur Neubildung und Vergrößerung ihrer Körperorgane nimmt, und wie sie dasselbe in die eigenthümlichen vegetabilischen Bestandtheile umwandelt. Wir haben nunmehr die Wachstums-Erscheinungen von ihrer morphologischen Seite zu betrachten, nämlich die organische Form, welche die als Nahrungsmittel aufgenommenen und im Pflanzenkörper assimilirten Stoffe annehmen. Es handelt also gegenwärtiges Kapitel in diesem Sinne von der Entstehung und dem Wachstume einzelner Theile des Pflanzenkörpers. Die gesetzmäßige Folge dieser Wachstumszustände eines Organs heißt seine Entwicklungsgeschichte; sie ergibt sich aus der genetischen Verknüpfung der successiven Entwicklungsstufen, und nur durch sie können wir das eigentliche Wesen und die Bedeutung der gegebenen Form mit Sicherheit beurtheilen.

257. Alle Neubildungen und jede Vergrößerung der schon vorhandenen Pflanzentheile beruhen auf Entstehung, Vermehrung und weiterer Ausbildung der Elementarorgane, aus denen, wie oben in der Pflanzenanatomie gezeigt wurde, der ganze Pflanzenkörper in letzter Reihe zusammengesetzt ist. Diese Elementarorgane sind in ihrem ersten Anfange stets einfache Zellen; erst allmählig wurden sie zu den verschiedenen Formen, wie wir sie später an den erwachsenen Pflanzentheilen finden, umgebildet. Darum ist der Proceß der Zellbildung als die Grundlage aller Wachstums-Erscheinungen zu betrachten.

258. Bei der Zellbildung entsteht immer die protoplasmatische Grundlage, insbesondere der Primordialschlauch und Zellkern zuerst, worauf dann erst secundär die Ablagerung der aus Cellulose bestehenden Zellmembran folgt. Solche der Cellulosehaut entbehrenden sogenannten Primordialzellen sind die jugendlichen Sporen mancher Algen und Pilze; sie zeichnen sich durch ihren unbestimmten und veränderlichen äußern Umriß aus (s. Fig. 469) und entwickelten öfter auf ihrer Oberfläche schwingende Wimpern oder

bewegliche Spiralfäden, wie bei den Schwärmsporen und Schwärmfäden der Kryptogamen (vgl. ob. Fig. 364 und 389).

Die Entstehung neuer Zellen geschieht jederzeit im Innern anderer Zellen, nie außerhalb oder zwischen denselben. Sie kann auf zwei verschiedene Weisen erfolgen, nämlich 1) durch freie Zellbildung, welche im Zellinhalt, unabhängig von der Wandung, geschieht, und bei der Sporenbildung der Pilze, Flechten und einiger Algen und im Embryosack der Phanerogamen vorkommt; 2) Zellbildung durch Theilung. Hier entstehen die jungen Zellen oder Tochterzellen innerhalb der schon vorhandenen oder Mutterzellen durch Theilung des Primordialschlauchs derselben, und zwar in stets bestimmter Zahl, in der Regel zu zwei oder vier. Die Mutterzelle pflegt mit der Ausbildung der Tochterzellen zu verschwinden, nur selten erhält sie sich ganz oder theilweise. Am leichtesten ist diese Art der Zellbildung bei den einzelligen und Fadenalgen zu verfolgen. Sie ist aber ganz allgemein im Pflanzenreich verbreitet, und findet sich namentlich auch im Cambium der Phanerogamen und überhaupt beim Wachstum aller geschlossenen Gewebe.

259. Die freie oder primäre Zellbildung geschieht in einer Flüssigkeit, die mit bildungsfähigen Stoffen gesättigt ist, und insbesondere Proteinkörper enthält; in dieser bilden sich zunächst Zellkerne, um welche sich Protoplasma anhäuft; der je einen Zellkern umschließende Plasmaballen wird zur jungen Zelle, indem in seinem Umfang ein zartes Häutchen entsteht, welches durch Wassereinsaugung sich vom Zellkern löst, und so die zarte primordiale Zellwand darstellt, die hiernach anfangs nur aus einer Protoplasmaschicht besteht. Das eingesaugte Wasser sammelt sich zunächst in runden Hohlräumen (Vacuolen) des Plasmas (s. Fig. 470), welche sich mehr und mehr erweitern und unter einander zusammenfließen, so daß letzteres theils als Primordialschlauch im Umfang sich sammelt, theils zu dem Zellkern und den Plasmaströmchen zusammentritt. Die nun im Umkreis des Primordialschlauchs auftretende starre, aus Cellulose bestehende bleibende Zellmembran ist übrigens nicht wie man früher annahm, als eine Aus-

469.



470.

471.

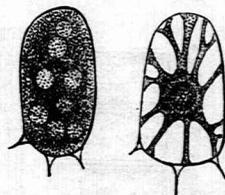


Fig. 469. Primordialzelle von einem keimenden Schleimpilze.

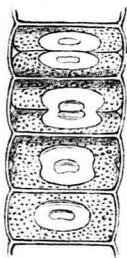
Fig. 470. Jugentliche Eizelle aus dem Embryosack von *Scabiosa* mit Zellkern und Vacuolen.

Fig. 471. Dieselbe später, mit Plasmaströmchen; hier wie in der vorigen Figur ist die Cellulosemembran bereits gebildet.

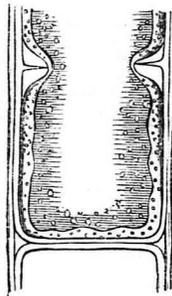
scheidung der Oberfläche des Primordialschlauchs zu betrachten, sondern als ein directes Umwandlungsproduct der äußeren Schichte desselben.

260. Die Zellbildung durch Theilung ist ebenfalls meistens mit der Bildung von Zellkernen verknüpft. Diese entstehen aus dem Protoplasma durch Zusammenhäufung körniger Masse zu einem kugeligem Tropfen, in welchem dann später in der Regel, jedoch nicht immer, sich die Kernkörperchen ausbilden; letztere sind also keine primäre und constante Bildung, sondern eine secundäre. Manchmal scheinen die Kerne auch durch Theilung eines schon vorhandenen entstehen zu können. Die Zahl der in einer Mutterzelle sich bildenden Zellkerne beträgt in der Regel zwei oder vier; ersteres ist der ganz allgemeine Fall bei der Zellbildung in geschlossenen Geweben. Zunächst entsteht eine Einsaltung oder Einschnürung des Primordialschlauchs, welche allmählig immer weiter von der Zellwandung, wo sie beginnt, gegen die Mitte zu fortschreitet, während zugleich auf ihrer äußern Seite eine, anfänglich sehr dünne, Cellulosemembran sich ablagert, welche allmählig von der Peripherie der Zelle ringförmig gegen die Mitte zu fortwächst, und endlich eine Scheidewand zwischen den beiden neuentstandenen Zellräumen bildet, die im Verlauf des fortschreitenden Wachstums in zwei deutlich getrennte Lamellen auseinandertritt (vgl. Fig. 472). So werden Scheidewände gebildet, welche die entstandenen Zellräume von einander trennen. Man hat daher diese verbreitetste Art der Zellen-Entstehung als Vermehrung der

472.



473.



Zellen durch Scheidewandbildung bezeichnet. Indessen ist hierbei immer die Theilung des Primordialschlauchs, und zwar durch Einschnürung oder Einsaltung als das Ursprüngliche anzusehen, und die Scheidewandbildung ist nur eine Folge davon. Der Primordialschlauch bildet übrigens die dünne Zellstoffschichte, welche die Scheidewand bei ihrem ersten Auftreten darstellt, stets in seinem ganzen äußern Umfang aus, daher dieselbe bei bleibenden Mutterzellen

sich unmittelbar in eine secundäre oder Verdichtungsschichte dieser fortsetzt. Die auf die angegebene Weise entstandenen Tochterzellen füllen den Raum der Mutterzelle vollkommen aus. Die Intercellulargänge, wo solche

Fig. 472. Stück eines Zellfadens von Ulothrix, das successive Fortschreiten der Zellbildung durch Theilung zeigend.

