

# I. Aufbau und Gliederung der Pflanzengestalt.

## 1. Bauplan und unsichtbare Struktur der Pflanze.

Solange die Pflanzen, wie im ganzen 18. Jahrhundert, fast ausschließlich ein Gegenstand der Klassifikation (Einteilung in Klassen und Abteilungen) waren, hatte man sich um das Leben der Pflanze wenig gekümmert. Das lag schon in der damaligen Methode der botanischen Forschung begründet. Man wollte die Möglichkeit haben, die Pflanzenarten, namentlich die fremdländischen, immer wieder zur Hand zu nehmen, darum mußte man sie aufbewahren. So wurde die Pflanze in erster Linie Herbariumsobjekt, und dieses war getrocknet und tot. Man konnte auf diese Weise um so weniger eine Vorstellung von einer lebendigen Pflanze gewinnen, als sich die meisten Pflanzen nicht vollständig, sondern nur in Stücken in die Herbariumsmappen legen lassen, etwa ein blühender Zweig oder ein Laubspieß mit feinen Blättern. Sogar bei kleineren Gewächsen verzichtete man darauf, ganze Individuen zu trocknen, da die unterirdischen Organe, die Wurzeln, Zwiebeln usw., für die Klassifikation oft gar keine Bedeutung hatten, sondern dazu die Blüten genügten. So arbeitete der Botaniker damals vorwiegend mit toten und unvollständigen Pflanzen.

Wer aber zum wahren Verständnis der Pflanze gelangen will, muß sie in erster Linie als ein lebendes Wesen ansehen und alle Organe im Zusammenhang miteinander betrachten. Aus diesem Grunde sind im ersten Bande dieses Werkes die lebendigen Eigenschaften und Äußerungen der Pflanze in den Vordergrund gestellt. Andererseits hieße es die Aufgabe der Botanik verkennen, wollte man übersehen, daß die Pflanze auch ein geformtes Naturwesen ist.

Der alten Botanik war die Pflanze nur ein Formenwesen, und die Form sowohl des Ganzen wie seiner einzelnen Teile etwas Gegebenes, das man nur beschreiben konnte. Für die heutige Botanik sind dagegen die Pflanzenformen etwas Gewordenes, und dieses Werden muß sich verfolgen, beobachten lassen. Jede Pflanzenform bedeutet daher nicht mehr eine bloße Tatsache, sondern eine Aufgabe, ein Problem für die wissenschaftliche Forschung, und diese nimmt die Gestalt der Pflanze nicht als etwas Selbstverständliches hin, sondern fragt sich, warum und unter welchen Bedingungen die Pflanze ihre Formen ausbildet.

Jede Formenbildung, z. B. die Entstehung von Stengeln, Blättern und Blüten, ist ja gleichfalls eine Äußerung des Lebens, denn die tote Pflanze entwickelt nichts mehr von alledem. War die Aufklärung der Vorgänge der Ernährung, der Atmung, der Bewegungen die erste Aufgabe, um die Pflanze als lebendes Wesen zu verstehen, so kann die Beantwortung der Frage nach der Entstehung der Pflanzenform als letzte und höchste Frage der Biologie bezeichnet werden. Die Methode ist auch bei dieser Aufgabe die allgemein naturwissenschaftliche,

die genaue Beobachtung und der wissenschaftliche Versuch. Zur Erlernung dieser Methode ist nicht bloß der Gelehrte von Fach bestimmt, und somit erscheint die Absicht, auch diesen Stoff weiteren Kreisen wissenschaftlich zu erläutern, begründet und aussichtsvoll.

Die Aufgabe, über die Methode der alten Botanik, die Betrachtung und Beschreibung des Unveränderlichen hinauszugehen und die Entwicklung der Formen zu verfolgen, hat schon Goethe, dem die Naturwissenschaft mehr Anregung verdankt, als allgemein anerkannt ist, mit folgenden Worten angedeutet.

„Der Deutsche hat für den Komplex des Daseins eines wirklichen Wesens das Wort Gestalt. Er abstrahiert bei diesem Ausdruck von dem Beweglichen, er nimmt an, daß ein Zusammengehöriges festgestellt, abgeschlossen und in seinem Charakter fixiert sei. Betrachten wir aber alle Gestalten, besonders die organischen, so finden wir, daß nirgend ein Bestehendes, nirgend ein Ruhendes, ein Abgeschlossenes vorkommt, sondern daß vielmehr alles in einer steten Bewegung schwankt.“

Einer solchen Betrachtungsweise, die lebendigen Wesen als solche zu verstehen, ihre äußeren, sichtbaren und greifbaren Teile im Zusammenhange anzusehen, die äußere Gliederung als Andeutung des inneren Baues aufzufassen, gab Goethe den Namen Morphologie. Er bahnte dadurch einer neuen Wissenschaft den Weg, durch welche die lebenden Naturkörper von den toten viel klarer als bis dahin unterschieden wurden.

Wie verschieden diese Anschauungsweise von der alten terminologischen Behandlung der Pflanzen ist, die jeden Teil durch einen lateinischen Namen für genügend erläutert hielt, beleuchtet Goethe durch ein einfaches, aber lebendiges Beispiel.

Man nehme, sagt er, eine Bohne in völlig entwickeltem Zustande, dann findet man unter der Schale zwei Samenblätter, die man wenig glücklich mit dem Mutterkuchen der Tiere vergleichen hat; denn es sind zwei wahre, nur sehr dicke und mit Mehl erfüllte Blätter, welche an Licht und Luft grün werden. Zwischen ihnen erkennt man schon das Federchen, welches aus jungen und unfertigen Blättern besteht. Bedenkt man, daß hinter jedem Blattstiele eine Knospe sitzt oder entstehen kann, so liegt in einem solchen Samen eine ganze Sammlung von Entwicklungsmöglichkeiten, von Anlagen, die sich zu mehr oder weniger, ja sogar gänzlich veränderten Organgestalten ausbilden können.

Der Linnéschen Botanik war eine Bohne nur ein fertiger Same, der die Pflanze zur Not mit charakterisieren konnte, dessen weiteres Verhalten vielleicht einen Gemüsegärtner, aber nicht die Wissenschaft interessierte. Goethe eröffnet eine fruchtbarere wissenschaftliche Anschauungsweise. Für ihn ist die Bohne ein interessantes Pflanzenerzeugnis, in dem Kräfte ruhen und geweckt werden können, um vorhandene Formanlagen zur vollen Entwicklung zu bringen oder Neubildungen zu veranlassen. An einer Keimpflanze sind nicht bloß verschiedene Teile zu unterscheiden, sondern eine Reihe merkwürdiger Entwicklungsvorgänge zu beobachten. In seinen Schriften über die Metamorphose der Pflanze hat Goethe solche eigenen Beobachtungen mitgeteilt, sie wissenschaftlich durchdacht und damit einen leitenden Faden für die botanisch-morphologische Forschung gefunden, dem diese bis auf den heutigen Tag folgt.

Goethe war wohl in der Lage gewesen, einen solchen fördernden Gedanken auszusprechen und zu begründen. Er sprach es aber selbst aus, daß er nicht daran denken könne und wolle, sich dauernd den Forschern in den sich damals mehr und mehr trennenden Einzelwissenschaften zugefellen. Die selbständig gewordene Botanik mußte diesen Gedanken übernehmen, und Alexander Braun sprach in seinem klassischen Werke „Die Erscheinungen der Verjüngung

im Pflanzenreich“ 1849 den Goethischen Gedanken klar und bündig als methodischen Grundsatz aus: Bei den Lebewesen könne nirgends ein Beharrendes, Ruhendes, Abgeschlossenes vorkommen, jede einzelne Erscheinung dürfe nicht für sich gelten, sondern müsse als Glied wesentlich zusammenhängender Erscheinungen aufgefaßt werden. Darum muß die Forschung auf die ersten Anfänge zurückgehen und von ihnen aus das Werden der ganzen Entwicklungsvorgänge bis zum eigentlichen Ziel verfolgen. Erst die Anwendung dieses allgemeinen Lehrsatzes auf die einzelnen Organe gab Goethes Morphologie einen großen und anziehenden Inhalt, und Alexander Braun wurde dadurch der Schöpfer einer Pflanzenmorphologie.

Im ersten Bande dieses Werkes sind mancherlei einzelne besonders merkwürdige Pflanzenformen beschrieben worden. Die Morphologie (Gestaltlehre) will mehr leisten, sie will in den Stand setzen, alle Pflanzengestalten nach wissenschaftlichen Grundsätzen zu verstehen und sich in der ungeheuern Mannigfaltigkeit, die den Anfänger verwirrt und erschreckt, mit Leichtigkeit an der Hand der Begriffe zurechtzufinden. An Stelle unruhigen Fragens will die Morphologie und die aus ihr hervorgegangene Organographie (Organlehre) die ruhige Sicherheit des Verstehens von Form und Leistung der Organe setzen.

Ehe jedoch an die Schilderung der Tatsachen herangegangen wird, mögen einige rein theoretische Betrachtungen über Gestaltung des Pflanzenkörpers im allgemeinen vorausgeschickt werden, deren Kenntnis die Anschauung vertiefen wird.

Nicht selten hört man Pflanzengestalten mit Bauwerken vergleichen, womit aber nur hervorgehoben werden soll, daß auch die Pflanzengebäude den Eindruck der Zweckmäßigkeit machen, die manchmal sogar überraschend erscheint. Eine solche Anpassung des Baues an bestimmte Aufgaben setzt aber ein Gestaltungsgezet voraus, einen Bauplan, wie man auch zuweilen sagt, der die für die künftige Arbeitsteilung am besten passende Raumverteilung, die zweckmäßige Konstruktion des ganzen Aufbaues, die passendste Anlage der leitenden Gewebe, der Speicher- und Lusträume und vieles andere beherrscht, was der Pflanze in Zukunft für ihre gesamten Lebensaufgaben frommen soll.

Trotz dieser Voraussetzung muß freilich die Frage aufgeworfen werden: ob es angeht, bei den Pflanzen von einem Bauplane zu sprechen? In dem Sinne, wie man von dem Bauplane einer menschlichen Behausung spricht, gewiß nicht. Wir wissen nichts von einem Baumeister. Noch weniger baut sich die Pflanze infolge eines von ihr selbst vorausbedachten Planes auf, sondern ihre Teile erhalten die bestimmte Gestalt, wie nach einem vorgeschriebenen Gesetze, aus innerer, ererbter Notwendigkeit, ähnlich dem Kristalle, dessen Form in der chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit, aus welcher er herauswächst, begründet ist. Die Bezeichnung Bauplan ist aber insofern nicht widersprechend, als auch bei den Pflanzen der Bauplan nicht unabänderlich ist. Gerade wie bei einem Bau noch Abweichungen vom Plane eintreten können, so kann auch der ererbte normale Entwicklungsgang durch Änderung der äußeren Bedingungen zuweilen abgeändert werden. Abweichungen der Blattform z. B. treten in der Natur ein durch Änderung der Beleuchtung und der Feuchtigkeit. Ganz besonders lassen sich durch das Experiment solche Änderungen des regelrechten Entwicklungsganges an Pflanzen hervorrufen. Man kann gewisse Stadien ganz ausschalten und den Entwicklungsgang sogar umkehren. Doch kann auf diese Tatsachen der experimentellen Morphologie hier nur hingewiesen werden (vgl. Goebel, „Einleitung in die experimentelle Morphologie“). So gut aber von dem Grundrisse und Aufrisse, von der symmetrischen Anlage, ja von dem Bauplane des

Kristalles gesprochen werden kann, ebenso ist es gestattet, bildlich auch von dem Bauplane oder, wenn man es lieber hört, von dem Gesetz der wachsenden Pflanze zu reden. Der Bauplan ist eben für jede Pflanze vorgezeichnet durch ihre spezifische Konstitution, und insofern hat jede Art zunächst ihren eigenen, von äußeren Einflüssen ganz unabhängigen Bauplan, dem sie so lange folgt, ja folgen muß, als ihre spezifische Konstitution nicht geändert wird. Auch Goebel nennt das „die innere Konstitution, welche eine Entwicklung in bestimmter Richtung bedingt“. Von anderer Seite werden diese Verhältnisse durch die Annahme innerer Gestaltungsurfachen erläutert. Was hier spezifische Konstitution genannt wird, faßt man auch unter dem Begriff „erbliche Eigenschaften“ zusammen. Man begreift leicht, daß es sich hier um noch schwer zu erfassende Vorgänge im Pflanzenkörper handelt, für die man bis jetzt nichts hat als einen sprachlichen Ausdruck, der so oder so lauten kann.

Unter spezifischer Konstitution verstehen wir nicht nur die chemische Zusammenfügung, die bestimmte Zahl von Atomen und die eigentümliche Vereinigung derselben zu Molekülen, sondern auch den Verband von Molekülen zu bestimmten Gruppen höherer Ordnung, welcher im Pflanzenkörper ebenso geregelt sein muß wie in einem Kristall. Und zwar müssen wir annehmen, daß diese Verbindung der Moleküle für jede Pflanzenart eine eigentümliche ist, ja noch mehr, daß die Substanz, welche sich beim Wachstum den schon vorhandenen Molekülgruppen beigesellt, sich immer wieder den daselbst herrschenden Gesetzten unterordnet, denn sonst könnte die Form einer Pflanze oder eines fertigen Organes keine gleichbleibende, keine beständige sein.

Wenn wir hier den Aufbau der Kristalle zum Vergleiche herbeiziehen, so soll damit nicht gesagt sein, daß die in Rede stehenden Vorgänge hier und dort dieselben sind. Im Gegenteil, es ist sicher, daß eine tiefgreifende Verschiedenheit in betreff des Aufbaues von Kristallkörpern und Pflanzenkörpern besteht, daß der Unterschied zwischen unbelebten und belebten Gebilden gerade mit dieser Verschiedenheit zusammenhängt, und daß insbesondere die Teile der Pflanze durch den ihnen eigentümlichen unsichtbaren Bau zu jenen Bewegungen, die uns als Leben erscheinen, geeignet sind.

Die durch die Kristallisation und das Wachstum der Kristalle vereinigten Moleküle lassen keine weitere Einschlebung gestaltungsfähiger Substanz, keine Umlagerung und Umgestaltung, keine Verknüpfung neuer Moleküle mit den schon vorhandenen zu, wie die Moleküle lebender organisierter Körper. Mit anderen Worten, ein Kristall besitzt keinen Stoffwechsel, wie ein lebender Körper, der trotz der steten Wandlung der ihn aufbauenden Stoffe doch immer die einmal angenommene Form behalten kann. Wenn dagegen die Moleküle des Wassers in einen Salzkristall eindringen und die Salzmoleküle auseinanderdrängen, so ist das der Zerfall, die Auflösung des Kristalles und nicht eine weitere Entwicklung desselben. Der Kristall zeigt auch bei seiner Bildung niemals solche Bewegungen der kleinsten Bausteine, welche die lebenden, organisierten Teile der Pflanze charakterisieren und welche als Erscheinungen des Lebens gelten.

Die Analogie zwischen dem Aufbaue der Kristallkörper und Pflanzenkörper besteht nur darin, daß in dem einen wie in dem anderen Falle die Gruppierung der Moleküle nicht regellos vor sich gehen kann, sondern jedesmal bestimmten Gesetzen folgen muß, und daß die äußerlich sichtbare Form des fertigen Bauwerkes im Kristall wie in der Pflanze das Ergebnis und zugleich der Ausdruck der besonderen eigenartigen Gruppierung der unsichtbaren Moleküle und der aus ihnen hervorgegangenen Gruppen ist.

Abgesehen von dieser Analogie besteht wahrscheinlich ein tiefgreifender Unterschied zwischen dem molekularen Bau eines Kristalles und dem der Pflanzensubstanz. Diesen Unterschied

klar zu bezeichnen, ist aber bis jetzt nicht möglich. Man kann sich höchstens theoretischen Ansichten zuwenden, die von scharfsinnigen Gelehrten über diese Frage geäußert worden sind. Die Grundlage solcher Theorien bildet immer die Annahme, daß der Pflanzenkörper sich aus Molekülgruppen besonderer Art aufbaut. Somit stehen diese Theorien im Einklang mit Vorstellungen der Chemie und Physik über Zusammensetzung der Materie, folgen aber doch besonderen, eben nur für die lebende Materie geltenden Vorstellungen.

Wenn unsere Wisbegierde durch solche Hypothesen auch nur wenig Befriedigung findet, so sind sie deswegen doch nicht geringschätzig zu behandeln. Die Zellsubstanz (das Protoplasma), deren Bewegungen und deren ganzes Schaffen und Wirken unserer sinnlichen Wahrnehmung als Leben erscheint, hat zu viel Fesselndes an sich, als daß wir es unterlassen dürften, nach ihrem feinsten Bau zu fragen. Dem Bedürfnisse, sich, solange die Beobachtung in dieser Richtung versagt, wenigstens von diesen Dingen ein anschauliches Bild zu entwerfen, entspricht es jedenfalls besser, sich Molekülgruppen in einer bestimmten Form und Anordnung, als gar nichts, vorzustellen.

Unter mehreren Hypothesen über die besondere Molekularstruktur, welche die Substanz der lebenden Körper in einen so merkwürdigen Gegensatz bringt zu den unbelebten, ist diejenige E. von Nägeli's die annehmbarste, weil sie nicht mit „lebendigen Einheiten“, die gar nichts erklären können, sondern mit physikalischen Vorstellungen arbeitet. Wenn man behauptet, die Pflanzensubstanz: Protoplasma, Zellhäute u. a., bestände aus hypothetischen, lebendigen Einheiten im Gegensatz zu den chemischen Elementen und Verbindungen, so ist damit für die lebenden Körper gar nichts gesagt, was die Einsicht förderte. Man erklärt nichts, wenn man sagt, die Gewebeteile bestehen aus lebendigen Elementen. Dagegen ist es eine Erklärung, zu sagen, welche andere innere Struktur die Substanzen des lebenden Körpers haben können. In diesem Sinne ist Nägeli's Ansicht eine wirkliche naturwissenschaftliche Theorie, während die Annahmen von Plasomen, Gemmarien u. dgl. lebenden Einheiten nur etwas andere Formen von Leibniz' philosophischer Monadenlehre sind.

Nägeli wies mit Recht darauf hin, daß alle organisierten Substanzen, d. h. die Gewebestoffe, sich gegenüber den unorganisierten, also Mineralien, chemischen Elementen und Verbindungen, durch ihr Verhalten zum Wasser auszeichnen. Sie sind quellbar, d. h. lösen sich nicht in Wasser auf wie ein Salzkristall, sondern lagern Wasser nur bis zu einer bestimmten Grenze zwischen ihre Substanzmoleküle ein. Dieser Unterschied läßt sich an jedem Stück Holz, einer tierischen Haut oder an Gelatine erläutern. Nägeli nahm an, daß die organischen Substanzen nicht aus Molekülen als nächsten Einheiten, sondern aus größeren Molekülgruppen, die er Mizellen nannte, aufgebaut seien.

Die Mizellen lagern bei der Quellung Wasser in ihre Zwischenräume ein. Sie werden dadurch auseinandergedrängt, die Substanz wird wasserreich und quillt auf, ohne sich zu lösen. Nur die Konsistenz der Substanz ändert sich; war sie vorher hart und brüchig, wie ein Stück trockene Gelatine, so wird sie nach der Wasseraufnahme weich und schlüpfrig. Das Wasser wird mit großer Gewalt von den festen Teilchen angezogen, schiebt sie auseinander und vergrößert das Volumen so gewaltig, daß man bekanntlich mit angefeuchteten Holzkeilen Felsen sprengen kann. Das Quellungswasser, auch Imbibitionswasser genannt, läßt sich nicht einfach aus der gequollenen Substanz auspressen.

Alle diese physikalischen Verhältnisse deuten auf eine besondere Molekularstruktur quellbarer Substanzen. In einen Kristall, der gleich diesen Stoffen in Wasser unlöslich wäre,

bringt niemals Wasser ein, um ihn quellen zu machen. Entweder löst er sich in dem Wasser auf, oder er bleibt ganz unverändert.

Nägeli's Mizellentheorie ist wohlgeeignet, der Vorstellung über die inneren Vorgänge bei der Quellung zu Hilfe zu kommen. Da manche organisierten Substanzen, wie Zellmembranen, Stärkekörner und Kristalloide, optische Doppelbrechung zeigen, glaubt Nägeli, daß die Mizellen selbst kristallähnliche Molekülgruppen seien, doch könnte die Doppelbrechung auch durch Spannungen in den Substanzen hervorgerufen sein. Wichtig ist es, hervorzuheben, daß diese Theorie voraussetzt, daß verschiedene Bestandteile des Körpers, als Protoplasma, Zellwände, Zellkerne, Stärkekörner usw., aus Mizellen verschiedener Größe und Eigenschaften bestehen. Das ist auch viel wahrscheinlicher, als daß alle Gewebesubstanzen aus ganz gleichartigen „Lebenseinheiten“ bestehen sollen, wie manche Forscher annehmen. Wenn wir, um unsere Vorstellungen über viele Lebensvorgänge zu klären, ohne solche theoretische Ansichten nicht auskommen, so muß man andererseits sagen: sehen kann man mit unseren optischen Hilfsmitteln von diesem molekularen Aufbau nichts. Gewisse Schlüsse können freilich aus dem optischen Verhalten der Gewebesubstanzen im polarisierten Lichte wegen des ähnlichen Verhaltens von Körpern bekannter Struktur gezogen werden. Die optische Untersuchung der Zellwände und geformten Inhaltkörper der Zelle ist ein interessantes Gebiet der Forschung, doch können wir hier auf dessen Inhalt nicht eingehen.

Wollen wir uns mit dem begnügen, was dem bewaffneten Auge sichtbar gemacht werden kann, dann kann der Grundsatz aufgestellt werden, daß alle Pflanzenkörper sich aus Protoplasten oder Zellen aufbauen, die das allgemeine, und zwar sichtbare Formelement sind. Auf der untersten Stufe des Pflanzenreiches ist die Zelle zugleich die ganze Pflanze, da z. B. niedere Algen nur aus einer einzigen Zelle bestehen, wie man sagt „einzellig“ sind. Es gibt nur eine einzige noch einfachere Organisation, die wir bei den Schleimpilzen oder Myxomyzeten finden. Hier gilt der Begriff der Zelle nur für ihre Sporen, mit denen sie sich fortpflanzen. Ihre vegetativen Zustände, die Plasmodien, sind hautlose Protoplasamassen, durch Zusammenfließen der Sporenhalte entstanden, aber ohne Ähnlichkeit mit dem in Zellen gegliederten inneren Baue aller anderen Pflanzen.

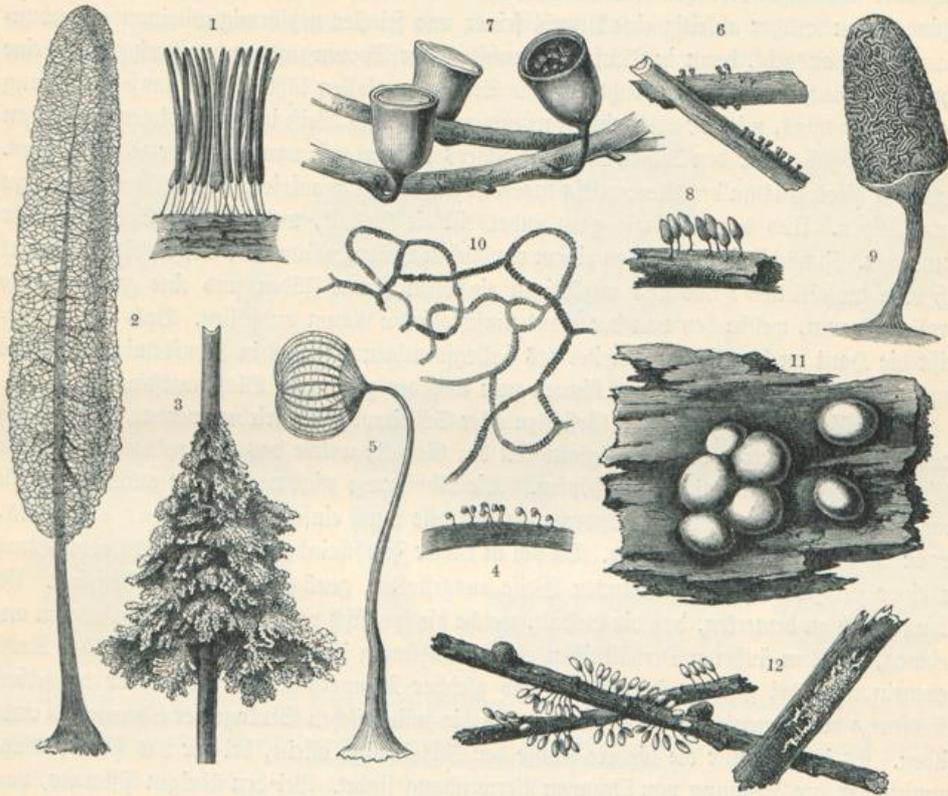
Das ausgesprochene Streben nach Formenbildung gibt sich aber auch schon auf dieser untersten Stufe der Pflanzenwelt zu erkennen. Die formlosen Plasmodien wandeln sich bei der Fortpflanzung zu den mannigfaltigsten und zierlichsten Gestalten um, die nicht von Einfachheit und Niedrigkeit sprechen lassen.

## 2. Sichtbare Formenbildung des Protoplasmas.

Im ersten Bande ist das Protoplasma schon in seiner formbildenden Tätigkeit betrachtet worden, aber nur in bezug auf innere Raumverhältnisse. Hier kommen wir darauf zu sprechen, daß das Protoplasma auch bestimmte äußere Formen anzunehmen und sich zur „Pflanze“ zu gestalten vermag.

Ein mit Vorliebe auf der Rinde abgefallener dürerer Kiefernzweige vorkommender Schleimpilz, *Leocarpus fragilis* (s. Abbildung, S. 9, Fig. 12), bildet als sogenanntes Plasmodium eine schmierige gelbe Masse, die dem zerfloßenen Dotter eines Hühnereies täuschend ähnlich sieht. Dieses Plasmodium ist aus der Vereinigung gelblicher kleiner, aus Sporen ausgefrochener

Protoplasten entstanden und stellt einen hautlosen Protoplasmakörper dar. Diese Masse überzieht die abgestorbenen, auf dem Boden liegenden Zweige als eine dünne Schicht, an welcher besondere Hervorragungen nicht zu erkennen sind. Noch am späten Abend kann man den *Leocarpus* in der angegebenen Gestalt als Plasmodium sehen. Im Laufe der Nacht erheben sich aber an bestimmten Stellen Buckel und Warzen, und die ganze Masse sieht dann wie grob geförnt aus. Gegen Morgen sind aus diesen Erhabenheiten verkehrt-eiförmige, an dünnen



Scheimpf'sche: 1) Gruppe von Sporenträgern von *Stemonitis fusca*, 2) ein einzelner dieser Sporenträger, vergrößert; 3) Sporenträger von *Spumaria alba* an einem Grasblatte; 4) Gruppe von Sporenträgern von *Dictydium umbilicatum*; 5) Sporenträger desselben, vergrößert; 6) Sporenträger von *Craterium minutum*; 7) dieselben, vergrößert; 8) Sporenträger von *Arcyria punicea*; 9) ein einzelner Sporenträger, vergrößert; 10) Stiel des netzförmigen Kapillitiums aus demselben; 11) Sporenträger von *Lycogala Epidendron* auf einem Holzstücke; 12) rechts ein Plasmodium, links mehrere Sporenträger von *Leocarpus fragilis* auf Holzstücken.

Stielen aufsitzende birnförmige Körper geworden, die nun nicht mehr schmierig sind, sondern eine dünne trockene Haut haben und im Inneren zahlreiche haarförmige Fäden und dazwischliegende staubartige schwarze Sporen enthalten. Zu dem Aufbau derselben braucht der *Leocarpus* ungefähr zwölf Stunden, und hat man die Geduld, die ganze Nacht hindurch die sich formende Masse zu beobachten, so kann man tatsächlich sehen, wie sich der schleimige gelbe Körper von der Unterlage erhebt, abrundet, eine Haut bekommt und die birnförmige Gestalt annimmt. Ähnlich wie *Leocarpus* entwickelt auch *Dictydium umbilicatum* seine Sporenbälter (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4 und 5). Die lichtbraune zerflossene, gestaltlose Protoplasma-masse erhebt sich zu einem runden Strange, der an seinem oberen Ende sich keulenförmig

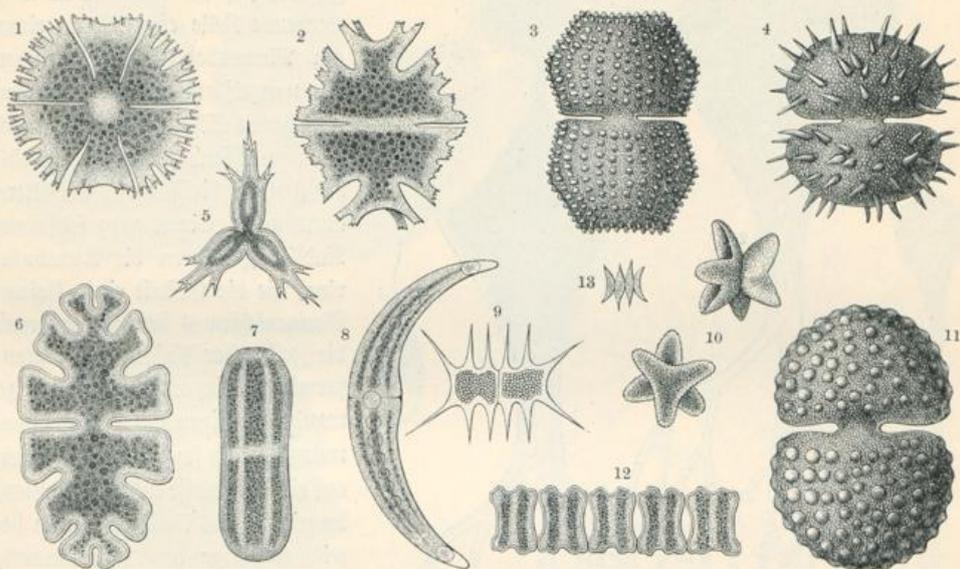
verdickt und dann in ein zierliches Netzwerk auflöst, das im Umriss die Gestalt einer Kugel besitzt. Zwischen den Maschen dieses Netzwerkes sondert sich das Protoplasma in schwarze staubförmige Sporen, welche dem leichtesten Lufthauche zur Beute werden. Das schleimige Protoplasma der *Stemonitis fusca* (Fig. 1 und 2, S. 9) dagegen erhebt sich in Gestalt zahlreicher dichtgedrängter, ungefähr 1 cm langer Stränge. Jeder einzelne Strang gliedert sich in einen unteren stielartigen Teil und in einen oberen dickeren zylindrischen Körper. Dieser ist zunächst noch von schleimiger Konsistenz, wird aber alsbald trocken und sondert sich in eine mittlere Spindel, von welcher allseitig eine Anzahl feiner und feinsten netzförmig miteinander verbundener Fäden ausgeht, dann in Tausende staubförmiger Sporen und an der Peripherie in eine sehr zarte Haut, die später zerbricht und die Sporen ausfallen läßt. Diese ganze Gestaltung des Protoplasmas, mit der auch eine Farbenwandlung aus Weiß in Braunviolett verbunden ist, vollzieht sich unter den Augen des Beobachters im Verlaufe von ungefähr zehn Stunden. Von dem Protoplasma der *Stemonitis fusca* ist jenes des *Chondrioderma* difforme kaum zu unterscheiden. Und dennoch, wie ganz anders ist die Gestalt, welche dessen Sporenbehälter annehmen. Zunächst zieht es sich zu einem rundlichen Ballen zusammen, und in diesem sondert sich eine umhüllende Haut aus unzähligen einfachen feinen Fäden und eine große Menge dunkler Sporen, welche den von der Haut umschlossenen Raum ausfüllen. Bald darauf zerreißt die Haut an dem freien Scheitel des ballenförmigen Körpers in sternförmig abstehende Lappen, und die dunkeln Sporen können nun aus der geöffneten Blase austäuben.

Es müßten hier eigentlich die Gestalten aller Schleimpilze beschrieben werden, wenn es sich darum handeln würde, die Mannigfaltigkeit der Gestalt, welche das Protoplasma bei dieser Pflanzengruppe annimmt, zu erschöpfen. Die Abbildung zeigt noch einige andere dort mit Namen bezeichnete Formen von Sporangien, die alle durch einfache Erhärtung des Plasmodienplasmas entstanden sind. Da sich in kurzer Zeit scheinbar ganz gleiches Protoplasma in einer für jede Spezies bestimmten Weise ausgestaltet, genügen die obigen Beispiele. Es ist nur noch zu bemerken, daß die Gestalt, welche die spezifisch verschiedenen Protoplasmen annehmen, von den äußeren Verhältnissen ganz unabhängig ist, und daß sich in derselben Nacht nebeneinander bei gleicher Feuchtigkeit und gleicher Temperatur der Luft unter demselben Glassturze der birnenförmige *Leocarpus* und die zylindrischen Stränge der *Stemonitis* ausbilden. Es ist aber nur die niedere Klasse der Schleimpilze allein, bei der das Protoplasma unmittelbar zur Formung von Organen Verwendung findet. Bei den übrigen Pflanzen, von den Algen angefangen bis zu den Blütenpflanzen hinauf, finden wir als Baustein die Zelle, welche die Gewebe zusammensetzt, aus denen Organe und Pflanze bestehen.

Die Haut der Sporenbehälter der Schleimpilze enthält keinen Zellstoff, und es besteht bei diesen Gewächsen in betreff der Substanz überhaupt kein Unterschied zwischen Haut und Zellleib. Das Protoplasma der anderen Pflanzen versieht sich dagegen immer früher oder später mit einer Haut, welche aus Zellulose besteht. Schon bei den einzelligen Pflanzen findet sich diese wiederkehrende Zellform, aber selbst die kleine Protoplasma-masse, welche, in ihrer Haut eingeschlossen, den ganzen Körper solcher mikroskopisch kleinen Pflänzchen darstellt, besitzt die Fähigkeit einer ganz erstaunlichen Formenbildung.

In dieser Beziehung stehen die Algenfamilien der Diatomeen und der Desmidiaceen unerreicht da. Erstere sind schon in Band I, S. 58, abgebildet. Bei den Desmidiaceen kommen walzenförmige, halbmondförmige, scheibenförmige Gestalten in unererschöpflicher Abwechslung oft auf engem Raume in buntem Durcheinander vor (s. Abbildung, S. 11). Jede Art hält

aber mit wunderbarer Genauigkeit ihren Bauplan fest und wächst bis zu einer bestimmten Größe heran. Erst wenn diese erreicht ist, und nachdem sich die Zelle eine Zeitlang in ihren äußeren Umrissen unverändert erhalten hat, greift eine auffallende Umgestaltung zum Zwecke der Vermehrung Platz. Das Mittelstück der Zelle, welches bei allen Arten eine ringförmige Einschnürung zeigt, streckt sich, und es bildet sich in der Mitte des gestreckten Mittelstückes eine Scheidewand aus. Zugleich weiten sich die an die Scheidewand angrenzenden Teile. Aus einer Zelle sind jetzt zwei Zellen geworden. Diese bleiben aber nur sehr kurze Zeit vereinigt; die beiden Zellen fallen auseinander, und jede nimmt alsbald genau die Gestalt an, welche die Mutterzelle besaß. Alle diese Gestaltungsvorgänge, die die umhüllende Haut zeigt, sind

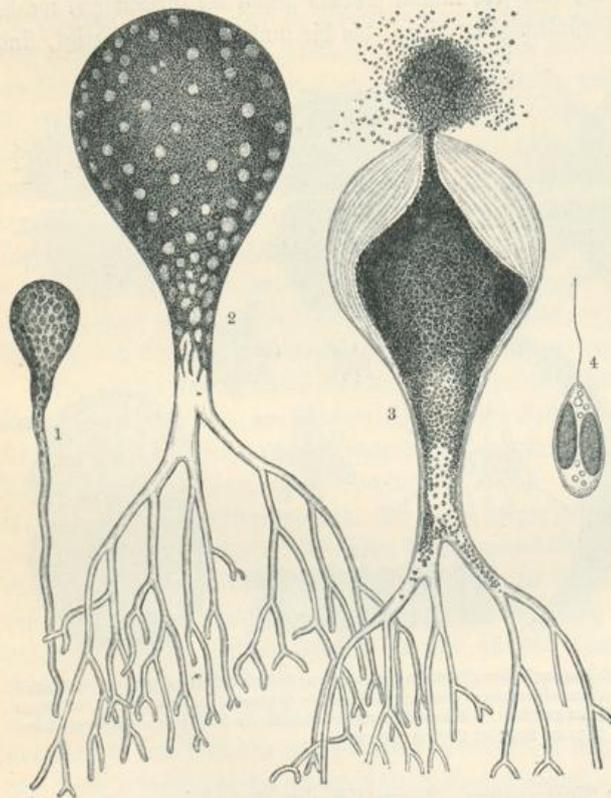


Einzellige Algen: Desmidiaceen. 1) *Micrasterias papillifera*; 2) *Micrasterias morsa*; 3) *Cosmarium polygonum*; 4) *Xanthidium aculeatum*; 5) *Staurastrum furcatum*; 6) *Euastrum oblongum*; 7) *Penium Brebissonii*; 8) *Closterium Lanula*; 9) *Xanthidium octocorne*; 10) *Staurastrum alternans*, von zwei Seiten gesehen; 11) *Cosmarium tetraophthalmum*; 12) *Aptogonium Desmidium*. Sämtliche Figuren ungefähr 200fach vergrößert.

aber das Werk des in ihr lebenden Protoplasten. Wenn sich eine Desmidiaceenzelle in die Länge oder Quere streckt, an einer Stelle ausbaucht, an einer anderen eingeschnürt bleibt, so ist das nur die Folge der Tätigkeit des Protoplasten, der seinen Leib und damit auch seine Haut dem Bauplane der Art entsprechend gestaltet und umgestaltet.

Die Zellen dieser Algen sowohl wie der höheren Pflanzen sind im allgemeinen mikroskopisch klein. Bei einer Algenabteilung, den Siphoneen, erreichen dagegen sogar die einzelnen Zellen solche Größe, daß sie eine äußere Gliederung, ähnlich der höherer Pflanzen, erlangen können. Die einfachste Form, in der eine einzige solche schlauchförmige Algenzelle sich durch bloße Erzeugung von Ausstülpungen zu einer „Pflanze“ gestaltet, bietet unser kleines, auf feuchtem Boden wachsendes *Botrydium granulatum* dar, welches auf S. 12 abgebildet ist. Das einzellige Pflänzchen rundet sich nach oben zu einem eiförmigen, grünen, oberirdischen Teile von Stecknadelkopfgröße ab, nach unten wächst diese Zelle zu verzweigten Schläuchen aus, die in den feuchten Boden hineinwachsen, und so entsteht aus einer einzigen Zelle eine Pflanze,

welche mit einem Wurzelorgan und grünem, assimilierendem Sproßorgane versehen ist und trotz des Mangels an jeder Gewebebildung doch in bezug auf Arbeitsteilung sich wie eine höhere Pflanze verhält. In etwas anderer Form ist schon früher in *Vaucheria* ein Beispiel beschrieben worden, wo die ganze Pflanze ein einziger Schlauch ist. Aus der Keimzelle solcher Algen entstehen lange haarförmige Schläuche, die, wie bei der Band I, S. 22, beschriebenen *Vaucheria*, einfache Fäden bleiben können, aber bei anderen, z. B. schon bei der noch kleineren, zierlichen *Bryopsis*, einer im Mittelmeer wachsenden Alge, den Eindruck eines verzweigten Bäumchens



*Botrydium granulatum*, stark vergrößert (nach Ann): 1) Junge Pflanze mit grünem oberem Teil und farbloser Wurzel; 2) Ältere Pflanze; 3) Fortpflanzung der Alge; der Inhalt ist in zahlreiche Sporen zerfallen, die nach Aufquellung der Wand diese sprengen und ins Freie treten; 4) einzelne Schwärmospore, sehr stark vergrößert.

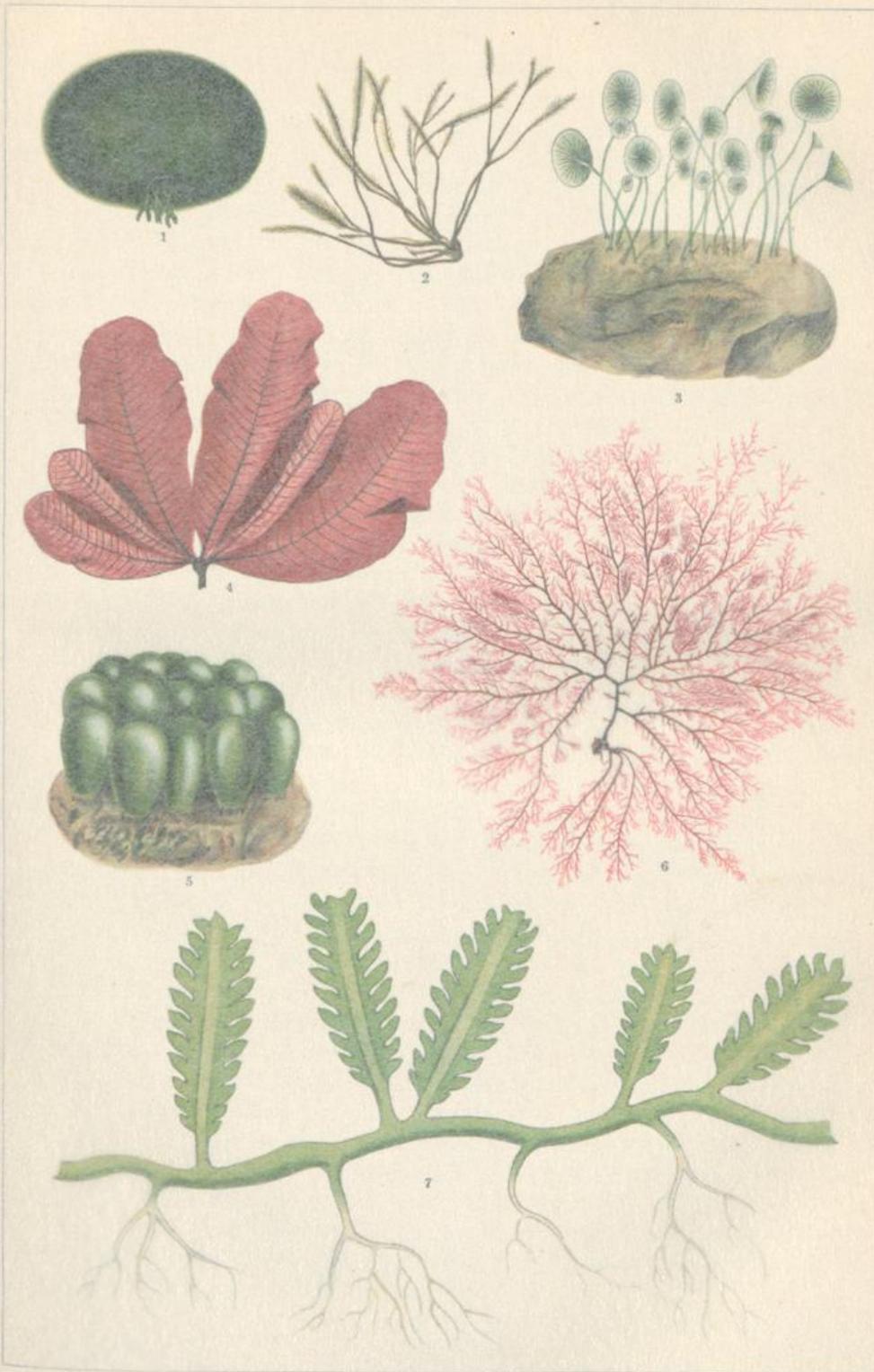
mit ungleichlangen Ausstülpungen machen. Bei der Gattung *Caulerpa* gliedert sich die über  $\frac{1}{2}$  m lang werdende Zelle ebenfalls in einen am Meeresboden hinkriechenden, mit wurzelförmigen Ausfackungen versehenen Scheinstengel und nach oben wachsende, flache Ausstülpungen, die die Form von Blättern annehmen. Einen ganz seltsamen Anblick gewähren die *Azetabularien*, die die Gestalt eines kleinen Sonnenschirmes besitzen, während die Zellen der *Valonia* zu beerenförmigen Körpern werden, die zu traubenförmigen Rasen zusammen treten. Welch sonderbare Gestalten auf einfache Weise entstehen können, beweist die als *Codium Bursa* bezeichnete Alge des Mittelmeeres, deren Kugel durch Verflechtung eines einzigen Zellfadens entsteht (vgl. die beigeheftete Tafel „Algenformen des Meeres“).