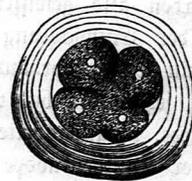
Fig. 473. Beginnende Zellbildung durch Abschnürung des Primordialschlauchs, welcher sich durch Zusammenziehung von der noch unvollständigen Scheidewand losgetrennt hat.

überhaupt auftreten, bilden sich erst später durch Auseinanderweichen der Zellmembran an den Ranten der Zellen; ursprünglich, in dem ganz jugendlichen Gewebe, fehlen sie. Auf ähnliche Weise, nämlich durch das Auseinanderweichen zweier, aus der Theilung einer Mutterzelle entstehenden Tochterzellen, bilden sich auch die Spaltöffnungen der Oberhaut (vergl. ob. S. 142).

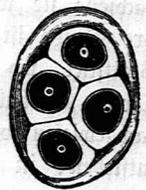
Nach vollendeter Ausbildung der jungen Zellen werden die Mutterzellen in der Regel aufgelöst und die hierbei gebildete Substanz theils resorbirt, theils dient sie zur innigen Vereinigung der Elementarorgane des jungen Gewebes oder bleibt als Interellularsubstanz erhalten.

261. Die Bildung der Pollenkörner in den Antherenfächern (vgl. ob. § 189) hält gewissermaßen die Mitte zwischen der freien Zellbildung und der durch Theilung des Primordialschlauchs. Zuerst nämlich theilen sich die ursprünglichen Zellen des Gewebes oder die Mutterzellen in je vier „Specialmutterzellen“, welche deutlich durch (einmalige oder gedoppelte)

474.



475.



Scheidewandbildung, also durch Abschnürung des Primordialschlauchs, entstehen. Diese Specialmutterzellen zeichnen sich zu einer gewissen Zeit durch sehr beträchtliche schichtenförmige Verdickung ihrer Wandungen aus, später aber lösen sie sich in eine schleimige Substanz auf, die als sogenannte äußere Pollenhaut auf der Außenfläche der indessen ausgebildeten Pollenzelle abgelagert wird. Die Pollenzelle selbst entsteht nach dem Typus der freien Zellbildung im Innern ihrer Mutterzelle, indem sich um den Gesamttinhalt der letzteren ein Primordialschlauch bildet, der einen Zellkern enthält, und in seinem Umkreis die Zellmembran der Pollenzelle erzeugt. Es sind also die letzteren die um den ganzen Inhalt ihrer Mutterzelle gebildeten Tochterzellen, welche später durch die Auflösung jener frei werden, und so die getrennten Körner des Blütenstaubes darstellen.

262. Alle Pflanzenorgane entstehen in der Gestalt von rundlichen zelligen Erhebungen, wie man das am deutlichsten in der Knospe sehen kann, wo sich die Blatt- und Stengelgebilde in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien im kleinsten Raum zusammengebrängt vorfinden. Man sieht hier schon sehr frühe die Blattoorgane als halbmondförmige Vorrugungen oder Wülste im Umkreis der ebenfalls zelligen Knospenschafte hervortreten.

Fig. 474. Eine Pollenmutterzelle mit schichtenförmig verdickter Wandung aus einer jungen Anthere, in welcher die Abschnürung in vier Tochterzellen beginnt

Fig. 475. Vier junge Pollenkörner in ihre allgemeine und jedes in seine besondere (Special-) Mutterzelle eingeschlossen.

Ebenso erscheinen die Stengel- und Wurzelgebilde bei ihrem ersten Auftreten als rundliche Vorragungen, welche aus zartem, homogenem Zellgewebe gebildet sind.

Das Wachstum der Blattorgane ist von dem der Achsengebilde (Wurzel und Stengel) dadurch verschieden, daß in der Regel das Blatt an seinem Grunde, letztere aber an ihrer Spitze durch Anlagerung neuer Zellen wachsen. Wir nennen diejenige Stelle, wo die Bildung der neuen Zellen vor sich geht, und welche also der eigentliche Sitz des Wachstums ist: den Vegetationspunkt. Hiernach hat man den Stengel als einen solchen Pflanzentheil definiert, der, an seiner Spitze wachsend, unter seinem Vegetationspunkt Blätter entwickelt. Dagegen sind die Blätter Anhangsorgane des Stengels, welche durch Zellbildung an ihrem Grunde wachsen; sie werden also gewissermaßen aus dem Stamm hervorgehoben, ihre Spitze ist der Entwicklung nach der älteste, der Grund, also der Blattstiel, wo ein solcher vorhanden ist, oder die Blattscheibe, der jüngste Theil. Deshalb sehen wir bei den Staubgefäßen, welche ja, wie früher nachgewiesen wurde, umgewandelte Blattgebilde sind, den Staubfaden zuletzt entstehen; in der Blütenknospe sind die Staubfäden in der Regel erst ganz wenig entwickelt, und daher der Staubbeutel oft noch fast sitzend. Indessen ist dieses Schema des Wachstums für die Blattgebilde durchaus nicht unbedingt und durchgreifend gültig. Bei gestielten Blättern liegt nur für die Blattspreite der Vegetationspunkt an der Basis, während der Blattstiel an der Spitze wächst; auch hat man in manchen Fällen innerhalb der Blattspreite mehrere Vegetationspunkte beobachtet. Die Wurzel wächst gleich dem Stengel an der Spitze, wobei sie ihre äußersten Zellschichten, als sogenanntes Wurzelhäubchen, fortwährend abstößt, entwickelt aber niemals unter ihrem Vegetationspunkt Blätter; aus diesem Grund hat sie auch keine regelmäßige Verzweigung, indem die Seitenwurzeln nur aus Adventivknospen hervorgehen können.

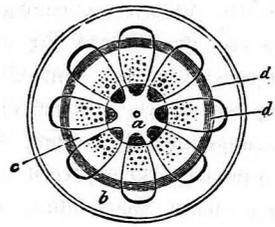
Der Stengel wächst, wenigstens an seinem jüngern, noch fortbildungsfähigen Theil, in der Regel an der Spitze aller einzelnen Stengelglieder; freilich ist das Wachstum um so intensiver, je näher das Stengelglied der Spitze des ganzen Sprosses ist. Wenn man daher auf einem im Wachstum begriffenen Stengel Zeichen in gleichen Entfernungen anbringt, so werden dieselben nach einiger Zeit sämmtlich aus einander gerückt erscheinen, und zwar werden sie sich um so stärker von einander entfernt haben, je näher sie der Stengelspitze stehen. Bei der Wurzel dagegen, welche keine Anhangs- oder Blattorgane und demnach auch keine weitere Gliederung der Achse zeigt, wächst nur allein die Spitze fort; die hier in gleichen Abständen angebrachten Zeichen werden sich nicht mehr unter einander entfernen, sondern nur durch das Weiterücken der Wurzelspitze nach einiger Zeit weiter

von dieser abstehen. Endlich werden solche auf einem jungen Blatt angebrachte Marken, während sie ihren Abstand untereinander behalten, zusammen immer weiter von der Blattbasis oder dem Befestigungspunkt des Blattes am Stengel sich entfernen.