Trotz dieser Gestaltungsfähigkeit, die bei den Siphoneen eine einzige Zelle zeigt, finden wir schon bei den anderen Algen das Be-

streben entwickelt, durch eine Vereinigung von mehreren oder endlich von vielen Zellen zu höheren Leistungen zu gelangen. Die einzelne Zelle geht im Kampfe ums Dasein leicht zugrunde. Man denke nur an die kleinen Feinde der Algen des Süßwassers. Durch Verbindung mehrerer Zellen läßt sich schon ein etwas widerstandsfähigeres Gebäude bilden, abgesehen davon, daß auch eine Verteilung von Aufgaben an verschiedene Zellen möglich ist, während die Einzelzelle alle Arbeiten übernehmen muß.

Die einfachste Form der Zellvereinigung ist die Koloniebildung, welche namentlich bei den Algen zu ungewöhnlich reizenden Formen geführt hat.

Durch bloße Zusammenhäufung einzelner Zellen derselben Algenart, wie bei den einzelligen

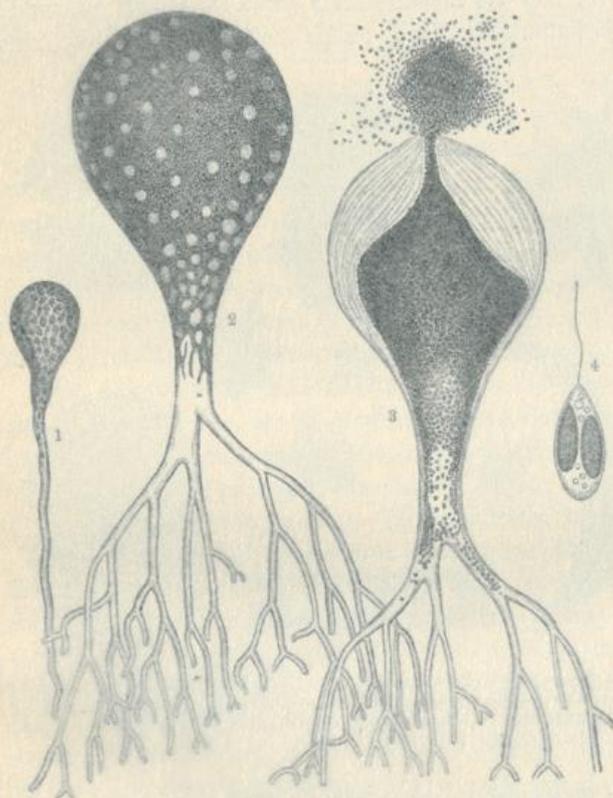


Algenformen des Meeres.

1) *Codium bursa*, 2) *Bryopsis plumosa*, 3) *Acetabularia mediterranea*, 4) *Hydrolapathum sanguineum*, 5) *Valonia utriculata*, 6) *Plocamium coccineum* (sämtlich aus dem Mittelmeer), 7) *Caulerpa crassifolia* (aus Westindien).

1-6) etwa um die Hälfte vergrößert, 7) natürliche Größe.

welche mit einem Wurzelorgan und grünem, assimilierendem Sprossorgane versehen ist und trotz des Mangels an jeder Gewebebildung doch in bezug auf Arbeitsteilung sich wie eine höhere Pflanze verhält. In etwas anderer Form ist schon früher in *Vaucheria* ein Beispiel beschrieben worden, wo die ganze Pflanze ein einziger Schlauch ist. Aus der Keimzelle solcher Algen entstehen lange haarförmige Schläuche, die, wie bei der Band I, S. 22, beschriebenen *Vaucheria*, einfache Fäden bleiben können, aber bei anderen, z. B. schon bei der noch kleineren, zierlichen *Bryopsis*, einer im Mittelmeer wachsenden Alge, den Eindruck eines verzweigten Bäumchens



*Botrydium gracilissimum*, stark vergrößert (nach Kütz): 1) Junge Pflanze mit grünem oberem Teil und furchiger Wurzel; 2) Ältere Pflanze; 3) Fortpflanzung der Alge; der Inhalt ist in zahlreiche Sporen zerfallen, die nach Aufquellung der Wand diese sprengen und ins Freie treten; 4) einzelne Schwärmerspore, sehr stark vergrößert.

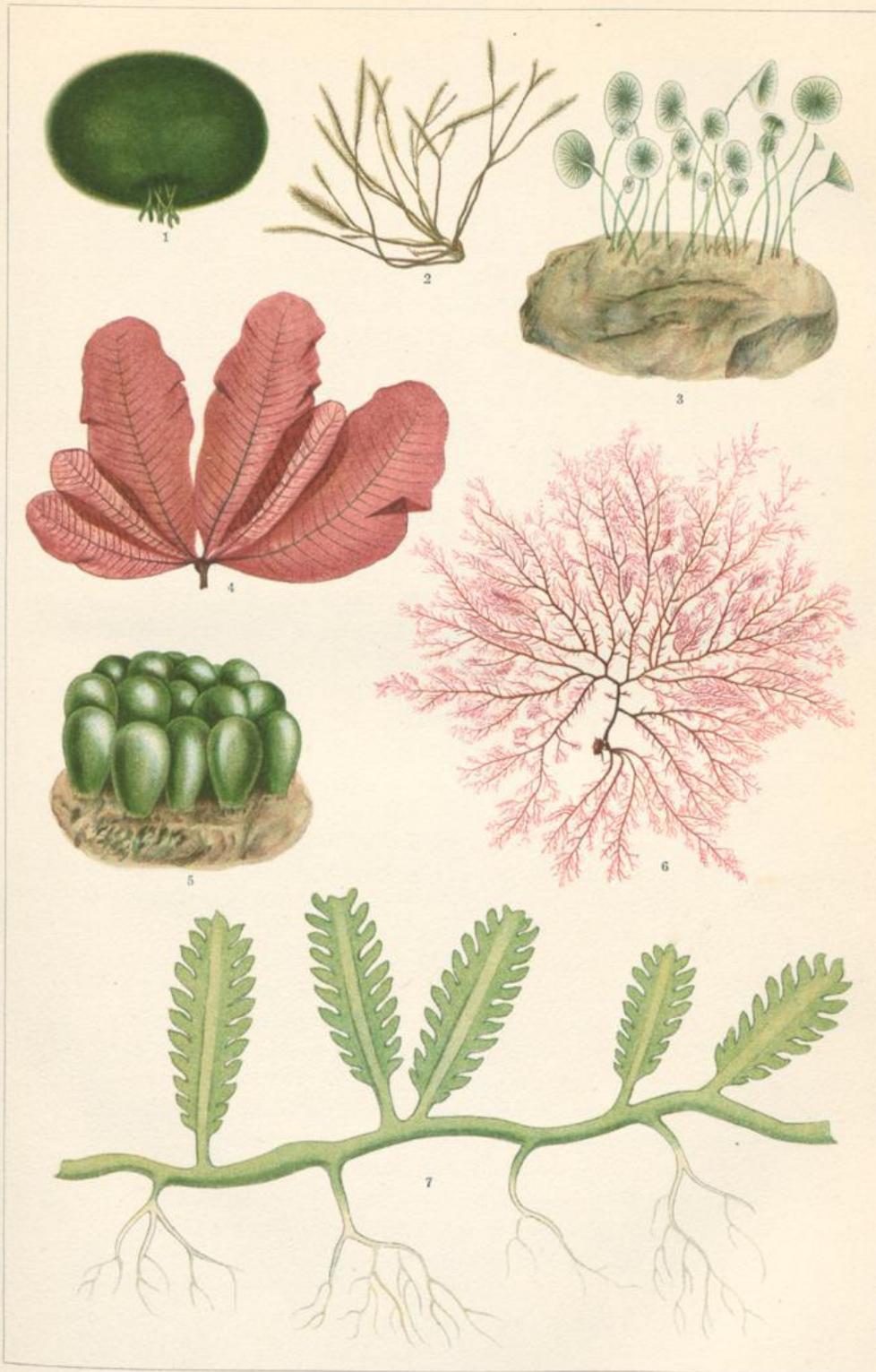
mit ungleichlangen Ausstülpungen machen. Bei der Gattung *Canlerpa* gliedert sich die über  $\frac{1}{2}$  m lang werdende Zelle ebenfalls in einen am Meeresboden hinkriechenden, mit wurzelförmigen Ausstülpungen versehenen Scheinstengel und nach oben wachsende, flache Ausstülpungen, die die Form von Blättern annehmen. Einen ganz seltsamen Anblick gewähren die *Azetabularien*, die die Gestalt eines kleinen Sonnenschirmes besitzen, während die Zellen der *Valonia* zu beerenförmigen Körpern werden, die zu traubenförmigen Rasen zusammentreten. Welch sonderbare Gestalten auf einfache Weise entstehen können, beweist die als *Codium Bursa* bezeichnete Alge des Mittelmeeres, deren Kugel durch Verflechtung eines einzigen Zellfadens entsteht (vgl. die beigeheftete Tafel „Algenformen des Meeres“).

Trotz dieser Gestaltungsfähigkeit, die bei den Siphoneen eine einzige Zelle zeigt, finden wir schon bei den anderen Algen das Be-

streben entwickelt, durch eine Vereinigung von mehreren oder endlich von vielen Zellen zu höheren Leistungen zu gelangen. Die einzelne Zelle geht im Kampfe ums Dasein leicht zugrunde. Man denke nur an die kleinen Feinde der Algen des Süßwassers. Durch Verbindung mehrerer Zellen läßt sich schon ein etwas widerstandsfähigeres Gebäude bilden, abgesehen davon, daß auch eine Verteilung von Aufgaben an verschiedene Zellen möglich ist, während die Einzelzelle alle Arbeiten übernehmen muß.

Die einfachste Form der Zellvereinigung ist die Koloniebildung, welche namentlich bei den Algen zu ungewöhnlich reizenden Formen geführt hat.

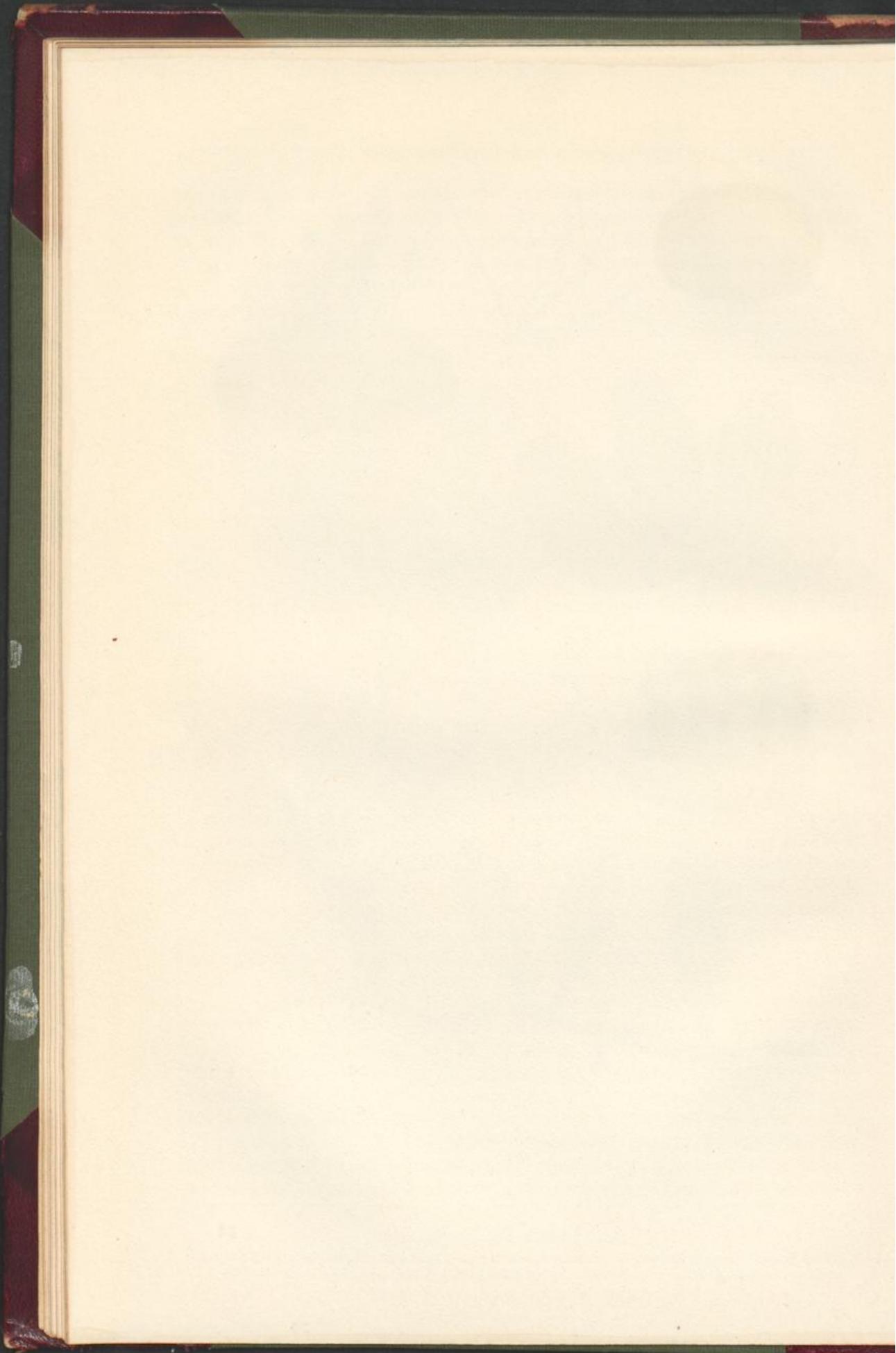
Durch bloße Zusammenhäufung einzelner Zellen derselben Algenart, wie bei den einzelligen



Algenformen des Meeres.

1) *Codium Bursa*, 2) *Bryopsis plumosa*, 3) *Acetabularia mediterranea*, 4) *Hydrolapathum sanguineum*, 5) *Valonia utricularis*, 6) *Plocamium coccineum* (sämtlich aus dem Mittelmeer), 7) *Caulerpa crassifolia* (aus Westindien).

1-6) etwa um die Hälfte vergrößert, 7) natürliche Größe.



grünen *Pleurococcus*-Arten auf der Oberfläche von Baumrinden (s. die Tafel „Algenformen des Süßwassers“ bei S. 14, Fig. 1), entsteht noch keine Kolonie. Eine Kolonie, an der zahlreiche, einzellige Individuen teilnehmen, hat vielmehr einen stets gleichbleibenden Umriss, so daß sie den Eindruck eines vielzelligen Individuums, einer selbständigen Pflanze, macht.

Bei den blaugrünen *Oszillarien*, die in Form dicker Häute auf feuchtem Erdboden leben, vereinigen sich kurze zylindrische Zellen zu einer fadenförmigen Kolonie, die von einer Schleimscheide umschlossen wird. Bei der verwandten Gattung *Nostoc* sind die Zellen perlschnurartig verbunden und ebenfalls durch eine große faltige Schleimmasse zusammengehalten. Diese *Nostoc*-Kolonien, die in feuchtem Kies oft in Menge auftreten, machen gar keinen pflanzlichen Eindruck. Sie sehen aus wie ein schmutzigrüner, faltiger oder kugeligter Gallertklumpen. Erst unter dem Mikroskop sieht man die zierlichen Perlfetten der sie zusammensetzenden Zellen, die noch von etwas andersgeformten und -gefärbten größeren „Grenzellen“ unterbrochen sind (vgl. die Tafel „Algenformen des Süßwassers“ bei S. 14, Fig. 4 und 5).

Am hübschesten sind einige Kolonien, die im Wasser schwimmen. Der wunderschöne *Volvox* ist in Band I abgebildet und beschrieben. Einfacher, aber nicht minder zierlich sind die auf der obengenannten Tafel abgebildeten Formen von *Pandorina*, *Pediastrum* und *Gonium* gebaut. Mit Ausnahme von *Pediastrum* tummeln sich diese Zellkolonien mit Hilfe zarter, beweglicher Wimpern im Wasser umher, und wenn sie reichlich auftreten, kann man sie zum Teil mit bloßem Auge in einem Glase Wasser, welches man aus einem Teiche schöpft, erkennen. *Pediastrum* bildet flache Scheiben, die durch Zusammentreten von anfangs innerhalb einer Schleimhülle beweglichen Schwärmern entstehen (s. auch Bd. I, S. 35).

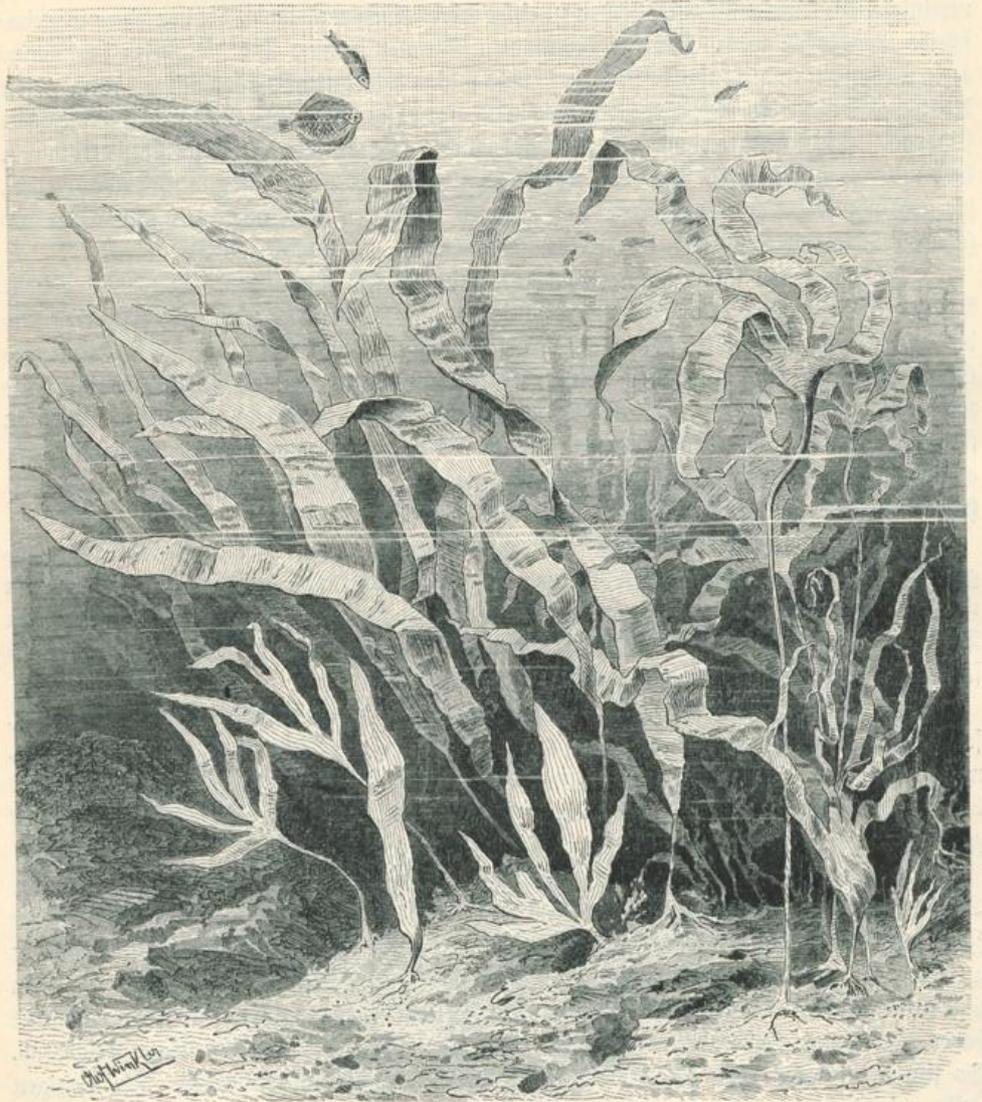
Die *Pandorina*-Kolonie besteht aus acht keilförmigen Zellen, die, zu einer Kugel angeordnet, von einer zarten Gallert-hülle umgeben sind. Durch diese streckt jede der grünen, mit einem roten Pigmentfleck versehenen Zellen zwei feine Fäden ins Wasser, die die Kugel in Drehung versetzen. Bei *Gonium* dagegen sind die Zellen in einer Fläche angeordnet, ebenfalls in Gallerte eingeschlossen und mit Geißelfäden ausgerüstet.

Daß diese Zellen, welche die Kolonie zusammensetzen, keine einheitliche Pflanze darstellen, sondern daß jede Zelle ihre Selbständigkeit bewahrt hat, geht aus dem Vermehrungsakt hervor, wobei jede Zelle sich teilt und wieder eine neue Kolonie bildet, die nach der Trennung aus dem Verbande allein weiterlebt. Die Verbindung der Zellen ist hier also nur für einige Zeit geschlossen und wird bei der Fortpflanzung wieder aufgehoben.

Daß die Koloniebildung einen Vorteil mit sich bringt, ist einzusehen. Die kleine grüne Scheibe von *Pediastrum* wird vom Wasser besser an die Oberfläche gehoben als eine einzelne Zelle und kann daher das Licht für ihre Ernährung besser ausnutzen. Das Scheibchen kann an Stengeln oder Blättern von Wasserpflanzen nahe der Wasseroberfläche leichter festhaften und so einen sicheren Standort gewinnen. Die Auswüchse, welche die Randzellen entwickelt haben, starren wie Hellebarden nach allen Richtungen und halten Angriffe kleiner Feinde ab. So finden wir hier schon eine Arbeitsteilung durch Vereinigung ermöglicht. Die winzigen Zellen, die die *Volvox*-Kolonie zusammensetzen, würden allein leicht ein Raub kleiner Wassertiere werden. Die mit Wimpern versehene Kugel ist schon durch ihre Größe besser vor Angriffen geschützt. Die beweglichen Wimpern lassen die kleinen Feinde nicht herankommen, und die Kugel entgleitet ihnen durch ihre drehende Bewegung.

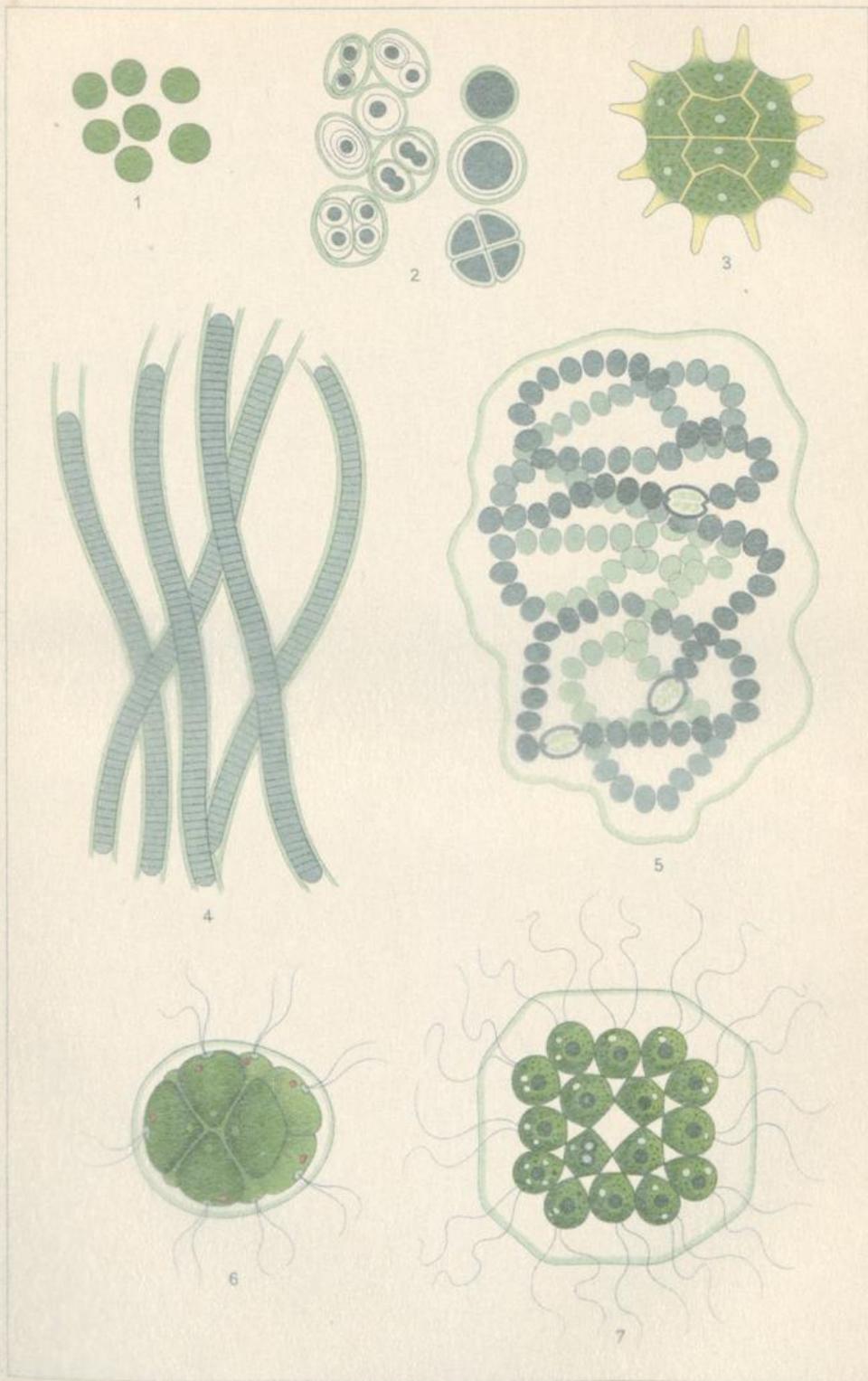
Wenn das Pflanzenleben sich auf eine höhere Stufe, d. h. zu vollkommeneren Leistungen erheben soll, dann ist mit diesen einfachen Mitteln nicht mehr auszukommen. Durch lockeres

Zusammenschließen anfangs getrennter Zellen läßt sich kein größeres Pflanzengebäude aufbauen. Daher haben denn selbst die roten Algen des Meeres, deren Körper zwar keine Kolonien sind, die aber zum Teil durch bloße Verflechtung und Verwachsung anfänglich getrennter Zellfäden entstehen, es nicht zur Entwicklung wirklich imponierender Größe gebracht.



Laminarien in der Nordsee. (Zu S. 15.)

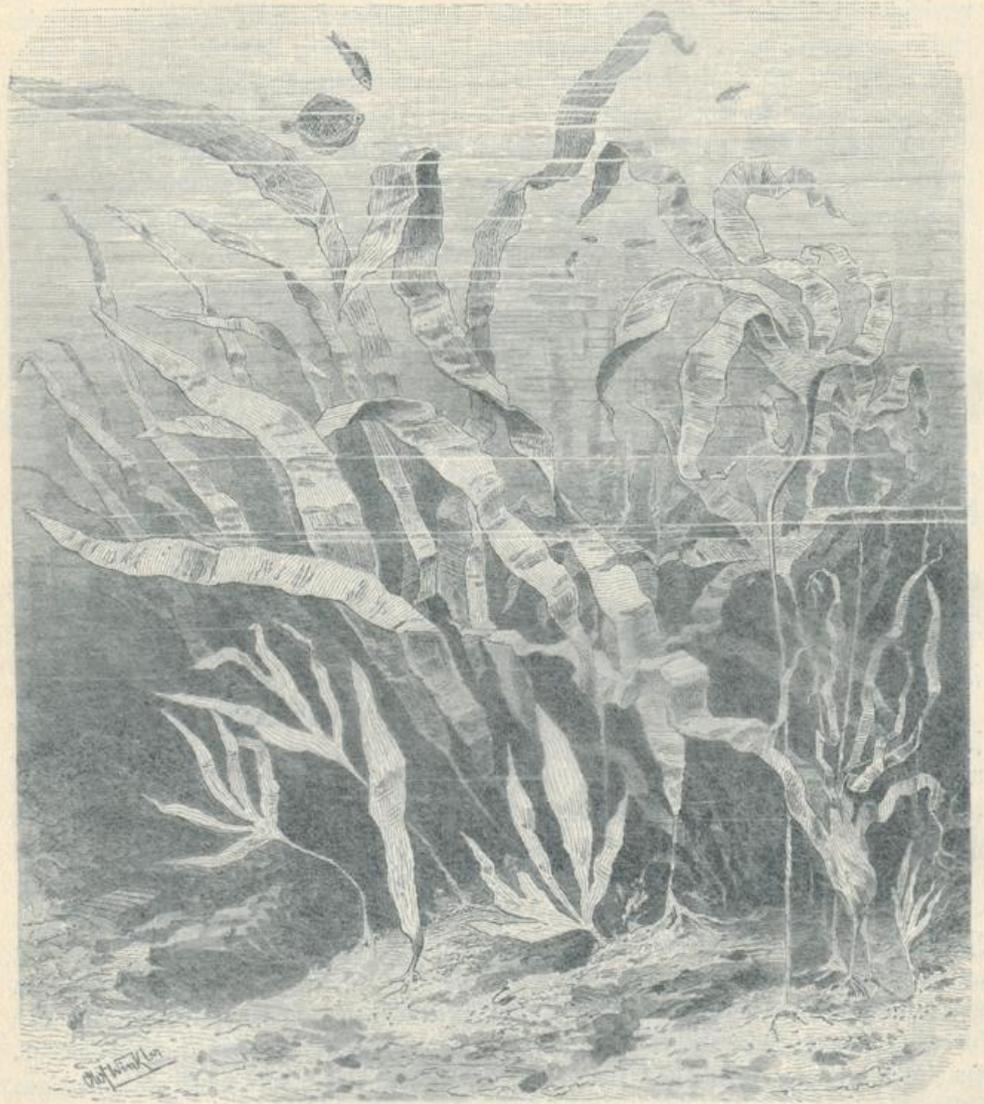
Gleichfalls auf unvollkommener Stufe des zelligen Aufbaues stehen alle höheren Pilze, obwohl diese, wie bekannt, in ihren bunten Hüten oft gar stattliche Körper darstellen. Aber ein solcher Pilzhut baut sich allmählich auf aus einem anfangs ganz lockeren Geflecht dünner Zellfäden, Hyphen genannt, welche, selbständig wachsend, immer fester aneinander schließen



Algenformen des Süßwassers und feuchten Bodens.

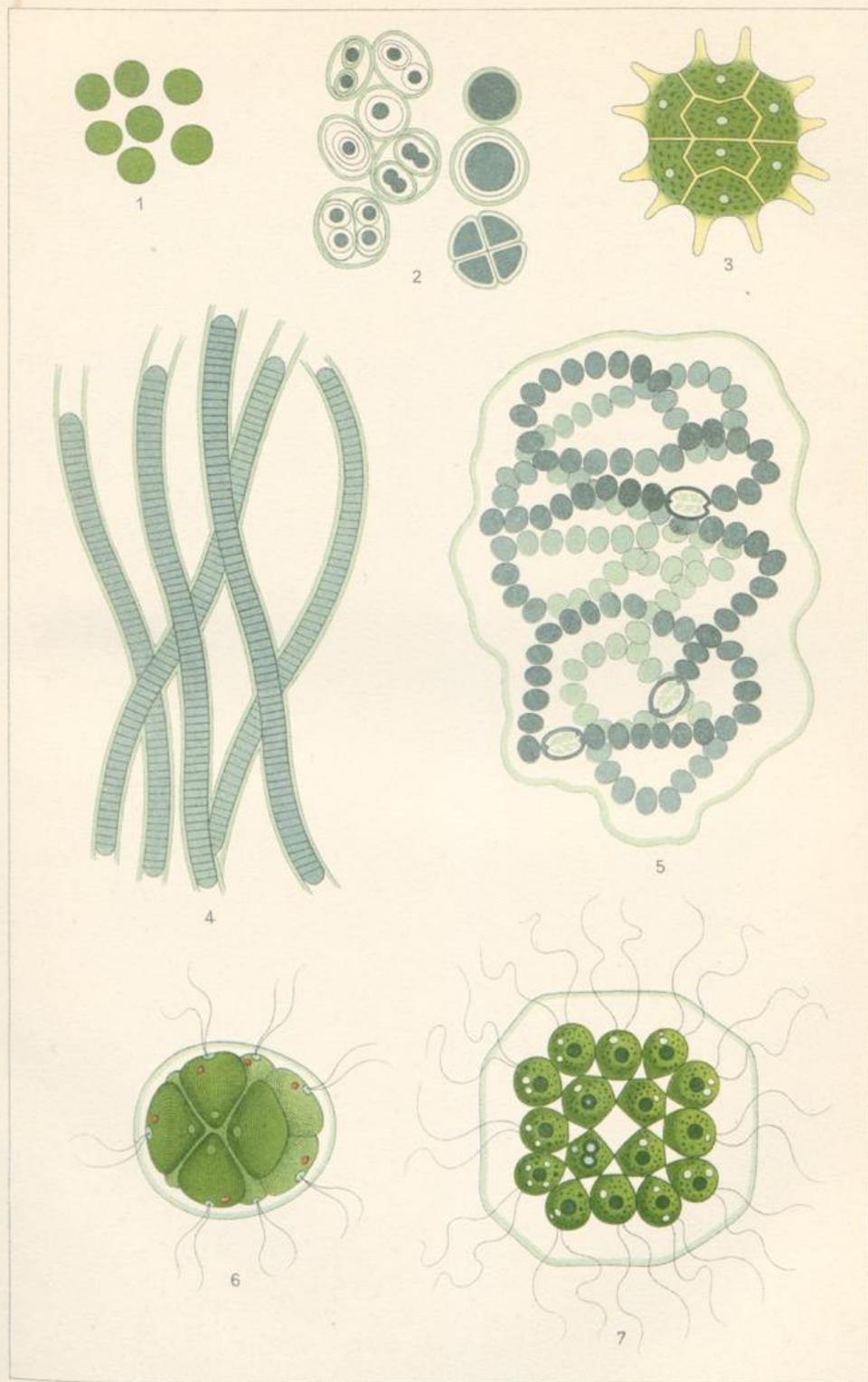
1) Die einzellige Art *Pleurococcus vulgaris*; 2—7) koloniebildende Algen: 2) *Gloeocapsa* (mit mehrfachen ineinandergelagerten Schichten) und *Chroococcus* (nach der Teilung zur kleinen Familie vereinigt), 4) fadenförmige Kolonie von *Ulothrix*, 5) *Nostoc commune*; sämtlich blaugrüne Cyanophyceen; 3) *Pediastrum granulatum*, 6) *Pandorina Morum*, 7) *Gonium pectorale*. — Alle Figuren sehr stark vergrößert.

Zusammenschließen anfangs getrennter Zellen läßt sich kein größeres Pflanzengebäude auf-  
führen. Daher haben denn selbst die roten Algen des Meeres, deren Körper zwar keine Ko-  
lonien sind, die aber zum Teil durch bloße Verflechtung und Verwachsung anfänglich ge-  
trennter Zellfäden entstehen, es nicht zur Entwicklung wirklich imponierender Größe gebracht.



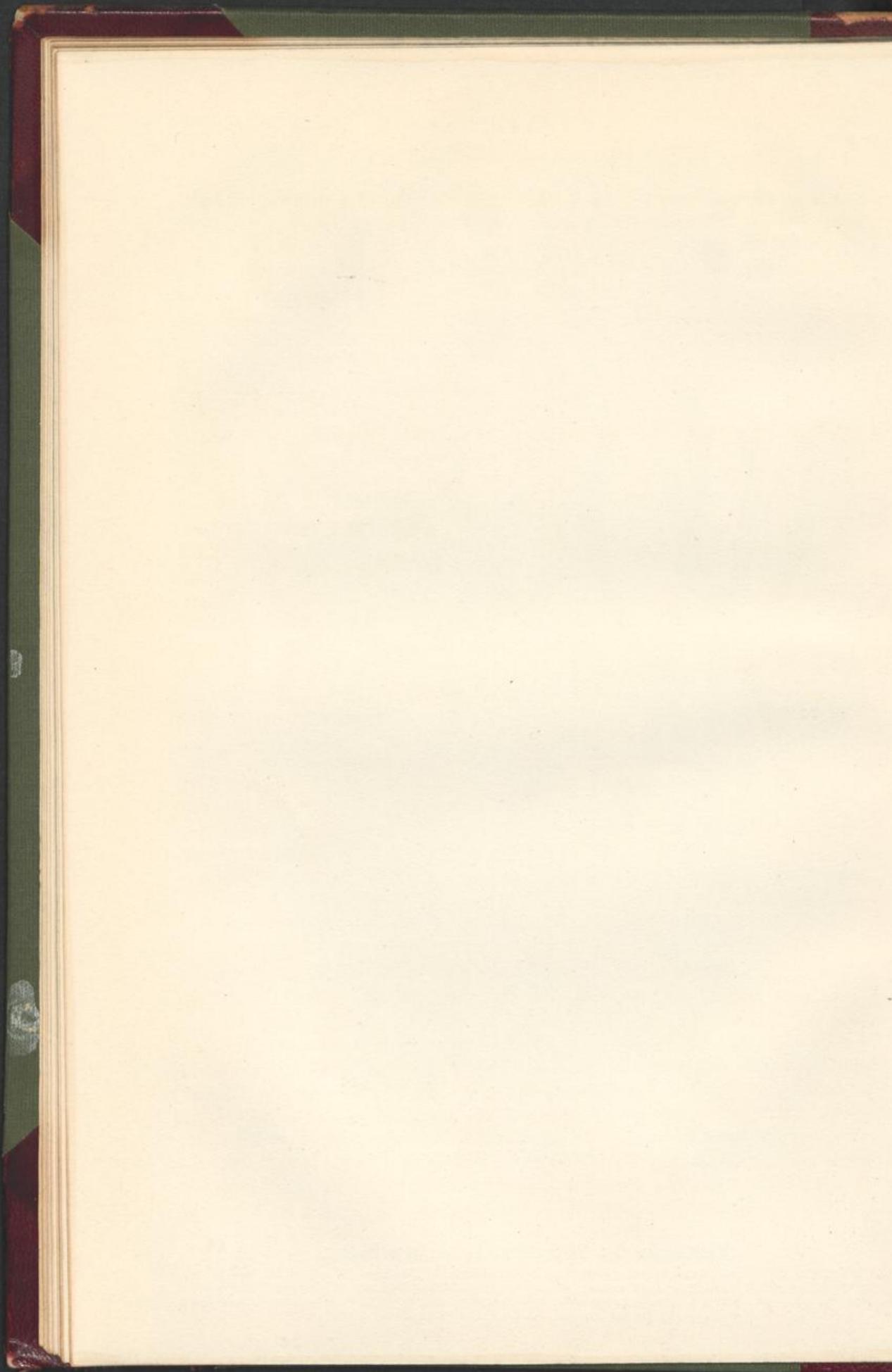
Laminarien in der Nordsee. (Zu S. 15.)

Gleichfalls auf unvollkommener Stufe des zelligen Aufbaues stehen alle höheren Pilze, obwohl diese, wie bekannt, in ihren buntfarbigen Hüten oft gar stattliche Körper darstellen. Aber ein solcher Pilzhut baut sich allmählich auf aus einem anfangs ganz lockeren Geflecht dünner Zellfäden, Hyphen genannt, welche, selbständig wachsend, immer fester aneinanderschließen



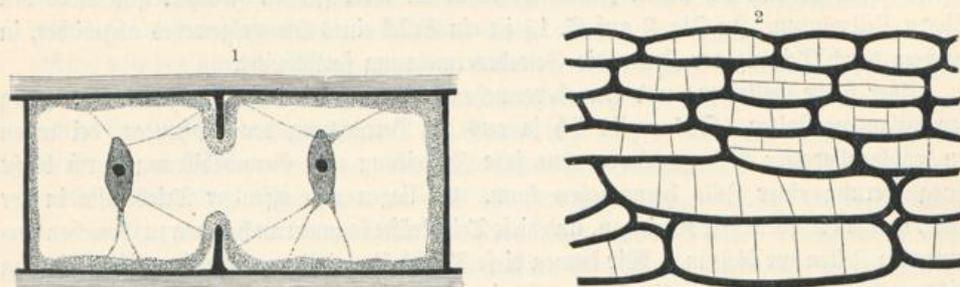
### Algenformen des Süßwassers und feuchten Bodens.

1) Die einzellige Art *Pleurococcus vulgaris*; 2—7) koloniebildende Algen: 2) *Gloeocapsa* (mit mehrfachen ineinandergelagerten Schleimhüllen) und *Chroococcus* (nach der Teilung zur kleinen Familie vereinigt), 4) fadenförmige Kolonie von *Oscillaria*, 5) *Nostoc commune*; fälschlich blaugrüne Zyanophyzeen; 3) *Pediastrum granulatum*, 6) *Pandorina Morum*, 7) *Gonium pectorale*. — Alle Figuren sehr stark vergrößert.