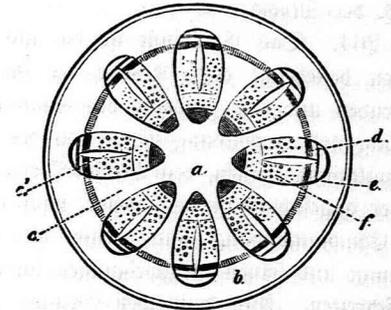
Der Thallus der Lagerpflanzen, in welchem Stengel, Blatt und Wurzelgebilde noch gleichsam verschmolzen sind, charakterisirt sich eben durch den Mangel bestimmter, differenter Wachstumsrichtungen; sein Wachstum ist allseitig. Wenn daher bei den Lagerpflanzen auch ein scheinbar in Stengel- und Blattorgane gegliederter und durch wurzelartige Haftorgane befestigter Pflanzenkörper vorkommt, wie namentlich bei manchen Tangen, so fehlt doch stets die vorstehend angegebene charakteristische Verschiedenheit des Wachstums; das Laub (frons) der Tange ist hiernach selbst bei ähnlicher äußerer Gestaltung vom beblätterten Stengel der höheren Pflanzen wesentlich verschieden.

263. Die Anlage neuer Substanz in den Achsenorganen läßt sich am deutlichsten beim Holzstamm der Dicotyledonen verfolgen. Sie geschieht hier im Cambium- oder Verdickungsring (s. Fig. 476 bei d d'),

476.



477.



welcher die inneren Theile des Stammes von der Rinde (mit Einschluß des Bast) scheidet. Er zieht sich als ein hohler Cylinder von dem jüngsten Gewebe der äußersten, jährigen Triebe einerseits bis andererseits in die jüngsten Wurzelspitzen, und fällt bei den Dicotyledonen mit dem zwischen dem Holz- und Basttheil gelegenen Cambiumtheil der in einem Kreis stehenden Gefäßbündel zusammen. Im Cambium der Gefäßbündel entstehen neue Zellen; welche sich allmählig in Bast- und Holzzellen und in Gefäße umbilden; die so entstandene neue Masse legt sich einerseits an der innern Seite der Rinde dem Bast von innen her, andererseits im Umfang des

Fig. 476 u. 477. Schematische Durchschnitsfiguren eines ein- u. zweijährigen Triebes von einem dicotyledonischen Holzstamm. d d' der Verdickungsring.

Ebenso erscheinen die Stengel- und Wurzelgebilde bei ihrem ersten Auftreten als rundliche Vorragungen, welche aus zartem, homogenem Zellgewebe gebildet sind.

Das Wachstum der Blattorgane ist von dem der Achsengebilde (Wurzel und Stengel) dadurch verschieden, daß in der Regel das Blatt an seinem Grunde, letztere aber an ihrer Spitze durch Anlagerung neuer Zellen wachsen. Wir nennen diejenige Stelle, wo die Bildung der neuen Zellen vor sich geht, und welche also der eigentliche Sitz des Wachstums ist: den Vegetationspunkt. Hiernach hat man den Stengel als einen solchen Pflanzentheil definiert, der, an seiner Spitze wachsend, unter seinem Vegetationspunkt Blätter entwickelt. Dagegen sind die Blätter Anhangsorgane des Stengels, welche durch Zellbildung an ihrem Grunde wachsen; sie werden also gewissermaßen aus dem Stamm hervorgeschoben, ihre Spitze ist der Entwicklung nach der älteste, der Grund, also der Blattstiel, wo ein solcher vorhanden ist, oder die Blattscheibe, der jüngste Theil. Deshalb sehen wir bei den Staubgefäßen, welche ja, wie früher nachgewiesen wurde, umgewandelte Blattgebilde sind, den Staubfaden zuletzt entstehen; in der Blütenknospe sind die Staubfäden in der Regel erst ganz wenig entwickelt, und daher der Staubbeutel oft noch fast sitzend. Indessen ist dieses Schema des Wachstums für die Blattgebilde durchaus nicht unbedingt und durchgreifend gültig. Bei gestielten Blättern liegt nur für die Blattspitze der Vegetationspunkt an der Basis, während der Blattstiel an der Spitze wächst; auch hat man in manchen Fällen innerhalb der Blattspitze mehrere Vegetationspunkte beobachtet. Die Wurzel wächst gleich dem Stengel an der Spitze, wobei sie ihre äußersten Zellschichten, als sogenanntes Wurzelhäubchen, fortwährend abstößt, entwickelt aber niemals unter ihrem Vegetationspunkt Blätter; aus diesem Grund hat sie auch keine regelmäßige Verzweigung, indem die Seitenwurzeln nur aus Adventivknospen hervorgehen können.

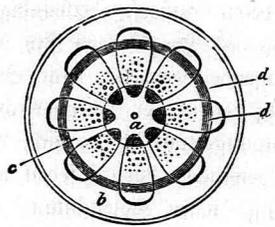
Der Stengel wächst, wenigstens an seinem jüngern, noch fortbildungsfähigen Theil, in der Regel an der Spitze aller einzelnen Stengelglieder; freilich ist das Wachstum um so intensiver, je näher das Stengelglied der Spitze des ganzen Sprosses ist. Wenn man daher auf einem im Wachstum begriffenen Stengel Zeichen in gleichen Entfernungen anbringt, so werden dieselben nach einiger Zeit sämmtlich aus einander gerückt erscheinen, und zwar werden sie sich um so stärker von einander entfernt haben, je näher sie der Stengelspitze stehen. Bei der Wurzel dagegen, welche keine Anhangs- oder Blattorgane und demnach auch keine weitere Gliederung der Achse zeigt, wächst nur allein die Spitze fort; die hier in gleichen Abständen angebrachten Zeichen werden sich nicht mehr unter einander entfernen, sondern nur durch das Weiterrücken der Wurzelspitze nach einiger Zeit weiter

von dieser abstehen. Endlich werden solche auf einem jungen Blatt angebrachte Marken, während sie ihren Abstand untereinander behalten, zusammen immer weiter von der Blattbasis oder dem Befestigungspunkt des Blattes am Stengel sich entfernen.

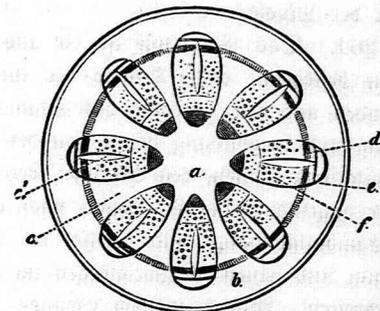
Der Thallus der Lagerpflanzen, in welchem Stengel, Blatt und Wurzelgebilde noch gleichsam verschmolzen sind, charakterisirt sich eben durch den Mangel bestimmter, differenter Wachstumsrichtungen; sein Wachstum ist allseitig. Wenn daher bei den Lagerpflanzen auch ein scheinbar in Stengel- und Blattorgane gegliederter und durch wurzelartige Haftorgane befestigter Pflanzenkörper vorkommt, wie namentlich bei manchen Tangen, so fehlt doch stets die vorstehend angegebene charakteristische Verschiedenheit des Wachstums; das Laub (frons) der Tange ist hiernach selbst bei ähnlicher äußerer Gestalt vom beblätterten Stengel der höheren Pflanzen wesentlich verschieden.

263. Die Anlage neuer Substanz in den Achsenorganen läßt sich am deutlichsten beim Holzstamm der Dicotyledonen verfolgen. Sie geschieht hier im Cambium- oder Verdickungsring (s. Fig. 476 bei d d'),

476.



477.



welcher die inneren Theile des Stammes von der Rinde (mit Einschluß des Bastes) scheidet. Er zieht sich als ein hohler Cylinder von dem jüngsten Gewebe der äußersten, jährigen Triebe einerseits bis andererseits in die jüngsten Wurzelspitzen, und fällt bei den Dicotyledonen mit dem zwischen dem Holz- und Basttheil gelegenen Cambiumtheil der in einem Kreis stehenden Gefäßbündel zusammen. Im Cambium der Gefäßbündel entstehen neue Zellen; welche sich allmählig in Bast- und Holzzellen und in Gefäße umbilden; die so entstandene neue Masse legt sich einerseits an der innern Seite der Rinde dem Bast von innen her, andererseits im Umfang des

Fig. 476 u. 477. Schematische Durchschnichtsfiguren eines ein- u. zweijährigen Triebes von einem dicotyledonischen Holzstamm. d d' der Verdickungsring.