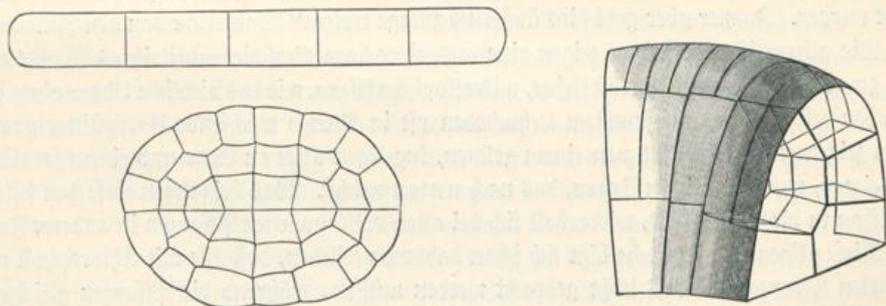
und sich endlich so innig miteinander verflechten und verbinden, daß ein bestimmt begrenzter, fester, ja beim Feuerschwamm und ähnlichen Pilzen sogar harter Körper entsteht.

Ein nachhaltiger Fortschritt in der Gestaltung wurde aber erst durch die Art der Zellvereinigung erreicht, die man als Gewebebildung bezeichnet hat. Der Unterschied eines Gewebes gegenüber locker verbundenen Zellkolonien besteht darin, daß bei der Vermehrung der Zellen keine Trennung derselben erfolgt, daß vielmehr die durch Teilung entstandenen Zellen dauernd fest miteinander verbunden bleiben.



Zellteilung: 1) Zelle einer Spirogyra in Teilung; das Chlorophyllband ist der Deutlichkeit wegen fortgelassen; 2) Zellteilung in dem Rindengewebe eines Stengels. (Zu S. 15 und 16.)

Auf diese Weise können nicht nur größere Flächen, sondern auch Körper aufgebaut werden, wie man das schon bei gewissen großen Meeresalgen (s. Abbildung, S. 14) feststellen kann. Die Laminarien der Nordsee bilden schon sehr stattliche Pflanzen mit breiten, blattähnlichen



Entstehung eines Zellfadens, einer Zellfläche und eines Zellkörpers durch Zellteilung. (Zu S. 16.)

Organen und festen, unzerreißbaren Stengeln. Beide bauen sich aus Geweben auf, die durch wiederholte Teilung vorhandener Zellen sich vermehren. Die Bildung eines Gewebes aus einer Zelle ist, rein äußerlich betrachtet, ziemlich einfach, wie die obenstehende Abbildung erläutern kann. Betrachten wir z. B. die Zelle einer fadenförmigen Spirogyra, welche sich zur Teilung ansetzt, so beginnt dieser Vorgang immer mit der Teilung des Zellkernes, wodurch zwei Kerne entstehen, die auseinanderrücken. Dann beginnt langsam die Bildung der Trennungswand, welche die Zelle vollständig in zwei Zellen teilt. Von der vorhandenen Wand wächst eine ringförmig aus ihr hervortretende Membran gegen die Mitte so lange, bis sie sich vollständig geschlossen hat. Jede der entstandenen Zellen wächst nun in die Länge, und dadurch verlängert sich auch der ganze Faden. Er stellt also ein einfaches Zellgewebe dar, welches von der Keimzelle

seinen Anfang nahm und durch fortgesetzte Teilung in derselben Richtung einen Faden aufbaut. Findet die Zellteilung nicht immer in derselben Richtung, sondern nach verschiedenen Richtungen derselben Ebene statt, dann entsteht statt der Fäden eine Zellfläche, und wenn die Teilwände nach drei Richtungen des Raumes sich bilden, bauen sich, immer durch denselben einfachen Wechsel, Zellkörper auf (vgl. Abbildungen, S. 15).

Bei der Spirogyra kann man den Vorgang der Zellteilung gut unter dem Mikroskop verfolgen. Bei den meisten Pflanzen entstehen die Zellwände plötzlich und in vielen Zellen zugleich. Man erkennt die neuen Zellwände dann an ihrer großen Feinheit gegenüber den älteren Zellwänden. In Fig. 2 auf S. 15 ist ein Stück eines Stengelgewebes abgebildet, in welchem durch Teilung der Zellen die Gewebevermehrung fortschreitet.

Aber bloße Zellteilung und Gewebevermehrung ist noch nicht die Ursache der Erzeugung von Pflanzengestalten. Das ergibt sich ja aus der Betrachtung der Siphoneen, bei denen ein wohlgegliederter Pflanzenkörper ohne jede Zellteilung und Gewebebildung durch bloße Ausgliederung einer Zelle hervorgehen kann. Es liegen also offenbar Triebkräfte in der Zelle, welche die Form hervorbringen, und diese Triebkräfte kommen auch in den zu Geweben verbundenen Zellen zur Geltung. Wir kennen diese Triebkräfte nicht und bezeichnen ihre Wirkung mit dem Worte „Wachstum“. Es ist wohl einzusehen, daß auch bei den vielzelligen Pflanzen die Gestalt nur durch Hinzukommen des Wachstumes zur Gewebebildung zustande kommen kann. Es genügt nicht, daß sich an vorhandene Zellen neue anlagern. Dadurch könnte sich wohl das Volumen eines Pflanzenkörpers ändern, die Gestalt würde aber unter Umständen die gleiche bleiben. Sollen äußere Gegenstände, soll eine Gliederung in verschiedene Teile, in Stengel, Zweige und Blätter usw., stattfinden, so kann das nur durch eine ungleiche Verteilung des Wachstumes in den verschiedenen Regionen eines Pflanzengebäudes ins Werk gesetzt werden. Immer aber geht dies äußerlich zutage tretende Wachstum von den Zellen aus.

Die allermeisten Pflanzen zeigen eine ausgesprochene Verschiedenheit ihres Wachstumes nach zwei Richtungen. Selbst kleine, mikroskopische Algen, wie das niedliche *Characium* oder das oben beschriebene, auf feuchtem Lehmboden oft in Menge wachsende *Botrydium granulatum* zeigen einen Gegensatz von einem grünen, kugeligen oberen Ende und einem farblosen, verzweigten, wurzelähnlichen Organ, das nach unten wächst. Was bei solchen einfachen Pflänzchen schon in die Augen fällt, wiederholt sich bei allen vollkommenen Pflanzen in anderer Form.

Diese allgemeine Tatsache läßt sich schon dadurch verstehen, daß alle mit Chlorophyll ausgerüsteten Pflanzenteile ans Licht gebracht werden müssen, während die Pflanzen gleichzeitig eines festen Standortes auf einem Boden bedürfen, dem sie meistens auch Nährstoffe entziehen. So ist dieser durchgehends herrschende Gegensatz (die Polarität der Pflanze) teleologisch schon aus den allgemeinen Ernährungsaufgaben begreiflich, wenn auch nicht damit erklärt.

Anschaulich tritt der Gegensatz verschieden gestalteter Teile bei den Keimpflanzen der vollkommeneren Gewächse hervor. Der aufwärts wachsende Teil sieht anders aus als der abwärts strebende. Man nennt den letzteren die Wurzel, den ersteren den Stengel der Keimpflanze. Beide Teile unterscheiden sich durch Umrißform und Wachstumsrichtung. Sie gleichen sich darin, daß die Organe, die sie im Gegensatz zu einfachen Pflanzen hervorbringen, hervorgehen aus an ihrer Spitze liegenden embryonalen Zellmassen, die man „Vegetationspunkte“ nennt. Diese organbildenden Gewebekörper oder Vegetationspunkte, welche die höheren Pflanzen von ihrem Körpergewebe aussparen, um die Weiterentwicklung an ganz bestimmte Orte ihres Umrißes zu verlegen, bilden einen besonderen Charakter der Pflanze,

welche sie ganz wesentlich vom Tier unterscheidet. Während die übrigen Gewebe und die daraus aufgebauten Organe endlich ihre volle Ausbildung erlangen, wie man sagt „ausgewachsen sind“, behalten die Vegetationspunkte dauernd die Fähigkeit, ihre Zellen zu vermehren, in erneutes Wachstum einzutreten und neue Organe zu bilden. Nur den Vegetationspunkten verdankt ein Baum die Möglichkeit, Jahr für Jahr neue Triebe, Blätter, Wurzeln und Blüten zu bilden.

Die Vegetationspunkte sind nach bestimmten Regeln verteilt (vgl. Abbildung, S. 43), denen die Pflanzen ihre Symmetrie verdanken, die sie bei der Umbildung der Vegetationspunkte zu Organen zeigen. Bei der Keimpflanze befindet sich je ein Vegetationspunkt an der aufwärts- und an der abwärtswachsenden Spitze (Sproß- und Wurzelvegetationspunkt); der erstere, von den jungen Blättern umhüllt, bildet die Endknospe (s. Abbildung, S. 43, Fig. 3). Sobald der Sproßvegetationspunkt Blätter bildet, entstehen in deren Achseln neue Vegetationspunkte für die Seiten sprosse. Auch die Wurzel legt im Inneren neue seitliche Vegetationspunkte für die Seitenwurzeln an. Beim Wachstum des Stengels rücken die Achselvegetationspunkte auseinander, daher findet man bei der herangewachsenen Pflanze in jeder Blattachsel einen von jungen Blättern eingehüllten Vegetationspunkt, eine Knospe. Wachsen Seitensprosse und Seitenwurzeln aus, so haben beide wieder ihren Spitzenvegetationspunkt und können ebenfalls seitliche Vegetationspunkte anlegen, aus denen weitere Seitenorgane hervorgehen (Fig. 3). Nicht immer wachsen die seitlichen Sproß-Vegetationspunkte aus, sondern sie bleiben vielfach als Reserve ruhend und unentwickelt. In der Regel entstehen aber aus ihnen in symmetrischer Folge Seitensprosse. Wenn jedoch aus einem Vegetationsorgan ein anderes Organ (eine Metamorphose), z. B. Ranke, Dorn oder Blüte, entsteht, dann wird der Vegetationspunkt bei der Umbildung aufgebraucht und seine Entwicklung ist begrenzt.

Besonders wichtig ist, daß ein Vegetationspunkt neue Vegetationspunkte erzeugen kann und die Pflanze in diesen Bildungen die Möglichkeit besitzt, sich auf unbeschränkte Zeit fortzuentwickeln, wie man das an hundertjährigen Bäumen sehen kann. Jahr für Jahr altern die Gewebe eines solchen Baumes und Organe sterben in Menge ab, aber die Vegetationspunkte verjüngen sich immer wieder durch neue Zellbildung, und wenn ein solcher Baum auch uralt ist, seine Vegetationspunkte stellen ihn in eine Linie mit der jüngsten Pflanze.

Die Fähigkeit der Vegetationspunkte, Organe bestimmter Form zu erzeugen, ist aber verschieden. Wurzeln bilden immer nur Wurzelvegetationspunkte und daher auch nur wieder neue Wurzeln. Aus den Vegetationspunkten des Stengels dagegen können sich Blätter (die eine Wurzel niemals bildet), aber außerdem neue Sprosse, Seitenzweige, bilden, die wieder Blätter erzeugen, gerade wie der Hauptstengel aus seinem Vegetationspunkte. In seiner späteren Entwicklung bildet der Stengel aber auch Blüten. So ist ein solcher Keimstengel endlich bedeutend leistungsfähiger als die Wurzel. Beide sind demnach nicht bloß durch ihre Form, sondern vor allem durch die Eigenschaften ihrer Vegetationspunkte verschieden.

In diesem Verhalten, anfangs nur zweierlei Grundorgane, Stengel und Wurzel, zu erzeugen, sind alle Keimpflanzen einander gleich, so verschieden sie auch sonst aussehen mögen. Es ist das übrigens nur die Beibehaltung desselben Prinzips des polaren Gegensatzes, welches wir schon bei den niederen Algen, bei Bryopsis und Botrydium u. a., hervorgehoben haben. Es handelt sich aber nicht bloß um einen polaren, sondern auch um einen physiologischen, die Aufgabe der Organe betreffenden Gegensatz. Die ersten Aufgaben der Ernährung jeder Pflanze sind Stoffbildung und Wasseraufnahme. Immer werden zu ersterem Zweck grüne Chlorophyllhaltige Organe gebildet, die vom Licht abhängig sind und sich diesem notgedrungen zuwenden

müssen. Das Wasser wird allgemein einer Unterlage entnommen, in welche die dafür bestimmten Organe eindringen müssen. Ob nun das chlorophyllhaltige Organ bloß eine eiförmige oder eine verzweigte Ausstülpung ist wie bei *Botrydium* und *Bryopsis* oder eine bandförmige Platte wie bei *Marchantia* oder ein beblätterter Keimstengel wie bei der Bohne, ist nebensächlich. Wir erkennen überall das Organ gleicher Bestimmung und gleicher Fähigkeit. Ebenso finden wir physiologisch keinen Unterschied darin, daß die für das Substrat bestimmten Organe bei den Moosen nur haarförmige Rhizoiden, bei den höheren Pflanzen Wurzeln sind. Auf Grund dieser Überlegungen ist man dahin gekommen, die Organe gleicher Bedeutung (analoge Organe) auch gleich zu benennen, und wählte für alle nach oben wachsenden, meist Chlorophyll tragenden Organe die von Alex. Braun zuerst angewandte Bezeichnung Sproß, für das meist farblose, wasserführende Organ des Bodens das Wort Wurzel. Da alle Pflanzen in diesen ersten Schritten ihrer Entwicklung miteinander übereinstimmen, so war es nicht nur zweckmäßig, sondern notwendig, dies sprachlich klar zum Ausdruck zu bringen.

Durch diese Begriffsbildung wird die Organisation des ganzen Pflanzenreiches auf einmal einfach und übersichtlich. Bei der Entstehung jeder Pflanze aus ihrem Samen oder ihrer Keimzelle entwickelt sich zunächst nie etwas anderes als ein Sproß und eine Wurzel, und beide Teile erzeugen auch zunächst wieder bloß Wiederholungsprosse und Seitenwurzeln.

Bei den höheren Pflanzen ist der Grund, weshalb die Pflanzen trotz ihrer späteren auffallenden Verschiedenheit im Anfange dieser Entwicklung aus dem Samen so einfach und übereinstimmend organisiert sind, leicht zu erkennen. Er liegt darin, daß der Keim oder Embryo, welcher im Samen jeder höheren Pflanze verborgen ist, bei allen diesen Pflanzen den gleichen einfachen Bau und außer den beiden genannten Teilen gar keine anderen Organanlagen besitzt. Jeder Embryo besteht aus einem kurzen, die Keimblätter tragenden Sproßende und einer ebenso kurzen, aber deutlich unterscheidbaren Wurzel. Nur diese Teile können sich also bei der Keimung entwickeln, und die Übereinstimmung aller höheren Pflanzen im Zustande der Keimpflanze hat nichts Rätselhaftes mehr.

Diese Tatsachen, so einfach sie uns erscheinen, bilden doch eine wichtige Grundlage für das Verständnis des Aufbaues einer Pflanze. Wir wollen aber nach diesen theoretischen Aufklärungen nun auch die sichtbaren Entwicklungsformen selbst ins Auge fassen.

### 3. Die Ausbildung der ersten Organe der höheren Pflanzen bei der Keimung des Samens.

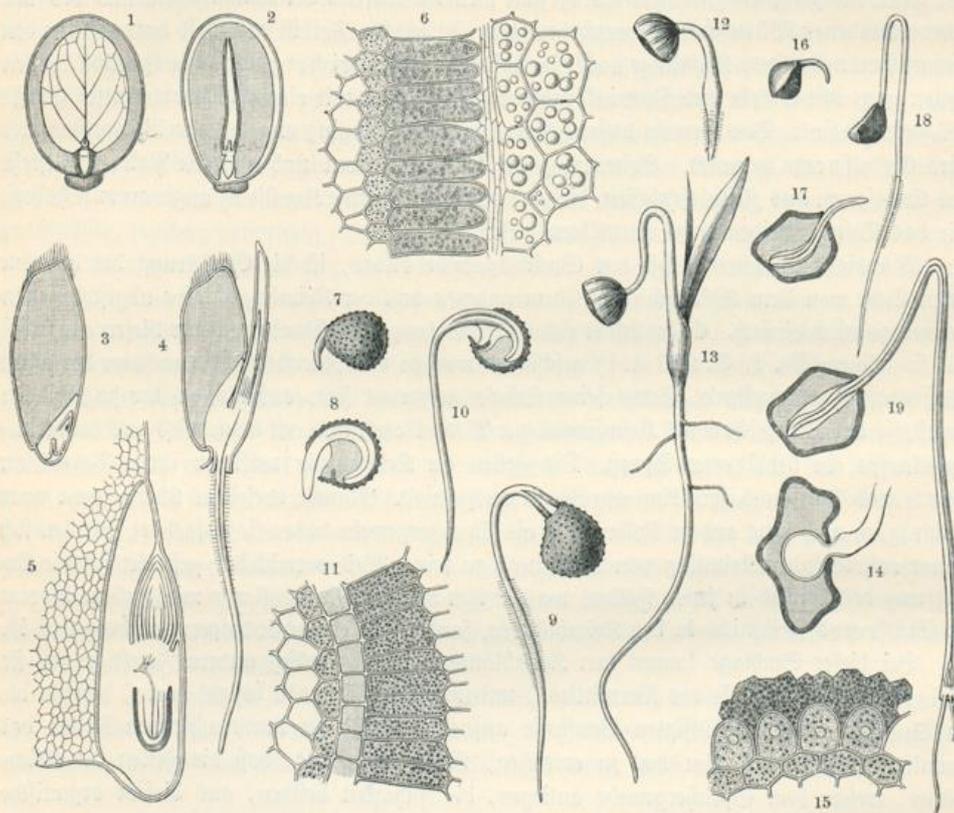
In jedem Samen liegt eine unvollkommen organisierte Pflanze, die man als Keim oder Embryo bezeichnet. Der Embryo, der im Samen ruht und unter Umständen 100 Jahre ruhen kann, besitzt zwar die Fähigkeit, sich zu einer Pflanze zu entwickeln, allein nur dann wird diese Fähigkeit zur Wirklichkeit, wenn gewisse äußere Bedingungen, eine bestimmte Temperatur und ein richtiges Maß von Feuchtigkeit auf den Samen einwirken können. Dann wächst aus dem unselbständigen Keim eine selbständige Pflanze heran. Bis zum Zeitpunkte dieser Selbständigkeit bezieht der Keim seine Nahrung aus einem Speicher, welcher im Samen angelegt ist, lebt von Stoffen, die noch von der Mutterpflanze herkommen, von einem Vorrat an Stärke und Fett, welcher, in besonderen Zellkammern abgelagert, dem von der Mutterpflanze

ausgebildeten, sich aber als Same von ihr ablösenden Keimling als erste Wegzehrung mit auf die Reise gegeben wurde. Solche für den Keimling noch von der Mutterpflanze angelegte Nahrungsbehälter finden wir von zweierlei Art in den Samen. Bisweilen bilden die Keimblätter selbst den Speicher für die später zu verwendende Nahrung. In diesem Falle wurden von der Mutterpflanze in den Zellen der Keimblätter Reservestoffe abgelagert, die, wenn die geeignete Zeit gekommen, zum weiteren Aufbau des Keimstengels und des mit ihm verbundenen Wurzelsystems verwendet werden. Im zweiten Fall ist innerhalb der umhüllenden Samenhaut neben dem Keimlinge noch ein besonderes Speichergewebe ausgebildet, dessen Zellen ganz mit Stärke und Proteinkörnern oder Fett oder mit einem Gemenge dieser Stoffe vollgepfropft sind. Das Gewebe dieser besonderen, dem Keimling angelagerten Vorratskammer wird Endosperm genannt. Seltener, z. B. beim Dattelfern und anderen Palmen, besteht das Endosperm aus Zellulosemassen, die eine harte, hornartige Konsistenz angenommen haben, wie das Durchschneiden eines Dattelferns lehrt.

Wo die Keimblätter selbst das Speichergewebe bilden, ist die Ernährung des an dem einen Ende von dem Wurzelsystem, an dem anderen von der Keimlingsknospe abgeschlossenen Keimes ziemlich einfach. Es vollzieht sich die Wandlung und Wanderung der Reservestoffe so, wie sie früher (Bd. I, S. 286 u. f.) geschildert worden ist. Zuerst wächst, nachdem der durch Wasseraufnahme quellende Same seine Schale gesprengt hat, auf Kosten der zugeleiteten Baustoffe das Wurzelsystem des Keimlings zur Wurzel aus, und erst dann wird aus der Keimlingsknospe ein beblätterter Sproß. Die Zellen der Keimblätter verlieren ihren Vorrat an Stärke und Fett, und ihre Ammenrolle ist ausgespielt. Manche derselben übernehmen zwar nachträglich noch eine andere Rolle; aber als Speichergewebe haben sie aufgehört, für den sich weiter entwickelnden Keimling von Bedeutung zu sein. Weit verwickelter gestaltet sich die Ernährung des Keimes in jenen Fällen, wo der ihm von der Mutterpflanze mitgegebene Vorrat an Stärke und Fett nicht in den Keimblättern, sondern in einem Endosperm niedergelegt ist.

Bei dieser Sachlage kommt den Keimblättern eine wesentlich andere Funktion zu, sie spielen nämlich die Rolle des Vermittlers, und ihre erste Aufgabe besteht darin, daß sie die im Speichergewebe verflüssigten Baustoffe aufnehmen und zu den wachsenden Teilen des Keimlings hinleiten. Um das zu erreichen, ist es notwendig, daß die Zellen der Keimblätter, welche dem Speichergewebe anliegen, die Fähigkeit besitzen, aus diesem organische Verbindungen aufzufangen und weiter zu leiten. Sie sind auch tatsächlich in ähnlicher Weise tätig wie die Haustorien der Verwesungspflanzen oder die der Schmarotzer und können in diesem Stadium als Saugorgane bezeichnet werden. Bei manchen Arten, z. B. bei der Kornrade (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 11), bleiben sie kurz, bilden eine zusammenhängende Zellenlage, die an das Speichergewebe angrenzt, und erinnern an die Saugzellen der Nestwurz; bei anderen, wie z. B. bei *Tradescantia* (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 15), stellen sie sich als Papillen dar, sind seitlich voneinander ganz oder teilweise getrennt und gleichen den Saugzellen der Enzianwurzeln, und wieder in anderen Fällen, wie z. B. bei dem Weizen (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 6), verlängern sie sich zur Zeit des Saugens um das Zehnfache bis Zwölffache und weichen dann auch an ihren Seitenwänden auseinander, so daß man durch sie an die Saugzellen von *Cuscuta* (s. Bd. I, S. 358, Fig. 2) erinnert wird. Ist der Keimling ganz in das Speichergewebe eingebettet, so nehmen alle seine oberflächlichen, an das nahrungsliefernde Gewebe angrenzenden Zellen die Stoffe auf; ist dagegen der Keimling nur einseitig dem Speichergewebe angeschmiegt, so sind die Saugzellen auch nur an dieser einen Seite

ausgebildet. Der Keimling der Kornrade, welcher wie ein Hufeisen um das Speichergewebe gekrümmt ist (s. untenstehende Abbildung, Fig. 8), zeigt z. B. die Saugzellen nur an der Unterseite desjenigen seiner beiden Keimblätter, welches der Mitte des Samens zugewendet ist. Manchmal ist es nur ein sehr beschränkter Teil des Keimblattes, dessen Zellen als Saugzellen dem Speichergewebe angeschmiegt sind, wie beispielsweise bei der Sommerzwiebel, wo nur das Ende



Keimblätter: 1) Längsschnitt durch den Samen von *Ricinus*, das vordere Keimblatt entfernt, 2) Längsschnitt durch denselben Samen, senkrecht auf die beiden parallelen Keimblätter; 3) Längsschnitt durch ein Weizenkorn (*Triticum vulgare*), 4fach vergrößert, 4) Längsschnitt durch dasselbe Weizenkorn, nachdem die Keimung bereits stattgefunden, 4fach vergrößert, 5) der Keimling mit dem Schildchen im Weizenkorn, 80fach vergrößert, 6) Saugzellen an der Oberfläche des Schildchens im Weizenkorn, 210fach vergrößert; 7) keimender Same der Kornrade (*Agrostemma Githago*), etwas vergrößert, 8) derselbe im Längsschnitt, 9) Kornradenkeimling im späteren Entwicklungsstadium, 10) derselbe im Längsschnitt, 11) Saugzellen an der Oberfläche des dem Speichergewebe anliegenden Keimblattes im Samen der Kornrade, 210fach vergrößert; 12) keimender Same der *Tradescantia virginica*, etwas vergrößert, 13) derselbe in einem späteren Entwicklungsstadium, 14) Querschnitt durch das knopfförmige im Speichergewebe eingebettete Ende des Keimblattes von *Tradescantia virginica*, 10fach vergrößert, 15) Saugzellen an der Oberfläche dieses knopfförmigen Endes, 180fach vergrößert; 16) keimender Same der Sommerzwiebel (*Allium Cepa*), natürl. Größe, 17) derselbe im Durchschnitte, etwas vergrößert, 18) Keimling der Sommerzwiebel im späteren Entwicklungsstadium, natürl. Größe, 19) derselbe im Durchschnitte, etwas vergrößert. (Zu S. 19—24, 26 u. 31.)

des Keimblattes Saugzellen trägt (s. Fig. 17 und 19), oder bei *Tradescantia*, wo sich das Ende des Keimblattes als eine knopfförmige Saugwarze darstellt (s. Fig. 14). Es verdient auch hervorgehoben zu werden, daß in manchen Fällen, wo das besondere Speichergewebe sehr umfangreich und der Keimling sehr klein ist, die auffaugende Zellfläche des Keimblattes sich im Verlaufe der Keimung vergrößert. In dem Maße, wie die Reservestoffe ausgefogen werden und das ausgefogene Speichergewebe schwindet, wächst häufig das auffaugende Stück des

Keimblattes nach. Das knopfförmige Ende des Keimblattes von *Tradescantia*, anfänglich nur von geringer Größe, wird desto umfangreicher, je mehr das Speichergewebe abmagert. Auch das auffaugende hohlkegelförmige oder blasenförmige Ende des Keimblattes vieler Palmen, so z. B. der Dattel- und der Kokospalme, vergrößert sich, dringt in das Speichergewebe ein und nimmt dessen Stoffe auf. Bei den Binzen und Seggen beobachtet man ein ähnliches Verhältnis. Bei den Keimlingen in den Samen des Kaffees und des Efeus sind die Keimblätter anfänglich sehr klein, wachsen aber während des Keimungsprozesses immer weiter und weiter in das Speichergewebe hinein, dasselbe scheinbar zurückdrängend und endlich den ganzen Samenraum ausfüllend. Sehr eigentümlich verhalten sich auch die Keimblätter der Doldenpflanzen. Der kleine Keimling liegt im Samen am Grunde des Speichergewebes, und es ragen seine winzigen Keimblätter in ein von ausgeleerten Zellen gebildetes lockeres Gewebe hinein. Diese Zellschicht ist aber rings von den mit Fett erfüllten Zellen des Speichergewebes umgeben. Wenn nun die Keimung beginnt, so wachsen die beiden Keimblätter in die Länge, durchdringen die lockere Zellschicht und legen sich dem Speichergewebe an.

Nachdem zunächst durch alle diese Vorgänge die Wurzel des Keimes der neuen Pflanze zum Wachsen gebracht und der Same im Boden befestigt ist, handelt es sich darum, den Keimstengel und die ihn krönende Knospe aus der Samenschale heraus, ans Licht zu bringen. Daß diese Aufgabe keine ganz einfache ist, ergibt sich aus dem Bau des Samens. Wo ein Speichergewebe vorhanden ist, findet man den Keimling häufig in der Mitte desselben gelagert, oder er ist in seitlichen Nischen und Höhlungen desselben geborgen. Das Speichergewebe ist manchmal hornartig und beinhart, wie z. B. in den Samen der Dattel und des Kaffees, und dann ist schon durch dieses Gewebe ein trefflicher Schutz für den schlafenden Keimling hergestellt. Unter allen Umständen ist der Keimling von der Samenschale umgeben, die meistens aus mehreren Zellagen besteht. Bei sehr vielen Gewächsen ist der Same überdies noch von einer sich niemals öffnenden Fruchthülle und zum Überflusse noch von vertrocknenden oder fleischig werdenden Teilen der Blüte umwallt. Solange der Same ruht, dienen alle diese Umhüllungen dem zarten Keime als Schutz, aber sie sind zugleich ein Hindernis für das Hervortreten des Keimstengels.

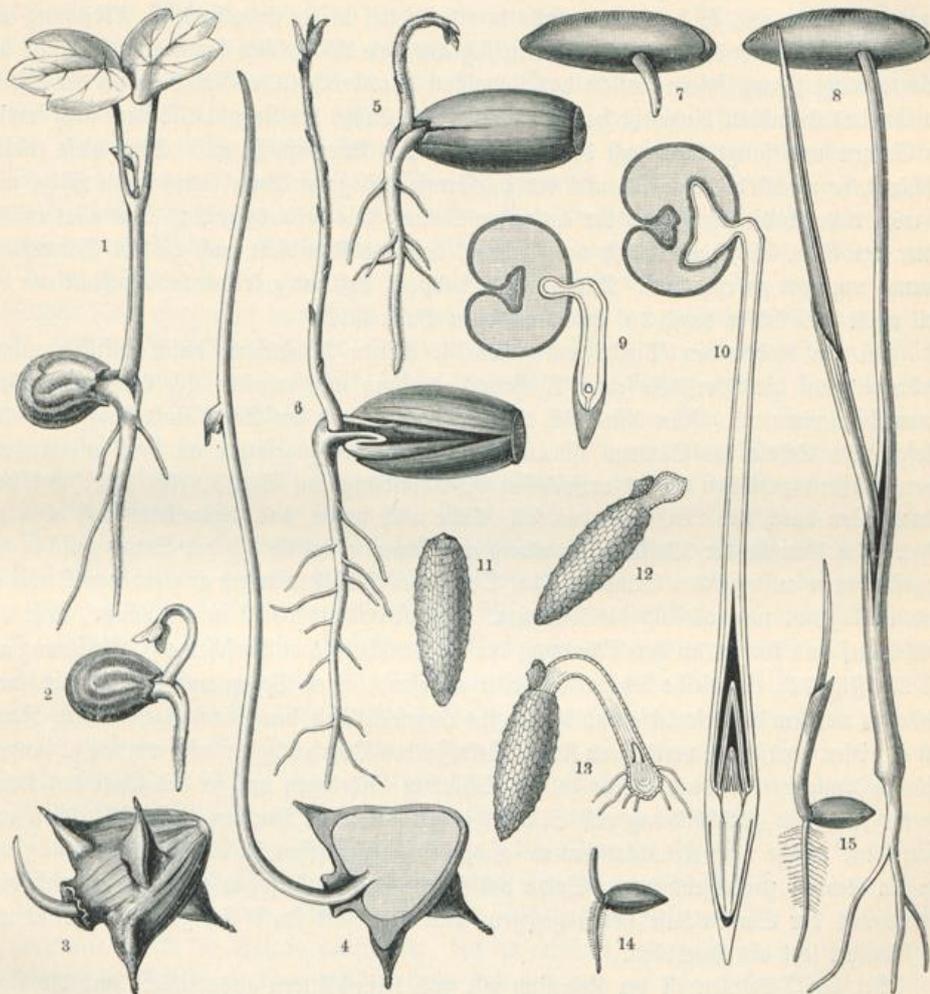
Dieser Vorgang spielt sich in einer zwar für jede Art genau bestimmten, aber bei den verschiedenen Arten ins Unabsehbare wechselnden Weise ab. Mitunter zeigen größere Abteilungen des Pflanzenreiches eine recht auffallende Übereinstimmung, es kommt aber auch vor, daß sehr nahe verwandte Arten ein und derselben Gattung in Beziehung auf die Erlösung des Keimlings aus den Banden der Samenschale bedeutend abweichen. Immer aber ist dieser Vorgang ein höchst beachtenswerter. Um doch eine annähernde Übersicht zu gewinnen, werden in der folgenden Darstellung mehrere verschiedene Fälle durch ein Beispiel erläutert werden.

Eine einfache Art der Keimung zeigen die Gräser, was mit der günstigen Lage des Embryos zusammenhängt. Wie das als Beispiel gewählte Weizenkorn (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 3—5) zeigt, ist der kleine Keimling der Gräser dem einen Ende des großen, besonders mehlfreichen Speichergewebes seitlich angeschmiegt. Das Keimblatt der Gräser hat zwar keine blattähnliche Form, es ist zu einem schildförmigen Körper umgebildet, daher auch Schildchen (*scutellum*) geheißten. Obschon verschiedentlich abgeändert, ist es doch bei den drei- bis viertausend verschiedenen Arten der Gräser in der Hauptsache gleichgestaltet. Die freien Ränder dieses nur von wenigen Gefäßen durchzogenen Keimblattes wölben sich über die Keimlingsknospe, wickeln dieselbe mitunter förmlich ein und bilden eine scheidenartige Umhüllung derselben.

Nach abwärts setzt sich das Schildchen in einen Sack fort, der das Würzelchen des Keimlings einschließt. Wenn nun durch Vermittelung der auf S. 19 geschilderten Saugzellen des Schildchens die Stoffe aus dem Speichergewebe zum Würzelchen und der Keimlingsknospe gelangen, wachsen diese Teile rasch in die Länge; das Würzelchen durchbricht nach unten die sackartige Hülle, dringt in den Boden und seine reichlichen Wurzelhaare verwachsen mit den Partikeln der Erde und nehmen vor allem Wasser auf. Die Knospe aber streckt sich nach oben, und die Blätter drängen aus der scheidenartigen Umhüllung des Keimblattes nach oben wachsend dem Lichte zu. Die unteren Blätter sind meist Niederblätter und ohne grüne Spreite, die auf sie folgenden Blätter zeigen aber sämtlich lange, grüne Spreiten, die eigentlichen Grasblätter. Die Stärke des Speichers ist bei dem raschen Wachstum des Keimlings bald vollständig aufgezehrt. Sobald dies geschehen, hat das Schildchen keine weiteren Aufgaben zu erfüllen, es vertrocknet und geht zugrunde; die junge Graspflanze aber ist jetzt in den Stand gesetzt, mit ihren Wurzeln und ihren grünen Laubblättern sich selbständig die zum Weiterbau nötigen Stoffe zu verschaffen.

Die Keimlinge der Seggen und Binsen, der Schwertlilien, Schneeglöckchen, Narzissen, Alox- und Mäusedornarten, der Blütensilber, Bananen und Palmen und noch zahlreicher anderer Gewächse, welche gleich den Gräsern zu den Monokotyledonen gehören, zeigen eine etwas andere Art der Keimung. Der Keimling ist bei allen diesen Pflanzen im Speichergewebe des Samens eingeschlossen, und das von dem Keim ausgehende Keimblatt bildet eine Scheide, welche die Knospe ringsum einhüllt. Das Keimblatt ist nur an seiner Spitze mit Saugzellen versehen und steht nur dort mit den Zellen des Speichergewebes in Verbindung. Bei der Keimung tritt zuerst die Wurzel heraus, dann streckt sich das Keimblatt in die Länge und schiebt den Keim mit der Keimlingsknospe aus dem Samen heraus. Die von dem zurückbleibenden Teile des Keimblattes aus dem Speichergewebe aufgefogene Nahrung wird aus dem Inneren des Samens zu dem hinausgeschobenen Keimlinge durch den verlängerten Keimblattteil geleitet. Der Keimling ist mit Hilfe dieser ihm zugeführten Nahrung in die Lage gesetzt, sein Würzelchen zu einer in den Boden eindringenden Saugwurzel und die Blattanlagen der Knospe zu grünen Blättern auszubilden. Von diesem hier nur ganz im allgemeinen skizzierten Vorgange lassen sich zahlreiche Modifikationen unterscheiden, welche insbesondere durch die verschiedene Richtung und Länge des aus dem Samen herausgeschobenen Keimblattstückes bedingt werden. Bei den auf sumpfigem Boden oder selbst unter Wasser im Schlamm keimenden Seggen, Binsen und Zypergräsern krümmt sich das vorgeschobene, den Keimstengel, die Knospe und das erste Laubblatt umschließende Stück des Keimblattes nach aufwärts (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 14 und 15), während sich dasselbe bei den Arten der Gattungen *Yucca* und *Tradescantia* in einem Bogen nach abwärts krümmt (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 12—15). Bei den Zykadeen und Palmen, welche auf einem oberflächlich der Dürre ausgesetzten Boden wachsen, biegt es sich sofort nach dem Hervortreten aus dem Samen wie eine Wurzel und wächst senkrecht in die tieferen, stets feuchteren Erdschichten hinab (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 7, 9 und 10, welche die Keimung der Dattelpalme erläutert). Bei der Arefapalme und den schlanken Chamädoreen ist das aus dem Samen herausgeschobene scheidenförmige Stück des Keimblattes sehr kurz, während es sich bei der Dattelpalme, Kokospalme und anderen Palmen so sehr verlängert, daß es aussieht, als wäre der in der Scheide eingeschlossene Keim durch einen langen Faden mit dem im Samen steckengebliebenen Saugorgan verbunden (Fig. 10). Die Figuren 7—10 der Abbildung auf S. 23 zeigen den Dattelkeimling in allen seinen

Entwicklungsstufen. Der eine Teil des Keimblattes steckt als stattlich entwickeltes Saugorgan im Samen, die Knospe ist durch den herausgestreckten Teil tief in den Boden versenkt und muß nun, um ans Licht zu kommen, die Scheide seitlich durchbrechen (Fig. 8) und durch den Boden



Keimende Samen und Keimlinge: 1) Keimling der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*), 2) derselbe in einem früheren Entwicklungsstadium; 3) Wassernuß (*Trapa natans*), aus welcher der Keimling hervordringt, 4) späteres Entwicklungsstadium; 5) Keimling der österreichischen Eiche (*Quercus austriaca*), 6) derselbe weiter entwickelt; 7) Same der Dattel (*Phoenix dactylifera*), aus welcher der Keimling hervordringt, 8) derselbe acht Wochen später, nachdem der Keimling bereits Wurzel und Niederblätter entwickelt hat, 9) junger Keimling der Dattel im Längsschnitte, 10) älterer Keimling der Dattel im Längsschnitte; 11) Same des Rohrkolbens *Typha Schottleworthii*, 12) derselbe mit hervortretendem Keimlinge, 13) derselbe in späterem Entwicklungsstadium; 14), 15) Keimlinge der Segge *Carex vulgaris*. Fig. 1—8 in natürl. Größe, 9), 10) achtfach, 11—13) vierzigfach, 14), 15) sechsfach vergrößert. (Zu S. 22—25.)

nach oben wachsen. Bei manchen Palmen wird die Keimblattscheide  $\frac{1}{2}$  m lang, und es vergehen viele Monate, bis sämtliche Reservestoffe der riesigen, oft bis zu 8 kg schweren Samen durch die Keimblattscheiden dem in der Tiefe von  $\frac{1}{2}$  m eingepflanzten Keimlinge zugeführt und von ihm verbraucht worden sind. Dann wächst er langsam dem Lichte zu.

In etwas anderer Weise keimen die Samen zahlreicher Arten des Lauches (*Allium*). Bei dem Knoblauch (*Allium sativum*) ist der Keimling in die Mitte des Speichergewebes eingebettet (wie bei Abbildung auf S. 20, Fig. 17). Sobald die Keimung beginnt, schiebt auch hier das Keimblatt den Keim aus der Samenschale heraus, wächst zuerst aufwärts, biegt sich aber dann knieförmig um, so daß es ebenfalls den Keim tief in die Erde senkt (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 18 und 19). Hier entwickeln sich aus dem Würzelchen sowie aus der Basis des Keimes lange Wurzelsfasern, welche das Keimblatt durchbrechen, den Keimling an der Stelle, wo ihn das Keimblatt hingesezt hat, festhalten. Die Spitze des Keimblattes steckt noch immer im Samen und saugt hier noch die letzten Reste der Reservestoffe auf. Sind diese endlich erschöpft, so wächst der eine Schenkel des knieförmig gebogenen Keimblattes in die Höhe, und es wird dadurch die Spitze aus der entleerten Samenschale herausgezogen. Das alles erfolgt unter der Erde. Es handelt sich nun darum, daß das Keimblatt auch an das Sonnenlicht kommt, um dort zu ergrünen. Das geschieht dadurch, daß das gekrümmte Keimblatt wie ein Keil wirkt und sich so durch die Erde nach oben Bahn bricht.

Bei den Rohrkolben (*Typhaceen*) fallen die kleinen Früchtchen, durch Luftströmungen verbreitet, auf die Oberfläche einer Wasseransammlung und erhalten sich dort einige Tage hindurch schwimmend. Nun öffnet sich die Fruchthülle, und der Same sinkt langsam in die Tiefe. Die Schale des Samens ist an dem einen Ende zugespitzt, an dem anderen mit einem äußerst zierlichen Deckel verschlossen (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 11). Bei dem Hinabsinken durch das Wasser ist das spitze Ende nach unten, das zugedeckte nach oben gekehrt. Am Grunde der Wasseransammlung angekommen, erhält sich der Same zwischen den abgestorbenen aufragenden Stummeln der Stengel und Blätter in der angegebenen Stellung, und es beginnt nun alsbald die Keimung. Das Keimblatt wächst in die Länge, stößt den Deckel auf und kommt an der Mündung der Samenschale zum Vorschein (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 12). Daselbe beschreibt, weiter wachsend, einen Bogen und erreicht mit jenem Ende, in welchem die Keimachse und die Knospe eingehüllt sind, den schlammigen Boden. Kaum hat es diesen berührt, so verlängern sich die betreffenden Oberhautzellen und werden zu langen, schlauchförmigen Gebilden, welche in den Schlamm eindringen und so das Ende des Keimblattes festhalten (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 13). Später kommen auch Würzelchen zum Vorschein, welche vom Keimblattstamme ausgehen. Inzwischen ist die Reservenernährung von der im Samen zurückgebliebenen Spitze des Keimblattes aufgezogen worden, es wird diese Spitze aus der Samenschale herausgezogen, das Keimblatt streckt sich gerade, ergrünt und funktioniert jetzt als Laubblatt.