Holzkörpers von außen her an, und bildet so den neuen Jahresring. Der übrige Theil des Verdickungsringes, der nicht mit dem Cambium der Gefäßbündel zusammenfällt, bildet nur parenchymatische Zellen, die zur Verlängerung der sogenannten großen Markstrahlen dienen.

Bei den Monocotyledonen ist zwar auch ein Cambiumring im Umfang des aus Gefäßbündelmasse bestehenden Stengel- oder Stammtheils vorhanden; er fällt aber nicht mit dem Cambium der einzelnen Gefäßbündel zusammen, welches vielmehr hier im Innern derselben eingeschlossen ist, und bald seine Fortbildungsfähigkeit verliert, wogegen in der Cambiumregion immer neue Gefäßbündel entstehen, deren oberes Ende vom Centrum aus in die Blätter tritt, bei Verlängerung des Stammes immer weiter nach außen tritt und allmählig nach abwärts rückt, woraus sich der oben (f. S. 148 Fig. 441) dargestellte sich kreuzende Verlauf der Gefäßbündel im Stamm der Monocotyledonen erklärt.

Der Stamm der Farnkräuter enthält einen Kreis von Gefäßbündeln, welche einen hohlen, nur an seiner Spitze wachsenden Cylinder bildet, der seitlich die Gefäßbündel für die Blätter abgibt; es findet hiernach auch keine Verdickung des Stammes statt. Ganz ähnlich verhält sich das Wachstum der mit einem centralen, sprossenden Gefäßbündel versehenen Pflanzen, z. B. der Moose.

264. Das Cambium ist die aus neugebildeten, äußerst zartwandigen Zellen bestehende erste Anlage der im Umfang des Holzkörpers sich anlagernden und den Zuwachs des Stammes bedingenden Gewebe; seine Entstehung und Ausbildung hängt von der Zuleitung der in den peripherischen Assimilationsorganen, den Blättern, erzeugten Bildungsstoffe ab, die sich, wie früher angeführt, in der Rinde nach abwärts bewegen; darum sehen wir die Cambiumbildung und ebenso die Ablagerung neuer Holzsubstanz im Stamm und seinen Verzweigungen im Allgemeinen von oben nach abwärts fortschreiten. Aus demselben Grunde ist der unmittelbare Zusammenhang eines Stammtheils mit der Laubregion, oder wenigstens mit beblätterten Trieben mittelst der Rinde, wesentlich für die normale Erzeugung neuer Holzmasse. Macht man eine zirkelförmige Ringwunde bis auf den Holzkörper, so bildet sich neue Holz- und Rindensubstanz nur oberhalb derselben aus; der obere Wundrand verdickt sich sehr stark, während das Wachstum unterhalb stille steht. Ähnlich ist das Resultat, wenn man eine feste Einschnürung am Stamme oder einem Zweige anbringt; die Holzmasse wird sich oberhalb derselben wulstförmig verdicken, weil die in der Rinde von den Blättern abwärts strömenden assimilirten Säfte, aus denen das Cambium sich bildet, sich an diesen Stellen anhäufen. Auf diese Weise erklärt sich der günstige Einfluß, den das „Ringeln“ eines Astes, d. h. die Wegnahme eines schmalen Rindenrings, auf die Entwicklung der Blüthen und Früchte,

die er trägt, ausübt. Dieses Verfahren ist in der Praxis unter dem Namen des „Zauberrings“ schon längst bekannt; es wird in Südeuropa, namentlich bei der Cultur der Delbäume, vielfach angewendet. An einem solchen geringelten Ast bilden sich mehr Blüthen- und weniger Blattknospen aus, die ersteren kommen vollständiger zur Entwicklung und die Früchte reifen früher. Alles dieses sind offenbar Folgen der gehemmten Weiterverbreitung der in die Rinde in abwärtsgehender Richtung wandernden Bildungsstoffe; werden diese durch die Ringelung oberhalb derselben zurückgehalten, so hat dieses eine ausgiebigere Neubildung und Ernährung in dieser Region zur natürlichen Folge.

Eine hierher gehörige Erscheinung sieht man öfter an jungen Holzstämmen, die von einer fest anliegenden Schlingpflanze umwunden sind, indem hier oberhalb der Einschnürung ein stark verdickter und ebenfalls spirallig verlaufender Holzwulst sich ausgebildet zeigt. Wenn ein Rindenstreif unten und an beiden Seiten vom Holzkörper abgelöst wird, während nach oben die Verbindung erhalten bleibt, so bildet er an seiner Innenseite Holz, oben und seitlich abgelöste thun dasselbe, aber in weit geringerem Maße, ein Beweis, daß bei Unterbrechung des directen Weges die assimilirten Bildungsstoffe durch die allerwärts vorhandenen Seitencommunicationen auch in anderer als der abwärtsgehenden Richtung bis zu ihren Verbrauchsorten zu gelangen vermögen.

265. Das Wachstum der Holzmasse des Stammes durch Neubildung in der Cambiumregion ist nach dem vorstehend Gesagten unmittelbar abhängig von der assimilirenden Thätigkeit der Laubregion. Je vollkommener diese entwickelt ist, desto beträchtlicher ist die Zunahme der Dicke des Stammes, während bis zum Gipfel entästete Bäume nur den fünfzehnten bis dreißigsten Theil der früheren Holzproduction zeigen. Wird ein Baum über der Wurzel abgehauen, so saugt er zwar im Frühjahr noch, wie die aus der Schnittfläche ausfließende Flüssigkeit zeigt, rohen Nahrungsaft aus dem Boden auf, aber da derselbe nicht mehr verarbeitet und assimilirt werden kann, so setzt sich kein Holz mehr an. In vielen Fällen ersetzt indessen der sogenannte Stockauschlag, d. h. die jungen Laubzweige, die aus der Rinde des alten Stammes hervortreiben, einigermaßen die Thätigkeit der fehlenden Laubregion, daher solche mit Stockauschlag versehene Baumstümpfe auch noch, wenn auch spärlich, Holzanzwuchs zeigen. Eine merkwürdige hierher gehörige Thatsache ist aber das sogenannte Ueberwallen der Tannenstöcke, die Erscheinung nämlich, daß die Strünke der Weißtanne ohne allen Stockauschlag — denn dieser fehlt vielen Nadelhölzern — doch fort und fort Rinden- und Holzschichten im Umfang bilden, so daß sich am Rande ein nach und nach die Schnittfläche überwachsener Holzwulst bildet. Die Erklärung für diese Erscheinung, die lange Zeit räthselhaft erschien, hat sich

bei näherer Untersuchung in der Eigenthümlichkeit der Tanne gefunden, daß sehr häufig die neben einander stehenden Exemplare durch Verwachsung der Wurzeln mehrfach unter einander zusammenhängen, so daß in einem Wald zahlreiche unterirdische Verbindungen der einzelnen Stämme existiren. Es kann daher ein stehen gebliebener Baum die Assimilation der Säfte für den Stumpf, mit dem er organisch vereinigt ist, übernehmen, und letzterer wird aus den durch die Wurzelverbindung übertretenden assimilirten Säften fortwährend neue Holz- und Rindenschichten bilden, welche die Wundfläche allmählig wulstförmig überwallen.

266. Wir unterscheiden im Leben der höheren Pflanzen mehrere Lebens- und Entwicklungsperioden, welche sowohl durch die sich immer vollkommener entfaltende äußere Gliederung des Pflanzenkörpers, also morphologisch, als auch physiologisch durch Eigenthümlichkeiten der Lebensfunctionen charakterisirt sind. Es sind dieses

- 1) die Periode der Keimung (germinatio);
- 2) die Periode der Stoc- und Laubbildung (frondescentia);
- 3) die Periode der Blütenentwicklung (florescentia);
- 4) die Periode der Frucht- und Samenreife (fructescentia).

267. Die Keimung oder die Entwicklung des im Samen enthaltenen Keimlings zum selbstständigen Pflanzenindividuum zeigt sich bedingt durch die Einwirkung gewisser äußerer Agentien. Sie findet nämlich nur bei angemessener Wärme (mindestens 4—7° C.), hinlänglicher Feuchtigkeit und bei Zutritt der atmosphärischen Luft statt. Sind diese Bedingungen vorhanden, so beginnt die Keimung durch endosmotische Aufnahme von Feuchtigkeit; diese dringt theils durch die ganze Testa, theils, wo deren Structur zu dicht ist, durch den Nabel ein; namentlich aber erscheint auch der Keimmund als ein geeigneter Weg für die Einsaugung, indem er als ein haarfeiner Kanal die Samenhüllen durchbohrt und direct zu dem Wurzelende des Keimlings führt. In Folge der Einsaugung der Feuchtigkeit schwillt das Innere der Samen an und sprengt die Hüllen, worauf das Würzelchen, als der zuerst sich entwickelnde Theil, hervortritt. Diese Einsaugung und die daraus folgende Anschwellung geschehen mit einer bedeutenden Kraft, die bei einer größeren Anzahl von Samen sich zu einer sehr beträchtlichen Gesamtwirkung summiren kann. Wenn man keimende Erbsen mit Gewicht belastet, so findet man, daß sie nahezu 200 Pfund empor zu heben im Stande sind.

Das aus den gesprengten Samenhüllen hervortretende Würzelchen richtet sich stets nach abwärts; dadurch wächst es, gleichviel welche Lage der Samen gehabt haben mag, in die Erde hinein, befestigt das Pflänzchen in derselben, und dringt in dem Verhältniß, wie es sich verlängert und weiter verzweigt, immer tiefer in den Boden ein, aus welchem von nun an die

junge Pflanze, wenigstens zu einem beträchtlichen Theile, ihre Nahrung zieht. Es ist aber diese Richtung des Würzelchens nach unten, also gegen den Mittelpunkt der Erde zu, ein allgemein durch das ganze Pflanzenreich geltendes Gesetz. Daß hierbei nicht etwa, wie man früher glaubte, das nährenden Erdreich eine anziehende Wirkung ausübt, davon kann man sich durch einen einfachen Versuch überzeugen. Die Samen der Gartentresse, welche bekanntlich sehr leicht und schnell keimen, überziehen sich, wenn sie stark angefeuchtet werden, mit einer klebrigen Schleimschicht; bringt man sie zum Keimen, indem man den Topf, auf dem sie ausgesät worden, wagenrecht stellt, oder, nachdem die Erde festgestampft worden, umstürzt, wo sie das einernal den nährenden Boden neben, das anderemal über sich haben, so wird man doch stets alle Würzelchen in gerader Richtung abwärts gerichtet finden, wodurch eben der Beweis geliefert wird, daß es nicht die relative Lage des nährenden Bodens ist, welche die stets senkrecht, d. h. in der Richtung nach dem Erdmittelpunkt abwärts gehende Richtung des Würzelchens bestimmt. Der Grund hiervon liegt vielmehr lediglich darin, daß das junge zarte Zellgewebe der Wurzelspitze noch weich, sozusagen breiartig oder zähflüssig ist, und darum passiv dem Zug der Schwerkraft folgt, etwa wie das durch Erwärmen erweichte Ende einer Siegellackstange. Diese Beschaffenheit zeigen übrigens auch öfter die oberhalb des Würzelchens liegenden Theile bei ihrem ersten Hervortreten, so ist es z. B. in der Fig. 478 der Scheidentheil des Cotyledon, welcher seiner Weichheit wegen durch das Wurzelende hinabgezogen ist und so die Abwärtskrümmung veranlaßt.

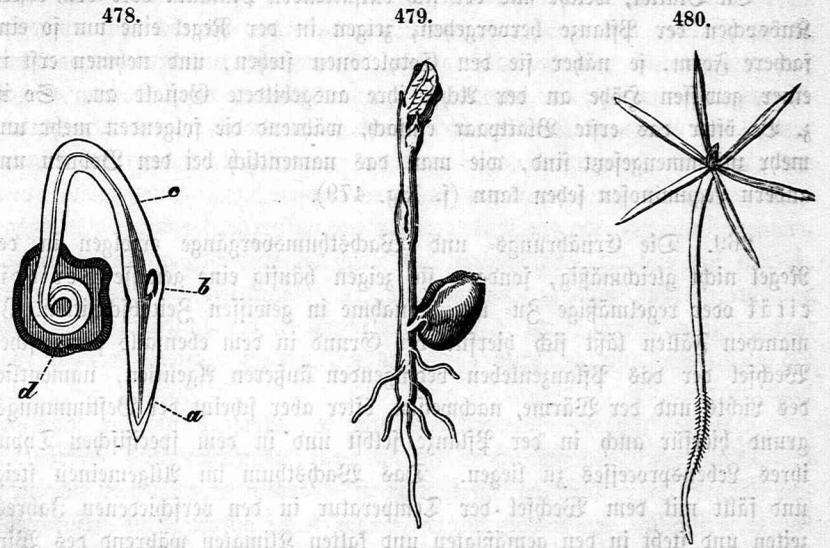
Im Gegensatz zur Wurzel strebt das Stengelchen der Keimpflanze senkrecht aufwärts, und wir sehen, wenn es zufällig in eine horizontale oder schiefe Lage gerathen ist, stets dasselbe sich so lange aufwärts krümmen, bis es wieder jene seine Normalrichtung erreicht hat. Diese Erscheinung wird nun ebenfalls durch die Schwerkraft, freilich in indirecter Weise, bewirkt, nämlich durch Vermittelung der Gewebespannung, über welche im Allgemeinen Folgendes zu bemerken ist. Auf einer gewissen Altersstufe scheiden sich die Pflanzengewebe in solche, welchen ein selbstständiges Ausdehnungsstreben zukommt, und die man der Kürze wegen als Schwellkörper bezeichnen kann, und solche, die bloß dehnbar sind und also passive Schichten heißen mögen; im Allgemeinen gehören zu ersterer Klasse die parenchymatischen Theile, passive Gewebe sind dagegen die Gefäßbündel und die Epidermis. Da im Stengel beiderlei Gewebearten neben einander liegen und unter einander verwachsen sind, so ergibt sich hieraus eine mehr oder weniger beträchtliche Gewebespannung, deren Unterschiede bei ungleicher Vertheilung sich gegenseitig auszugleichen streben. Nun aber ist im Stengelchen das Gleichgewicht der Spannungszustände nur bei senkrechter Lage vorhanden. Bei schiefer oder horizontaler Lage desselben wird die nach unten liegende

Hälfte durch die Wirkung der Schwere mehr Flüssigkeit aufnehmen, wodurch die active Dehnung der Schwellgewebe erhöht, namentlich aber die Dehnbarkeit der passiven durch die stärkere Wassereinsaugung der Zellwände vermehrt wird, und die nothwendige Folge wird eine Verlängerung dieser untern Hälfte, also eine Aufwärtskrümmung sein. Freilich gilt ungefähr das Gleiche auch von der auf gleicher Altersstufe stehenden Region der Wurzel, nämlich von der jeweils über dem weichen, noch spannungslosen Wurzelende gelegenen Partie; hier aber ist einestheils wegen Abwesenheit des Lichts die Spannungsenergie geringer, andernteils hindert der Widerstand der festen Umgebung das Aufwärtswachsen dieser Wurzeltheile, doch kommen Fälle vor, wo ein solches wenigstens theilweise stattfindet. Uebrigens ergeben sich aus der Combination des durch die Gewebespannung bedingten Aufwärtstrebens mit verschiedenen äußern Momenten die mannichfachen, charakteristisch verschiedenen Wachstumsrichtungen der einzelnen Theile des Pflanzenkörpers, welche dann durch das Erstarren der ältern Gewebe bleibend werden.