Bei den Dikotylen ist der Keimling mit zwei Keimblättern ausgerüstet, und die Baustoffe, welche dem Keimlinge für die erste Zeit seines Wachstums zur Verfügung stehen, sind vielfach in den Keimblättern selbst aufgespeichert. Es gehören in diese Gruppe die Pflanzen mit pflaumenartigen Früchten sowie die meisten Arten mit Samen und Früchten von nußartigem Ansehen, aber auch solche, deren Samen nur eine lederige, weniger feste Umhüllung zeigen. Beispielsweise seien genannt die Walnuß und Haselnuß, die Eiche, Kastanie und Kofkastanie, Mandel, Kirsche, Aprikose und Pfirsich, der Lorbeer und die Pimpernuß, die Seerosen (*Nymphaea*, *Nuphar*), die Kapuzinerkresse (*Tropaeolum*), die Päonien und Windröschen (*Paeonia* und *Anemone*), der Hundswürger (*Cynanchum*) und das Zinnenblatt (*Melittis*) wie die Samen der Hülsenfrüchte, Bohnen, Erbsen, Wicken usw. Die beiden Keimblätter erfüllen in den Samen aller dieser Pflanzen fast den ganzen von der Samenschale umschlossenen

Raum, das Würzelchen ist ein kleines Spitzchen, und die kleine Keimlingsknospe ist zwischen den großen Keimblättern ähnlich wie ein getrocknetes Pflänzchen zwischen den Papierbogen eines Herbariums zusammengepreßt. Die Keimblätter sind dick, gedunsen, prall und immer verhältnismäßig schwer. Manche derselben sind wellenförmig verbogen oder gefaltet, wie bei Roßkastanie und Walnuß, und selten machen sie den Eindruck eines Blattes. Mitunter sind beide Keimblätter vorn zu einer Masse verwachsen, wie z. B. bei der Kastanie und Roßkastanie, den Seerosen und der Kapuzinerkresse, und dann ist alles das, was man gemeinhin als Attribut eines Blattes anzusehen pflegt, vollständig beseitigt. Wenn solche Samen Wasser aus der Umgebung aufgenommen haben, zu keimen und zu wachsen beginnen, wird zunächst die Samenschale an dem einen Pole des Samens gesprengt, und das Würzelchen sowie der untere Teil des Stämmchens und auch die dicken Stiele der beiden Keimblätter werden durch den Riß herausgeschoben. Die Keimblätter selbst bleiben dagegen von der Samenschale umhüllt in der Höhlung stecken, verlieren in dem Grad, als sie Stoffe an die eben genannten wachsenden Teile abgegeben haben, an Gewicht, magern ab und erscheinen endlich ganz erschöpft, geschrumpft und ausgezogen. Das vorgehobene Würzelchen hat sich dagegen sichtlich vergrößert, krümmt sich nach abwärts, dringt senkrecht in den Boden ein und treibt Seitenwurzeln mit Saugzellen, welche nun aus dem Erdreiche Nahrung auffaugen. Das Knöspchen, welches zwischen den kurzen, dicken Stielen der beiden Keimblätter wie eingeklemmt war, hat sich dagegen emporgekrümmt, streckt sich ziemlich rasch in die Länge, und der Keimstengel kommt mit überhängender Knospe über dem Boden an. Durch diese hängende Stellung wird die Knospe beim Durchdringen des Erdbodens vor Schaden bewahrt. Der Sproß entwickelt bei der Kapuzinerkresse sofort grüne, gelappte Laubblätter, bei anderen Pflanzen, wie z. B. bei der Eiche, zuerst schuppenförmige Niederblätter und erst über diesen grüne Laubblätter. In der Abbildung auf S. 23, Fig. 1, 2, 5 und 6, sind diese Verhältnisse sowohl an der Kapuzinerkresse als auch an der Eiche zur Anschauung gebracht. Die Keimblätter bleiben in allen diesen Fällen unterirdisch und fungieren zuerst als Behälter der Reservestoffe und zugleich als schützende Hülle für den kleinen, eingeklemmten Keimling. Haben sie ihre Aufgabe gelöst, so sterben sie ab, die ausgezogenen Keimblätter bleiben in der Höhlung der Samenschale stecken, gehen wie diese in kurzer Zeit in Verwesung über und zerfallen so vollständig, daß an der Stelle, wo sie mit dem Keimblattstamm in Verbindung standen, kaum noch eine Spur ihres Ansatzes zu erkennen ist.

Eine seltene Form der Keimblätter beobachtet man bei der Wassernuß (Trapa). Das eine der Keimblätter ist klein, schuppenartig und enthält keine Reservestoffe, das andere ist sehr groß und erfüllt die Nuß so vollständig, daß es aussieht, als habe jemand Stearin in das Innere der Frucht gegossen, welches dann erstarrte und zu einer festen Masse wurde. Die Wassernuß keimt auf schlammigem Grunde unter Wasser. Bei der Keimung tritt aus dem Loche der Nuß ein weißer, stielrunder Körper heraus, welchen man als Keimblattstamm (Hypokotyl) deutet (s. Abbildung, S. 23, Fig. 3). Eine Hauptwurzel wird nicht entwickelt. Dieses Gebilde verlängert sich unter dem Wasser und wächst geradlinig in die Höhe. Von den beiden Keimblättern verläßt nur das eine, welches als kleine Schuppe dem kurzen Keimblattstamme aufsitzt, die Höhlung der Nuß, das andere, große bleibt in der Nuß stecken und steht mit dem Keimblattstamme durch einen langen Stiel in Verbindung. Dieser lange Stiel und der sehr kurze Keimblattstamm gehen so unvermittelt ineinander über, daß sie zusammen als ein einziger ungegliederter weißer Strang erscheinen (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 4). Durch die stielartige Verbindung werden die in dem großen, dicken Keimblatte gespeicherten Baustoffe

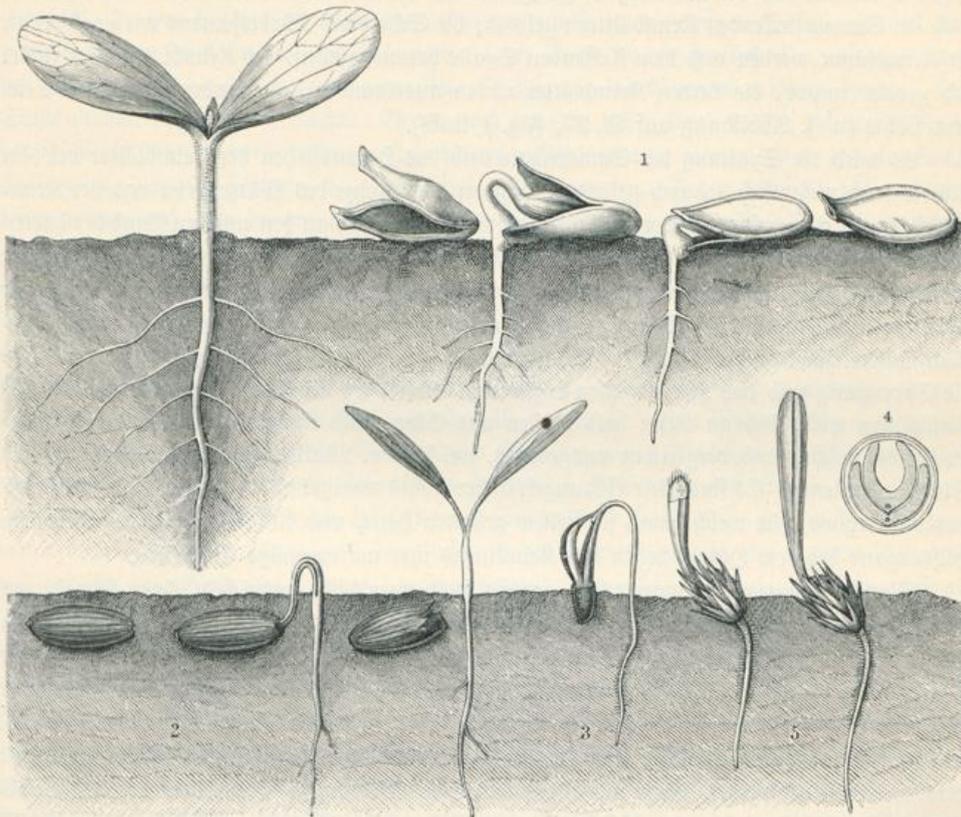
den im Wasser wachsenden Teilen des Keimlings zugeführt, was ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt. Bis dieses Keimblatt alle seine Reservestoffe abgegeben hat, ist die Wurzel schon so weit erstarrt, daß sie aus der Umgebung Stoffe aufzunehmen vermag; sie krümmt sich gegen den schlammigen Boden herab und setzt sich in demselben mit zahlreichen Seitenfasern fest. Auch die Knospe, welche an der Basis des kleinen, schuppenförmigen Blattes am Keimblattstamme angelegt wurde, ist inzwischen ausgewachsen und zu einem Sprosse geworden, welcher unten Niederblätter, weiter aufwärts grüne Laubblätter entwickelt und zur Oberfläche des Wassers hinaufwächst. Das ausgefogene Keimblatt verläßt niemals den Innenraum der Nuf, sondern geht wie diese allmählich in Verwesung über. Es liegt demnach hier der seltene Fall vor, daß das eine Keimblatt aus der Höhlung des Samens und der Frucht vorgeschoben wird, während das andere dort zurückbleibt.

Verhältnismäßig selten kommt es vor, daß der Keimproß ohne weiteres geradlinig aus dem Samen herauswächst. Als Beispiel möge *Cardopatum corymbosum* (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 5) gewählt sein. Der Keimling ist gerade, der Keimblattstamm (auch Hypokotyl genannt) ist kurz und trägt zwei dickere Keimblätter, deren dicht aneinanderliegende Spitzen einen stumpfen Keil bilden. Ist einmal das Würzelchen vorgeschoben und hat sich in der Erde befestigt, so verlängert sich gleich danach der Keimblattstamm in entgegengesetzter Richtung, ohne sich zu krümmen, schiebt die zusammenschließenden Keimblätter vor sich her und drängt diese aus der Fruchtschale hinaus. Es muß hierbei das Gewebe der Fruchtschale, welches über dem Keimblattkegel liegt, durchstoßen werden, was aber keine Schwierigkeiten macht, da dieses Gewebe aus dünnwandigen Zellen besteht. So kommt an dem einen Pole das Würzelchen, an dem anderen das Keimblattpaar hervor, und der Keimling erscheint in seiner Mittelhöhe von der ausgeleerten Fruchtschale wie von einem Ring oder einer Hülse umgeben. Die zu einem festen Keil vereinigten Spitzen der Keimblätter müssen, nachdem sie die Höhlung der Schale verlassen haben, meistens noch die darüberliegende Erde durchbohren, und erst wenn dies geschehen ist, können sie sich entfalten und ergrünen.

In den allermeisten Fällen, wo die Keimblätter sich oberirdisch entfalten, nachdem sie die Reservestoffe des Endosperms aufgezehrt haben, werden sie in umgekehrter Lage aus der Samenschale herausgezogen und auf diese Weise vor Beschädigungen beim Durchdringen des Erdbodens geschützt. So verhält es sich bei den meisten Dikotylen, z. B. bei der schon wiederholt genannten Kornrade (*Agrostemma Githago*), deren beide aufeinanderliegende Keimblätter hufeisenförmig um das mit Stärke vollgepropte Speichergewebe gekrümmt sind, nach Verbrauch dieser Nahrung aber aus der Samenschale gezogen werden, auseinander weichen und ergrünen (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 7—10). Bei *Ricinus communis* (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 1 und 2) platzt die Samenschale im Beginne der Keimung; die großen Keimblätter nehmen die Reservestoffe auf, dann folgt das Herausziehen und Ergrünen der beiden Keimblätter im Sonnenlichte. Bei den Kürbissen und noch vielen anderen Arten der in Rede stehenden Gruppe ist die wenige Reservestoffe in den Keimblättern selbst aufgespeichert. Als bald nach dem Beginne der Keimung dringt das Würzelchen des Keimlings hervor, wächst in die Erde und zieht dann auch die Keimblätter aus der Höhlung der Samenschale hervor.

Der Vorgang bei dem Herausziehen der Keimblätter aus der Höhlung der Samenschale ist so merkwürdig, daß es sich lohnt, denselben in seinen auffallendsten Verschiedenheiten kennen zu lernen. Zunächst mag als Vorbild für eine große Zahl von Arten der Kürbis (*Cucurbita Pepo*; s. Abbildung auf S. 27, Fig. 1) hingestellt sein. Der Same

dieser Pflanze ist ziemlich groß, von zwei Seiten her abgeplattet, im Umriss eiförmig, an dem einen Ende gerundet, an dem anderen Ende etwas verschmälert und schief abgestutzt. An dieser Stelle ist er mit einem kleinen Loche versehen. Werden Kürbissamen ausgestreut, so kommen sie mit einer der abgeplatteten Seiten auf den Boden zu liegen und verkleben dort leicht mit Erde, zumal dann, wenn sie an ihrer Oberfläche mit einem klebrigen Saft des Fruchtfleisches überzogen sind, was bei der natürlichen Ausfaat in der freien Natur stets der Fall ist. Da der



Austritt der Keimblätter aus der Höhlung der Samens oder Fruchtschale: 1) Kürbis (*Cucurbita pepo*); 2) Stinkmoss (*Scorodosma asa foetida*); 3) einjährige Immortelle (*Helichrysum annuum*), 4) Querschnitt durch die innerhalb der Fruchtschale gerollten Keimblätter der einjährigen Immortelle; 5) *Cardopatum eorymbosum*, nach Lieb. Fig. 1–3 in natürl. Größe, Fig. 4–5 etwas vergrößert. (Zu S. 26–29.)

von der Samenhaut umschlossene Keimling gerade ist, so erhält dieser eine zur Fläche des Keimbettes parallele Lage. Wenn nun die Keimung beginnt, so tritt zuerst das Würzelchen durch die erwähnte kleine Öffnung an dem einen Ende des Samens hervor; es krümmt sich sofort und wächst auf Kosten der ihm aus den beiden Keimblättern zugeführten Nahrung ziemlich rasch abwärts in die Erde hinein, wo es Seitenwürzelchen entwickelt und sich durch reichliche Saugzellen mit den Erdteilchen fest verbindet. Aber auch der kurze Keimblattstamm, in welchen die Wurzel nach oben übergeht, wächst anfänglich abwärts in die Erde hinein. Freilich nur kurze Zeit. Als bald ändert sich nämlich die Richtung seines Wachstums, und der Stamm treibt jetzt in entgegengesetzter Richtung zum Lichte empor. Wie aus der bisherigen Darstellung

hervorgeht, ist der Keimblattstamm oben und unten festgelegt: unten durch die in der Erde festgewachsene Wurzel, oben durch die am Boden festgeklebte Samenschale, in welcher die Keimblätter stecken. Sobald er nun in die Länge wächst, muß er eine starke Krümmung machen, ja manchmal eine förmliche Schlinge, deren konvexe Seite nach oben gewendet ist (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 1). Notwendigerweise übt er dabei einen starken Zug nach beiden Enden aus. Die in der Erde gut befestigte Wurzel wird hierdurch in ihrer Lage nicht mehr verrückt, dagegen machen sich die Wirkungen des Zuges an den an dem Keimblattstamme sitzenden, noch im Samen steckenden Keimblättern geltend; die Schale des Kürbisamens wird gesprengt, die Keimblätter werden aus dem klaffenden Spalte herausgezogen, der Keimblattstamm richtet sich gerade empor, die beiden Keimblätter rücken auseinander und wenden ihre obere Seite dem Lichte zu (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 1 links).

Es wird die Spaltung der Samenschale und das Herausziehen der Keimblätter bei dem Kürbis noch wesentlich dadurch gefördert, daß an der Grenze des Würzelchens und des Keimblattstammes ein vorspringender Wulst ausgebildet ist, der sich an den unteren Rand der harten Samenschale anstemmt und diesen an den Boden drückt, so daß nach erfolgter Sprengung der obere Teil der Samenhaut von dem unteren wie ein Deckel emporgehoben wird. Auch der Keimling der Sumpfpflanze (*Mimosa pudica*) sowie jener von *Cuphea* entwickeln an dem Keimblattstamme einen solchen Wulst, der sich an den unteren Teil der Samenschale anstemmt und so die Sprengung und das Herausziehen begünstigt. Dort, wo der Same von einer Fruchthülle umschlossen wird, sind an dieser bald Leisten und Ecken, bald vorspringende Ränder des vertrockneten Kelches und dergleichen ausgebildet, welche dem Wulste des Keimblattstammes als Stützpunkt dienen. Es sind diese Bildungen daher nichts weniger als verkümmerte, der Pflanze nutzlose Organe, für welche man sie früher gehalten hatte, und finden hiermit als wertvolle Hilfsorgane bei dem Herausziehen des Keimlinges ihre naturgemäße Erklärung.

Manche Pflanzen, so namentlich gewisse Doldengewächse, entwickeln einen sehr kurzen Keimblattstamm. Derselbe krümmt sich nicht, übt keinen oder doch nur einen unbedeutenden Zug auf die Keimblätter aus und wäre nicht imstande, die Keimblätter aus der Hülle der Samen- oder Fruchtschale herauszuziehen. Bei allen diesen Pflanzen sind nun die Keimblätter langgestielt, und die Stiele übernehmen die Rolle des Keimblattstammes, wenigstens insofern, als durch sie das Herausziehen der Spreite der Keimblätter in ähnlicher Weise vermittelt wird, wie oben geschildert. Recht auffallend tritt diese Erscheinung bei der Keimung des Stinkafantes (*Scorodosma Asa foetida*) hervor, welche durch die Fig. 2 der Abbildung auf S. 27 zur Anschauung gebracht ist. Die von dem sehr kurzen Keimblattstamm ausgehenden Stiele der Keimblätter wachsen rasch in die Länge und nehmen dieselbe S-förmige Krümmung an, welche der Keimblattstamm des Kürbiskeimlinges zeigt; sie üben auch auf die noch in der Fruchtschale steckenden Spreiten der Keimblätter eine ähnliche Wirkung aus und ziehen diese förmlich heraus. Sobald das geschehen, strecken sich die Stiele sofort gerade, und die von ihnen getragenen Spreiten wenden ihre obere Seite dem Lichte zu.

Wenn Keimblätter über die Erde kommen, welche aus der Frucht- oder Samenschale unterirdisch herausgezogen wurden, so wird bei dem Geradestrecken des Keimblattstammes ein Druck auf die über dem Keimlinge liegenden Erdschichten ausgeübt, die Keimblätter nehmen die erdigen Teile gewissermaßen auf ihren Rücken und heben sie empor, ohne sie eigentlich zu durchstoßen oder zu durchbohren. Dabei ist die Gefahr einer Verletzung jedenfalls eine geringe, und die Annahme, daß darum jene Keimblätter am häufigsten vorkommen, deren

Entfaltung nach dem Vorbilde des Kürbisses oder Stinkasantes stattfinden, ist vollauf berechtigt. Pflanzen, deren gerader Keimling mittels der zu einem Kegelel zusammenschließenden Keimblattspitzen die Fruchtschale und die darüberliegende Erde zu durchstoßen hat, wie z. B. *Cardopatum corymbosum* (s. Abbildung, S. 27, Fig. 5), sind dagegen sehr selten.

In allen jenen Fällen, wo die Keimblätter durch einen Spalt oder ein Loch der Frucht- oder Samenhülle herausgezogen werden, scheint es ganz selbstverständlich, daß die Öffnung einen Durchmesser besitzt, welcher zum mindesten so groß ist wie jener der herausgezogenen Spreite. In der Regel trifft diese Voraussetzung auch zu; in einigen Fällen aber ist das herausgezogene Keimblatt tatsächlich breiter als der Spalt in der Fruchthülle, und man fragt sich erstaunt, wie da das Herausziehen ohne Schädigung des Gewebes erfolgen konnte. Die Sache verhält sich folgendermaßen. Bevor noch der Zug sich geltend macht, rollen sich die in der Höhlung des Samens steckenden Keimblätter zusammen und werden dann als eine lange Rolle durch die enge Öffnung der Fruchtschale herausgezogen. Kaum entfesselt, rollen sie sich dann wieder auf und breiten sich flach aus. So verhält es sich z. B. bei der Immortelle *Helichrysum annuum* (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 3 und 4), ferner bei dem Doldengewächse *Smyrnum Olusatrum* und noch mehreren anderen. Bei einigen Pflanzen, wie z. B. bei der Buche (*Fagus silvatica*), sind die Keimblätter, solange sie in der Fruchtschale stecken, wie ein Fächer der Länge nach zusammengefaltet, nehmen in dieser Lage nur einen geringen Raum ein, können auch durch einen verhältnismäßig kleinen Spalt aus der Nuß herausgezogen werden und breiten sich, nachdem dies geschehen ist, in kürzester Zeit flächenmäßig aus (s. Abbildung auf S. 35, Fig. 1—3). Auch an den Keimlingen von Pinus, welche fünf und mehr wirtelständige, schmale, lineale Keimblätter besitzen (s. Abbildung auf S. 35, Fig. 6), verläßt eins nach dem anderen die Höhlung der Samenschale, und man geht wohl nicht irre, wenn man die Breite, Länge und den Zuschnitt der Keimblätter mit dem inneren Bau und mit der Art und Weise des Öffnens der Frucht- oder Samenhülle in Zusammenhang bringt.