Daß wirklich die Schwere das bedingte Moment für die Richtung der Theile des Keimpflänzchens ist und daß namentlich das Würzelchen unmittelbar ihrer Wirkung folgt, läßt sich dadurch experimentell beweisen, daß diese Wirkung durch eine ihr entgegenwirkende andere Kraft entsprechend modificirt wird, ja fast ganz aufgehoben werden kann. Wenn man auf einem in beständiger Umbrehung befindlichen Rade Samen keimen läßt, so richten sich sowohl bei verticaler als bei horizontaler Stellung des Rades sämtliche Würzelchen nach außen, die Stengelchen mit den Cotyledonen und Knöspschen aber nach innen, d. h. nach der Achse des Rades zu, weil nämlich bei hinlänglich rascher Umbrehung die Centrifugalkraft entweder ganz oder theilweise an die Stelle der Schwerkraft tritt, und die Richtung der Achsentheile der Keimpflänzchen demgemäß abgeändert wird.

268. Im weitern Verlauf der Keimung treten nun die schon früher erwähnten Grundverschiedenheiten der Pflanzen in der Bildung des Keimlings (s. oben Abschn. I. § 18) bei dessen Entwicklung zum Pflänzchen deutlich hervor. Die Monocotyledonen und Dicotyledonen sind in dieser Entwicklungsperiode sowohl durch die Zahl der Samenanlagen als durch sonstige Charaktere aufs Bestimmteste verschieden. Bei den Monocotyledonen stirbt die in der Anlage vorhandene Hauptwurzel stets sehr früh ab und wird durch Nebenwurzeln ersetzt, wie das z. B. bei keimenden Getreidesamen deutlich zu sehen ist, während das junge Würzelchen der Dicotyledonen in der Mehrzahl der Fälle der Hauptachse angehört. Die Plumula der Monocotyledonen besteht aus scheiden- oder tutenförmig übereinander gerollten Blättern, die sich bei der Verlängerung der Stengelglieder allmählig auseinander hervorschieben. Daher hat Reichenbach die Monocotyledonen

als Spitzkeimer, die Dicotyledonen, wo die beiden Samenanlagen bei der Keimung häufig klappenartig auseinander treten und grün sind, als Blattkeimer bezeichnet.



Wenn das unterhalb der Cotyledonen stehende erste Stengelglied sich streckt, so werden die Cotyledonen mit dem dazwischen stehenden Knöspschen über die Erde erhoben. Dann sind sie auch in der Regel grün und laubartig, obgleich häufig in der Gestalt von den spätern Laubblättern auffallend verschieden, wie z. B. bei der Buche und den Ahornarten. Indessen sind bei der weißen Bohne die Samenanlagen dick, fleischig und nicht grün gefärbt, und werden doch beim Keimen von dem sich verlängernden Stengelchen über die Erde erhoben. Andere Pflanzen keimen unterirdisch, d. h. es bleiben die Cotyledonen oder der ganze Samen unter der Erde, und nur das sich entwickelnde Knöspschen wächst hervor; so ist es bei der Mehrzahl der Monocotyledonen und unter den Dicotyledonen, z. B. bei der Erbse und Wicke. Manchmal, besonders bei den mit einem Eiweiß versehenen Samen bleibt der oder die Samenanlagen in die Samenhäute eingeschlossen (s. Fig. 478) und das Würzelchen wie das Knöspschen wird durch die Verlängerung der Samenblattstiele seitlich hervorgebrängt; dieses Verhalten zeigen u. A. die Eiche, die Kastanie und die Wolfsmilch.

Fig. 478. Keimung des Zwiebelsamens. a das Würzelchen; b das Knöspschen; c der Cotyledon; d das Sameneiweiß.

Fig. 479. Keimpflänzchen der Pferdebohne (*Vicia Faba*).

Fig. 480. Keimpflänzchen der Fichte mit ganz entfaltenen Cotyledonen.

Sehr selten entstehen an dem Stengeltheil unterhalb der Cotyledonen nachträglich Knospen, die zu Zweigen auswachsen, welcher Fall sich unter unsern einheimischen Pflanzen beim Leinkraut (*Linaria fulgaris*) findet.

Die Blätter, welche aus der sich entfaltenden Plumula oder dem ersten Knosphen der Pflanze hervorgehen, zeigen in der Regel eine um so einfachere Form, je näher sie den Cotyledonen stehen, und nehmen erst in einer gewissen Höhe an der Achse ihre ausgebildete Gestalt an. So ist z. B. öfter das erste Blattpaar einfach, während die folgenden mehr und mehr zusammengesetzt sind, wie man das namentlich bei den Bohnen und andern Leguminosen sehen kann (s. Fig. 479).

269. Die Ernährungs- und Wachsthumsvorgänge erfolgen in der Regel nicht gleichmäßig, sondern sie zeigen häufig eine gewisse Periodicität oder regelmäßige Zu- und Abnahme in gewissen Zeitabschnitten. In manchen Fällen läßt sich hierfür der Grund in dem ebenfalls periodischen Wechsel der das Pflanzenleben bedingenden äußeren Agentien, namentlich des Lichts und der Wärme, nachweisen, öfter aber scheint der Bestimmungsgrund hierfür auch in der Pflanze selbst und in dem spezifischen Typus ihres Lebensprocesses zu liegen. Das Wachsthum im Allgemeinen steigt und fällt mit dem Wechsel der Temperatur in den verschiedenen Jahreszeiten und steht in den gemäßigten und kalten Klimaten während des Winters fast ganz still. Es zeigt aber das Wachsthum der einzelnen Pflanzentheile auch eine tägliche Periode und ist um die Mittagszeit am intensivsten, während es in den Nachmittagsstunden und während der Nacht nachläßt. Uebrigens sind hierbei zwei Vorgänge wohl zu unterscheiden, nämlich die Neubildung oder Zellvermehrung und die Vergrößerung durch Ausdehnung der vorhandenen Elementarorgane in bestimmten Richtungen; letztere geschieht in normaler Weise nur unter dem regulirenden Einfluß des Lichts, während dagegen die erste Anlage neuer Organe aus den assimilirten Säften durch die Dunkelheit begünstigt wird. Daß das Wachsthum auch nach den verschiedenen Lebensperioden der Pflanze eine verschiedene Intensität und eine gesetzmäßige Zu- und Abnahme zeigt, versteht sich von selbst.

270. Die Bewegungserscheinungen an einzelnen Pflanzentheilen, beruhen, so weit wir überhaupt bis jetzt ihre Ursache kennen, größtentheils nachweislich auf verschiedenen Spannungszuständen der Gewebe, welche offenbar durch den Verlauf der Wachsthumsvorgänge bedingt sind. Ihrer Erscheinungsweise nach treten sie entweder bloß in ihrem Erfolg, nämlich in der veränderten Lage der Theile hervor, oder sie treten, was jedoch ungleich seltener der Fall ist, so rasch auf, daß sie äußerlich sichtbar sind. Ein scharfer Unterschied läßt sich aber hier nicht ziehen, da z. B. eine Bewegung, die nicht rascher als die des Zeigers an der Uhr ist, und daher

mit bloßem Auge als solche nicht wahrgenommen wird, unter dem Mikroskop durch Vergrößerung des durchlaufenen Raums sehr rasch erscheinen kann.

Von den unter gewöhnlichen Umständen nicht sichtbaren Wachsthumsbewegungen, ist zunächst die Erscheinung der Lichtkrümmung (*Heliotropismus*) zu erwähnen. Man versteht darunter die häufig vorkommende Erscheinung, daß wachsende Organe sich der Beleuchtung, beziehungsweise dem stärkeren Lichte zukrümmen, wobei cylindrische Theile eine der Lichtseite zugewendete Concavität annehmen. So ist es z. B. bekannt, daß die im Keller auswachsenden Kartoffeltriebe dem einseitig einfallenden Lichte zuwachsen. Sehr allgemein zeigen die Laubblätter die Eigenschaft durch Krümmung der sie tragenden Blattstiele oder Internodien ihre obere Fläche möglichst dem Lichte zuzuwenden. Die entgegengesetzte Erscheinung der Wegkrümmung vom Licht (*negativer Heliotropismus*) zeigt u. A. der Stamm des Epheus. In allen diesen Fällen liegt eine ungleiche Längsdehnung der Gewebe auf der dem Lichte zu- oder abgewendeten Seite der Organe zu Grunde.

Unter Lichtspannung (*Phototonus*) versteht man die von dem Einfluß des Lichtes abhängige Beweglichkeit gewisser Theile, welche den Erscheinungen zu Grunde, die man als Pflanzenschlaf bezeichnet, indem man die augenfällig verschiedene Tag- und Nachtstellung der Blätter gewisser Pflanzen mit einem Erwachen und Einschlafen verglichen hat. Am deutlichsten zeigen das Phänomen die zusammengesetzten Blätter der Leguminosen, so die Mimosa- und Cassia-Arten, der Linsenbaum (*Colutea arborescens*), die Pferdebohne (*Vicia Faba*), die Spargelerbse (*Tetragonolobus purpureus*), der Klee (*Trifolium*), sowie mehrere Arten des Sauerklees (*Oxalis*). Diese Pflanzen legen nämlich Abends ihre Blätter zusammen, indem in der Regel die Fiederblättchen der Spindel sich nähern, und überhaupt eine der Knospenlage ähnliche Zusammenfaltung eintritt. Häufig werden auch die ganzen Blätter an den Stengel angebrückt, wodurch sie sich dann gegenseitig schützen und decken. In dieser Stellung verharren die Theile die Nacht über, am Morgen aber, mit wiederkehrendem Licht, entfalten sie sich wieder.

Der Sitz der diese Bewegungen bedingenden Gewebespannungen ist der angeschwollene Blattstielgrund der Theilblättchen, welcher daher auch wohl als „Bewegungspolster“ bezeichnet wird. Das stark entwickelte Parenchym dieses Theils fungirt offenbar als Schwellkörper, während die Epidermis und der mittlere, zum Blatt verlaufende Gefäßstrang die passiven Schichten darstellen; die verschiedenen Stellungen des Blattes kommen dadurch zu Stande, daß abwechselnd in der obern und in der untern Parthie dieses Organs durch größern Saftzufluß eine vorwiegende Ausdehnung stattfindet.

Hierbei bewirkt der Lichtreiz eine Verminderung des Spannungszustandes der Zellen und in Folge davon passive Verminderung ihres Volums.

271. Die Reactions- oder Reizbewegungen bestehen in meist plötzlichen Lageveränderungen gewisser Pflanzentheile, welche als unmittelbare Wirkung eines äußern Anstoßes, nämlich einer nicht zu schwachen Berührung, eines Druckes oder einer allgemeinen Erschütterung erfolgen; gewöhnlich werden die solcher Bewegungen fähigen Theile als „reizbar“ bezeichnet. Am bekanntesten und auffallendsten findet sich diese Reizbarkeit bei den Blättern der sogenannten „Sinnpflanzen“, namentlich von *Mimosa pudica* und *M. sensitiva*, welche übrigens auch die Erscheinungen des Pflanzenschlafs in ausgezeichneter Weise zeigen. Die Blätter sind in der oben auf S. 42 in Fig. 94 dargestellten Weise doppelt zusammengesetzt, ihr langer Blattstiel an seiner Basis mit einem starken Blattstielfissen versehen, ebenso finden sich verdickte „Gelenke“ an der Basis der Blattstiele zweiter Ordnung. Während des Tages sind die Blätter im normalen Zustande fächerartig geöffnet, die Blättchen in einer Ebene liegend, der Hauptblattstiel aufgerichtet. Bringt man nun auf irgend einen Theil des Blattes einen Druck an, oder wird die ganze Pflanze stark erschüttert, so klappen die zwei Reihen der Theilblättchen aufwärts gegen einander zusammen, und legen sich ihren Spindeln dicht an, diese nähern sich wie die Stäbe eines zusammengelegten Fächers, und das ganze Blatt senkt sich, indem die Spitze des gemeinschaftlichen Blattstiels abwärts bewegt wird. Wiederholen sich der Druck oder die Erschütterung nicht, so nehmen allmählig alle Theile wieder ihre frühere Stellung an, und sind nach einiger Zeit wieder reizbar.

Auch in diesem Fall ist der Sitz der Bewegung in dem Blattstielfissen, und dieselbe kommt durch die überwiegende Ausdehnung der einen Hälfte dieses Theils zu Stande, während die andere entsprechend verkürzt und so eine Krümmung nach einer Seite hin bewirkt wird. Den Anstoß hierzu gibt die Erschlaffung des Schwellgewebes der einen Seite durch Wasseraustritt aus den Zellwänden, welche in Folge der Berührung oder Erschütterung stattfindet.

Eine andere auffallende Reizbewegung, deren eigentlicher Grund uns indessen wie in den vorher erwähnten Fällen noch unbekannt ist, findet sich bei der sogenannten Venus-Fliegenklappe (*Dionaea muscipula*), einer nordamerikanischen Sumpfpflanze aus der Familie der Droseraceen. Die Blätter derselben sind länglichrund, durch die Mittelrippe in zwei gegen einander neigende Hälften getheilt, auf der obern Fläche und am Rande mit langen, steifen Borstenhaaren besetzt. Bei jeder Berührung der Oberfläche klappen sie mit rascher Bewegung zusammen, wobei die Haare von beiden Seiten ineinander greifen. Setzt sich daher eine Fliege oder sonst ein Insect auf

das geöffnete Blatt, so wird es gefangen, und bleibt so lange von dem zusammengeklappten Blatte eingeschlossen, bis bei eintretendem Tode seine Bewegungen und somit der die Schließung des Blattes veranlassende Reiz aufgehört hat. Hierauf kehrt das Blatt wieder allmählig in seinen normalen ausgebreiteten Zustand zurück.

Auch an einzelnen Blüthentheilen kommen solche Reizbewegungen vor, deren bekanntestes Beispiel die reizbaren Staubgefäße des Sauerdorns (*Berberis*) liefern. Dieselben stehen von dem centralen, eine sitzende Narbe tragenden Stempel anfänglich fast wagerecht ab. Berührt man nun mit einer Nadelspitze den untersten Theil (das Gelenk), dessen anatomische Structur dem der sogenannten Bewegungspolster reizbarer Blätter entspricht, so krümmt sich derselbe mit einer raschen Bewegung nach innen, wodurch der Staubbeutel gerade über den Rand der Narbe geschneilt wird. Später tritt das Staubgefäß ganz allmählig wieder in die ursprüngliche Lage zurück; auch die zweilippigen Narben mancher Pflanzen, die Staubfäden gewisser Compositen und andere Blüthentheile führen bei äußerer Berührung, welche wohl in den meisten Fällen durch die Blüthen besuchenden Insecten veranlaßt wird, gewisse Bewegungen aus, die häufig nachweislich zum Zustandekommen der Bestäubung der Narben nothwendig sind.

Ebenso ist auch das Aufspringen der Antheren, das elastische Deffnen mancher Früchte, z. B. der fleischigen Kapseln der Balsamine, als Resultat einer Gewebespannung, welches entweder durch einen äußern Anstoß oder durch Steigerung der innern Spannung zum Ausbruch kommt, zu betrachten.

Endlich ist hier noch das spirale Wachsthum der Ranken und des Stengels der Schlinggewächse zu erwähnen, welches durch eine, allerdings nur in ihrem Endresultat sichtbare, schraubenförmige Bewegung der Endstücke dieser Theile bedingt ist. Zur Erklärung dieser Erscheinung ist eine an den verschiedenen Seiten dieser Organe ungleich vertheilte Gewebespannung, welche auch hier aus dem Gegensatz schwellender und passiver Gewebeschichten sich ergibt, anzunehmen. Dabei bewirkt die, wenn auch nur leise Berührung der Stütze nach Analogie eines äußern Reizes das Umschlingen derselben, und zwar, wie früher erwähnt wurde, bei jeder einzelnen Pflanzenart stets in einer bestimmten Richtung, entweder rechts- oder linksherum.

272. Von diesen, auf Spannungszuständen saftreicher, in lebendiger Vegetation begriffener Gewebe beruhenden Bewegungen sind diejenigen zu unterscheiden, welche durch die bloße Hygroscopicität der durch Ablagerung verdickten Zellwandung zu Stande kommen, indem diese Verdickungssubstanz durch Wasseraufnahme sich ausdehnt, bei der Austrocknung aber sich zusammenzieht; der Mechanismus der Bewegung im einzelnen Fall läßt sich

dann aus der Structur und Gestalt der betreffenden Gewebetheile ableiten. Dahin gehören u. A. das elastische Aufspringen mancher holzigen oder leberartigen Früchte, die hygroskopischen Bewegungen des Peristoms und der Borste vieler Moose, sowie der sogenannten Schleudern der Lebermoose und der Equisetumsporen, das Aufreißen der geringelten Farnsporangien, endlich die ebenfalls nach dem Feuchtigkeitsgrad der Luft wechselnde Drehung der Grannen des Hafers und der Griffelfortsätze der Geraniumfrucht. In Folge dieser Eigenschaft können bekanntlich die Hafersgrannen und Geraniumschnäbel zur Messung der atmosphärischen Feuchtigkeit dienen, wenn man sie auf einem graduirten Bogen als Zeiger befestigt.

273. Autonomische, d. h. weder periodische, noch von einem äußern Anstoß bedingte, dem Anschein nach willkürliche Bewegungen zeigen die sogenannten Schwärmosporen der Algen und Pilze und die Schwärmfäden (Spermatozoiden) der höhern Cryptogamen, welche als Primordialzellen entstehen und in diesem Zustand in Folge der Eigenthümlichkeit des Protoplasma, selbst sehr contractil und von wechselnder Gestalt sind. Als besondere Organe der fortschreitenden Bewegung der Schwärmosporen dienen schwingende Wimpern, welche entweder kurz sind und einen Ueberzug über die Oberfläche der Sporen bilden, oder deren zwei lange, peitschenförmige an dem einen, etwas verschmälerten Ende der ganz aus Protoplasma bestehenden Sporenzelle stehen (s. Fig. 355); bei den Farnkräutern und Equiseten bewegt sich der platte und spiralförmig gedrehte Schwärmfaden mittelst wandständiger Wimpern (s. Fig. 380 c).

274. Die ganze Laubblattregion zeigt bekanntlich bei den meisten Bäumen unseres Klimas eine in Jahresperioden erfolgende Erneuerung. Dem Laubfall geht die Herbstfärbung, welche in der Regel eine gelbe, öfter auch eine rothe ist, vorher; es tritt nämlich im einjährigen Blatt gegen Ende seiner Vegetationsperiode eine Desorganisation des Chlorophylls ein, indem sich sein Stärke- und Protoplasmagehalt verlieren, und, zugleich mit unorganischen Bestandtheilen, aus den Blättern in die bleibenden Theile wandern; die Körner werden gelb und erweichen, bei den herbftlich gerötheten Blättern sind sie von einer Flüssigkeit von dieser Farbe umgeben; endlich fällt das, bald mehr bald weniger verfärbte Blatt ab. Das Abfallen selbst ist eine Folge der nachlassenden Lebensthätigkeit, wodurch die Verbindung mit dem Stengel erst gelockert und endlich ganz aufgehoben wird, indem an der Abgliederungsstelle eine querlaufende Zellschicht entweder verkorrt oder abtirt. Bei den immergrünen Pflanzen bleiben die Blätter, welche in der Regel derb und leberartig sind, während mehrerer Jahresperioden lebensfähig. Dahin gehören in unserm Klima namentlich die Nadelhölzer bei denen die Blätter durchschnittlich 6 bis 8 Jahre dauern, jedoch mit Ausnahme der Lärche (*Pinus Larix*), bei der sie nur einjährig

sind. In den wärmern Klimaten nimmt die Zahl der immergrünen Pflanzen zu, daher die Wälder der wärmern Erdgegenden meist Jahraus Jahrein mit grünem Laub geschmückt sind. In den Tropenländern werfen jedoch nicht selten die Bäume des trockenen Bodens zur Zeit der größten Hitze ihr Laub ab, womit ein periodischer Stillstand des Wachsthums verbunden ist, wie ihn unsere Laubhölzer im Winter zeigen.

275. Die Periode des Blühens, welche wir von der Entfaltung der Blütenknospe bis zu der Bestäubung der Narbe rechnen, ist gewöhnlich die kürzeste des Pflanzenlebens. Sie zeigt sich in der Regel nach ihrem Eintritt und ihrer Dauer bei den einzelnen Pflanzenarten an sehr bestimmte Gesetze gebunden, und diese Eigenthümlichkeiten sind in der Regel nicht aus äußeren Einflüssen direct zu erklären. Die meisten Blüten öffnen sich bei Tag, andere aber auch erst Abends und selbst während der Nacht. Kurz ist die Blüthezeit u. A. bei der Stundenblume (*Hibiscus Trionum*); wo sie nur 2—3 Stunden dauert, und beim Flachs (*Linum usitatissimum*), der während eines Vormittags verblüht. Bei der sogenannten Königin der Nacht (*Cereus grandiflorus*) ist die herrlich duftende Blüthe nur in wenig Nachtstunden, etwa von 7 Uhr an bis Mitternacht entfaltet, worauf sie schon Morgens verwelkt abfällt.

Manche Blüten sind während ihrer länger andauernden Blüthezeit nur periodisch zu bestimmten Tagesstunden geöffnet. Man kann nach dieser sogenannten Blumenphase eine „Blumenuhr“ zusammenstellen, in welcher die Stunden durch die regelmäßig zu dieser Zeit geschehende Oeffnung und Schließung gewisser Blumen bezeichnet werden. Wir geben hier beispielsweise ein solches Verzeichniß, in welchem nur bekannte einheimische oder Gartenpflanzen aufgenommen sind:

Die Blumen öffnen sich:		Die Blumen schließen sich:	
	Vormittags		Vormittags
von 3—5 Uhr.	Bocksbart ( <i>Tragopogon pratensis</i> ).		
" 4—5 "	} Cichorie ( <i>Cichorium Intybus</i> ), Hemerocallis fulva.		
" 5—6 "		} Löwenzahn ( <i>Taraxacum officinale</i> ). } Zaunwinde ( <i>Convolvulus sepium</i> ).	
nach 6 "	Sonchus arvensis.		
" 7 "	} Lattich ( <i>Lactuca sativa</i> ). } Weiße Seerose ( <i>Nymphaea alba</i> ).		
von 6—8 "		Leontodon autumnale.	8 Uhr. <i>Taraxacum officinale</i> .
nach 8 "	Gauchheil ( <i>Anagallis arvensis</i> ).		
" 9—10 "	Ringelblume ( <i>Calendula arvensis</i> ).	10 "	<i>Lactuca sativa</i> .
" 10—11 "	Hemerocallis flava.	10—12 "	<i>Cichorium Intybus</i> .
" 11—12 "	Tigridia Pavonia.	12 "	<i>Sonchus arvensis</i> .