Für die Keimung von Bedeutung ist die äußere Form des Samens und die Lage, welche er infolge seiner Form beim Niederfallen auf den Boden einnimmt. Kommt der Same so auf den Boden zu liegen, daß die Achse des Keimblattstammes senkrecht zur Erdoberfläche und die Spitze des Würzelchens abwärts gerichtet ist, so scheint das im ersten Augenblicke zwar eine sehr günstige Stellung, ist es aber in Wirklichkeit nicht. Bei dieser Lage muß der Keimblattstamm die kompliziertesten Krümmungen machen, um die Keimblätter aus dem Samen herausziehen zu können. Dagegen ist das günstigste Verhältnis dann hergestellt, wenn die Achse des Keimblattstammes zusammen mit dem Würzelchen parallel zur Erdoberfläche zu liegen kommt. Bei dieser Lage kann das Würzelchen sofort nach dem Verlassen der Samenhülle, mit einer Krümmung umbiegend, in die Erde hinabwachsen und anderseits der Keimblattstamm am raschesten die Keimblätter aus ihrer Umhüllung herausziehen (s. die Figuren 1, 5, 7 und 14 der Abbildung auf S. 20 und Fig. 1 rechts der Abbildung auf S. 27). Wenn man Samen austreut, so nehmen sie auch in der Regel die zuletzt erwähnte Lage an. Die flachen oder zusammengedrückten Samen kommen mit ihrer Breitseite auf den Boden zu liegen, die eiförmigen sowie die langgestreckten, zylindrischen Samen fallen so zu Boden, daß die längere Achse der Unterlage parallel ist, und auch an den kugelförmigen Samen liegt der Schwerpunkt so, daß der Keimling die möglichst günstige Lage erhält.

Jedem, der dem merkwürdigen Herausziehen der Keimblätter aufmerksam zusieht, muß auch sofort die Bedeutung zahlreicher Ausbildungen an der Außenseite der Samen- oder

Fruchtschale klar werden. Es ist augenscheinlich, daß das Herausziehen nur dann vonstatten geht, wenn die Samen- oder Fruchtschale nicht der Spielball der nächstbesten Luft- oder Wasserströmung ist, wenn der Same in irgendeiner Weise festliegt. Solche Ausrüstungen zum Festhalten der Früchte und Samen auf ihrer Unterlage gibt es denn auch in großer Zahl und in reicher Abwechslung. Schon die flügelartigen und haarförmigen Anhängsel, die gekrümmten, spitzen und widerhakigen Fortsätze und die verschiedenen Klebevorrichtungen der Früchte und Samen, welche in erster Linie die Bedeutung von Verbreitungsmitteln haben, und deren Schilderung dem dritten Bande des „Pflanzenlebens“ vorbehalten ist, bieten sehr häufig auch noch den zweiten Vorteil, daß durch sie der Same dort festgehalten wird, wo die Keimung mit Erfolg stattfinden kann. Wenn man Ende Mai, zur Zeit, wenn die haarigen Samen der Weiden und Pappeln als leichte Flocken aus den aufgesprungenen Kapseln hervorkommen und durch die Luftströmungen entführt werden, den feuchten Lehmboden am Ufer eines Flusses betrachtet, so sieht man dort unzählige dieser Samen gestrandet, mittels der Haare an den Lehm geklebt und die kleinen Samenschalen am feuchten Grund unverrückbar festgehalten. Alle diese Samen keimen binnen wenigen Tagen, während die nebenbei in losen Flocken auf dem trockenen Boden liegenden Samen nicht zum Keimen kommen. Die haarige Hülle, welche zunächst als Verbreitungsmittel des Samens diente, kann also auch den Samen befestigen. Dasselbe gilt von den Haarschöpfen, welche die kleinen Samen der tropischen Tillandsien schmücken. Zunächst dienen sie als Flugvorrichtungen, und die leichtbeschwingten kleinen Samen werden durch die Winde aus den aufgesprungenen Kapseln weithin entführt. Stranden diese Samen an der Borke eines vom Winde bestrichenen Baumstammes, so haften die Haare fest an und bringen auch den Samen mit der Unterlage in Berührung. Man sieht dann die Windseite der Baumstämme mit unzähligen dieser Samen besetzt und in einen förmlichen Mantel gehüllt, und diejenigen Samen, welche der Unterlage angepreßt werden, gelangen auch zur Keimung. Auch bei der Ansiedelung der Samen der *Anemone silvestris* und mehrerer Korbblütler beobachtet man einen ähnlichen Vorgang. Um noch ein anderes Beispiel zu bringen, sei auch der anhaftenden Früchte von *Xanthium spinosum* und *Lappago racemosa* gedacht. An irgendeiner Stelle von wandernden Tieren abgestreift, bleiben sie mit ihren widerhakigen Fortsätzen an den Haaren der genannten Tiere hängen und werden oft viele Meilen weit verschleppt. Selbstverständlich suchen die Tiere sich der unbequemen Anhängsel später zu entledigen und reiben sich dann so lange an dem Erdboden, bis sich die Früchte von der horstigen Haut oder dem Pelz ablösen. Bei dieser Gelegenheit wird ein Teil der Früchte in die Erde gedrückt und dort mittels der widerhakigen Stacheln fest verankert. Nur die Keimlinge aus den festgeankerten Früchten entwickeln sich zu kräftigen Pflanzen, die locker auf dem Boden liegenden Samen dagegen keimen entweder gar nicht, oder es gehen die Keimlinge, deren Keimblätter nicht ordentlich aus der Fruchthülle gezogen wurden, alsbald zugrunde.

Viele Samen haben aber besonders wirksame Ausrüstungen, die der Befestigung dienen. In dieser Beziehung sind zunächst Klebende Stoffe hervorzuheben, welche von der Oberfläche der Samenschale ausgeschieden, und durch welche die Samen mit dem Boden verkittet werden. Sie treten hervor, wenn die Oberfläche des Samens befeuchtet oder wenn von der Erde das Regenwasser aufgezogen wird. In den meisten Fällen wird die schleimige Masse, welche zum Ritze wird, von den oberflächlichen Zellen erzeugt, wie namentlich bei den vielen Arten der Gattungen *Lein* und *Wegerich* (*Linum* und *Plantago*), bei der Gartenkresse und dem *Leindotter* (*Lepidium sativum* und *Camelina sativa*), bei *Teesdalia*, *Gilea* und *Collomia* und

noch vielen anderen Arten der verschiedensten Gattungen, welche aber in dem einen miteinander übereinkommen, daß die Samenschale eine ganz glatte Oberfläche besitzt. Bei dem Basilienkraute (*Ocimum basilicum*) sowie bei den zahlreichen Arten der Gattungen Salbei und Drachentopf (*Salvia* und *Dracocephalum*) geht die schleimige Substanz von der glatten Oberfläche der Fruchtschale aus. Häufig sind es nur bestimmte reihenweise angeordnete Zellen an der Oberfläche der Frucht- oder Samenschale, in denen sich der klebrige Schleim ausbildet, wie bei der neuseeländischen Selliera und bei zahlreichen Korbblütlern, von welchen die Kamille (*Matricaria Chamomilla*) als die bekannteste Art hervorgehoben werden mag. Auch bei den Arten der Gattung *Oxybaphus* sind fünf Längskanten an der Schale des Samens mit besonderen Schleimorganen besetzt. Wenn die Schale befeuchtet wird, so treten an ihr fünf weiße schleimige Linien hervor, welche das Ankleben an das Keimbett vermitteln. Bei vielen Korbblütlern, so namentlich bei dem gemeinen Kreuzkraute (*Senecio vulgaris*) sowie bei den Arten der Gattungen *Euriops*, *Doria*, *Trichocline* usw., sind besondere Haare an der Fruchtschale ausgebildet, die den anklebenden Schleim ausscheiden. Wieder in anderen Fällen, so namentlich bei vielen Aroiden, wird das Klebemittel nicht von Zellen der Oberhaut ausgebildet, sondern es bleibt auf den Samen, die in einer fleischigen Fruchthülle stecken, ein Teil des Fruchtsaftes oder Fruchtfleisches zurück, der, wenn er vertrocknet, eine Kruste bildet. Wenn solche Samen nachträglich befeuchtet werden, so wandelt sich die Kruste wieder in eine schleimig-klebrige Masse um, und es werden durch diese die Samen an der Unterlage festgeklebt. Höchst merkwürdig sind die Samen von *Cuphea petiolata* gebaut. In ihren Epidermiszellen befinden sich gedrehte Fäden, die sich beim Befeuchten, die Epidermiszellen sprengend, hervorstrecken und durch ihre schleimige Beschaffenheit die Samen befestigen. Oft bildet auch die ganze saftreiche verwesende Fruchthülle das Befestigungsmittel der Samen, was namentlich bei den Melonen, Gurken, Kürbissen und anderen Kurbitzgewächsen sowie bei zahlreichen Gewächsen mit Beeren und pflaumenartigen Früchten der Fall ist.

Bei vielen Pflanzen, wie z. B. bei der Kornrade (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 7—10) und der auf lehmigen Feldern häufigen *Neslea paniculata*, wird die Befestigung der Samen oder Früchte an das Keimbett nicht durch schleimige, klebrige Stoffe, sondern durch Unebenheiten an der Oberfläche der Samen- oder Fruchtschale vermittelt. Es finden sich da die mannigfaltigsten Warzen, Zapfen, Riefen, Ringe und dazwischen grubige Vertiefungen, in welche sich die Erdpartikelchen eindrängen und, wenn sie befeuchtet werden, mit den Zellen der Oberhaut verbinden. Die Adhäsion ist dann sehr groß, und wollte man solche Samen oder Früchte reinigen und die anhaftende Erde aus allen den kleinen Grübchen herauspuken, so würde das viel Mühe machen und doch nicht vollständig gelingen. Es ist hier auch auf den Gegensatz der in diese Gruppe gehörigen Samen zu denjenigen, welche der früheren Gruppe gezählt werden müssen, hinzuweisen. Samen mit rauher, runzeliger und grubig punktierter Oberfläche entwickeln niemals Klebemittel aus ihren Hautzellen, weil die Befestigung an das Keimbett durch die Unebenheiten der Samenschale vermittelt wird; Samen mit glatter Oberfläche, welche sonst leicht verschiebbar wären, verkleben mittels der Schleimmassen, welche ihre Hautzellen ausbilden.

Ganz eigentümlich verhält sich die Wassernuß (*Trapa*), deren Keimung oben geschildert worden ist. Jede ihrer großen Früchte zeigt zwei Paare von abstehenden, kreuzweise gestellten Dornen, die sich aus den Kelchblättern herausbilden und die Frucht während des Ausreifens gegen die Angriffe seitens der Wassertiere schützen. Diese Dornen sowie die ganze Frucht sind nur innen steinhart, die äußeren Zellschichten sind weich, zersetzen sich auch unter Wasser ziemlich

rasch und lösen sich in unregelmäßigen Fetzen und Fasern von dem tieferen, sehr festen Gewebe ab. An der Spitze der Dornen erhält sich nach der Ablösung der Weichteile nicht nur die kräftige, sehr feste Mittelrippe, sondern es verbleiben auch die Anfänge einiger rückläufiger Bündel aus sehr festen, langgestreckten Zellen, die unmittelbar hinter der Spitze von der Mittelrippe entspringen. Diese Dornen erscheinen daher ankerartig ausgebildet (s. untenstehende Abbildung) und wirken auch ähnlich wie Anker im Grunde der Teiche. Der aus der Ruß herauswachsende Keimling vermag dann auch nicht die feste Fruchthülle mit emporzuheben, sie bleibt verankert an der Stelle, wo sie hingefallen war.

Seltene Einrichtungen, welche ein Verankern der Früchte an der zum Keimen geeignetsten Stelle bewirken, beobachtet man an mehreren Steppengräsern, namentlich an den Federgräsern (*Stipa*) und auch an den Arten der Gattung Reiherschnabel (*Erodium*). Die Federgräser zählen zu den auffallendsten Erscheinungen der Steppe und bilden sogar

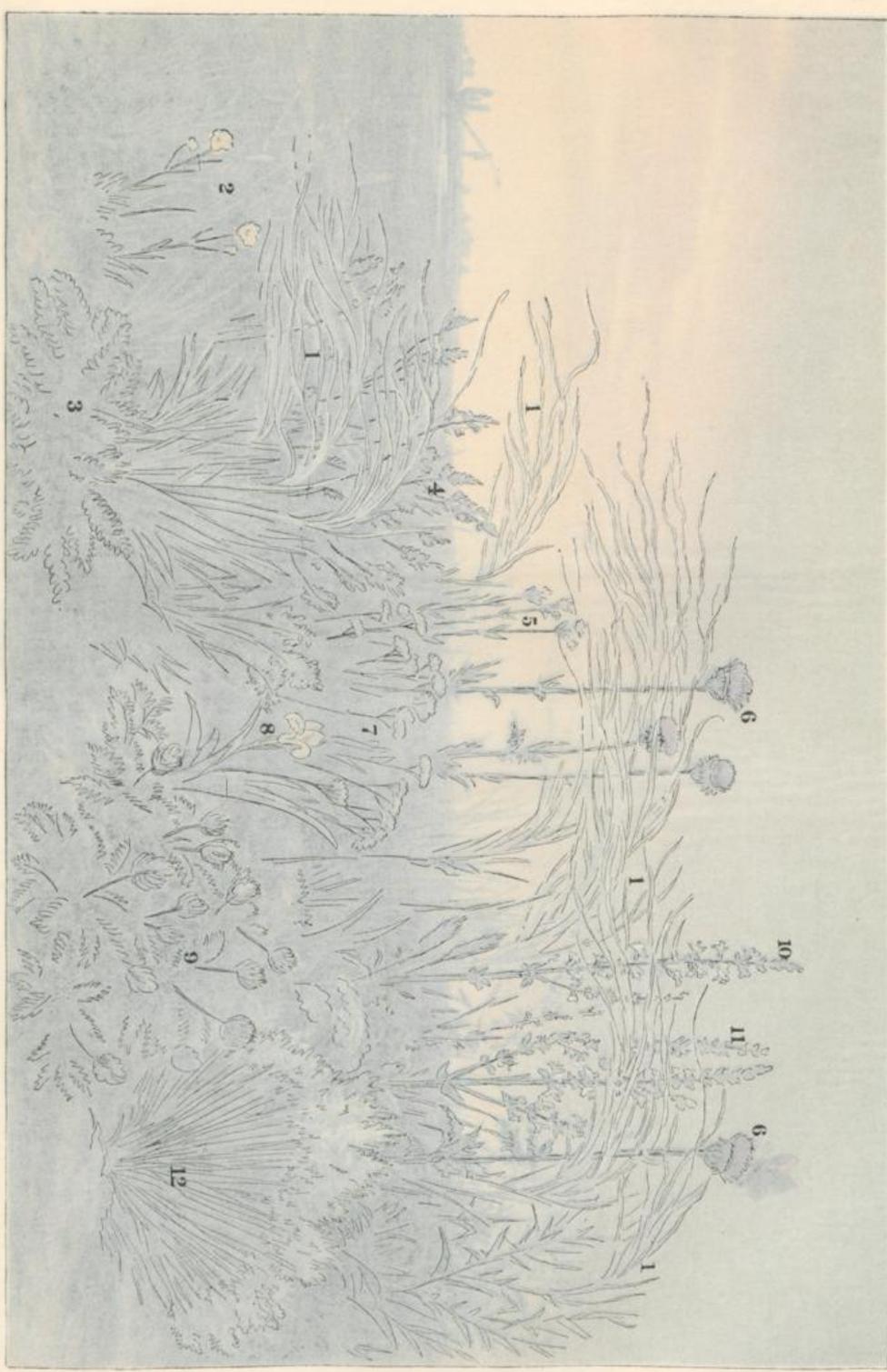


Die Verankerung der Wassernuß.

einen charakteristischen Zug des Landschaftsbildes, indem sie mit verschiedenen Schmetterlingsblütlern, namentlich mit Tragant-Stauden (*Astragalus*), dann mit zahlreichen Korbblütlern, Nelken und niederen Schwertlilien den Hauptbestandteil der Pflanzendecke, ja man kann wohl sagen das Grundgewebe des farbenprächtigen, über manche Steppen gebreiteten Pflanzenwuchses bilden. Ernst Heyn hat in der beigehefteten Tafel „Federgras auf der Steppe Südrusslands“ eine solche Steppe mit ihrer charakteristischen Vegetation in vollendeter Naturwahrheit zur Anschauung gebracht, und wir werden auf dieses Bild noch wiederholt zurückzukommen Gelegenheit haben. Die Federgräser, welche uns hier zunächst interessieren, fallen auf dem Bilde dadurch auf, daß aus dem scheidenförmigen Blatt am oberen Ende der Halme ein Büschel langer, weißer, im Winde wehender Federn vorgestreckt sind, mit einem wehenden Reihersbusch vergleichbar. Diese Gebilde sind Grannen, welche sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, so außerordentlich verlängern, wie das an keinem anderen Grase der Fall ist.

Die Spelze, welche von der mit zweizeilig geordneten, abstehenden Haaren besetzten, federförmigen Granne gekrönt ist, umschließt zusammen mit einer zweiten kurzen, grannenlosen Spelze die kleine Frucht. Sobald diese reif ist, trennt sich das Stielchen, welches die um die Frucht gewickelte, inzwischen sehr hart gewordene Spelze trägt, ab; der nächste kräftige Windstoß entführt die abgelöste eingewickelte Frucht und treibt sie wie eine Flaumfeder über die Steppe dahin. Die von der Spelze ausgehende lange, federige Granne hat also zunächst die

[Zur Tafel: »Fedorovs auf der Steppe Südrusslands«.]



1. *Stipa pennata*. — 2. *Romuleus pedatus*. — 3. *Astragalus caespitosus*. — 4. *Astragalus virgatus*. — 5. *Dianthus polymorphus*. — 6. *Jurinea mollis*. — 7. *Achillea ochroleuca*. — 8. *Iris sibirica*. — 9. *Astragalus Ombrychis*. — 10. *Silene aeneostriata*. — 11. *Syrnina angustifolia*. — 12. *Festuca vaginata*.

Nur Tüpfel; Korkzellen etc. etc. Große Zylinderzellen.

und lösen sich in unregelmäßigen Fäden und Fasern von dem tieferen, sehr festen-Gewebe ab. An der Spitze der Dornen erhält sich nach der Ablösung der Weichteile nicht nur die kräftige, sehr feste Mittelrippe, sondern es verbleiben auch die Anfänge einiger rückläufiger Bündel aus sehr festen, langgestreckten Zellen, die unmittelbar hinter der Spitze von der Mittelrippe entspringen. Diese Dornen erscheinen daher ansehnlich ausgebildet (s. stehende Abbildung) und wirken auch ähnlich wie Anker im Grunde der Leide. Der aus der Nuth herauswachsende Keimling vermag dann auch nicht die feste Krustenschale auszuräumen, sie bleibt verankert an der Stelle, wo sie hingefallen war.

Seltene Einrichtungen, welche ein Verankern der Frucht an der zum Keimling geeigneten Stelle bewirken, beobachtet man an mehreren Steppengräsern, namentlich an den Federgräsern (Stipa) und auch an den Arten der Gattung Reiherschnabel (Erodium). Die Federgräser zählen zu den auffallendsten Erscheinungen der Steppe und bilden sogar



einen charakteristischen Zug der Steppe aus, indem sie mit verschiedenen Schmetterlingsblütern, namentlich mit Leguminosen, dann mit zahlreichen Scaberrütern, Kisten und niederen Spinnweben den Hauptbestandteil der Pflanzendecke zu machen pflegen. In manchen Gegenden der Steppe bilden die Federgräser auch die Hauptbestandtheile der Pflanzendecke, so man kann wohl sagen das Grasschilf der farbigen Steppe, aber manche Steppen gebirgigen Pflanzen weiches Bild.

Die Federgräser sind zu der beigesetzten Tafel Federgras auf der Steppe Sibiriens abgebildet. Die Abbildung zeigt die charakteristische Gestalt in voller Natur, welche zur Bestimmung dienlich ist, und wir werden auf dieses Bild noch wiederholt zurückkommen Gelegenheit haben. Die Federgräser sind Gräser, welche uns hier zunächst interessieren sollen auf dem Bilde Federgras, welches auf dem weissen Plateau am oberen Ende der Saline ein Büschel lauer, weiches, sehr dichtes, sehr weiches, sehr weiches, mit einem wesentlichen Reiherschnabel, welches sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, sehr leicht abheben lässt, welches sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, sehr leicht abheben lässt, welches sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, sehr leicht abheben lässt.

Die Spelze, welche von der Spitze der Frucht ausgeht, besteht aus zwei, kranzlosen, federförmigen Grannen, welche mit einer zweiten kurzen, kranzlosen Spelze die kleine Frucht umgeben. Sobald die Frucht reif ist, trennt sich das Stielchen, welches die um die Frucht gewickelte, unwillkürlich sehr dicht gewickelte Spelze trägt, ab, der nächste kräftige Windstoß entföhrt die abgetrennte Frucht und treibt sie wie eine Kugelhahn über die Steppe dahin. Die von der Spitze ausgehende lange, federige Granne hat also zunächst die

5. Tüpfelzellen, Korkzellen, etc. etc. Große Zylinderzellen. 6. Korkzellen, etc. etc. Große Zylinderzellen. 7. Tüpfelzellen, Korkzellen, etc. etc. Große Zylinderzellen. 8. Tüpfelzellen, Korkzellen, etc. etc. Große Zylinderzellen. 9. Tüpfelzellen, Korkzellen, etc. etc. Große Zylinderzellen. 10. Tüpfelzellen, Korkzellen, etc. etc. Große Zylinderzellen.

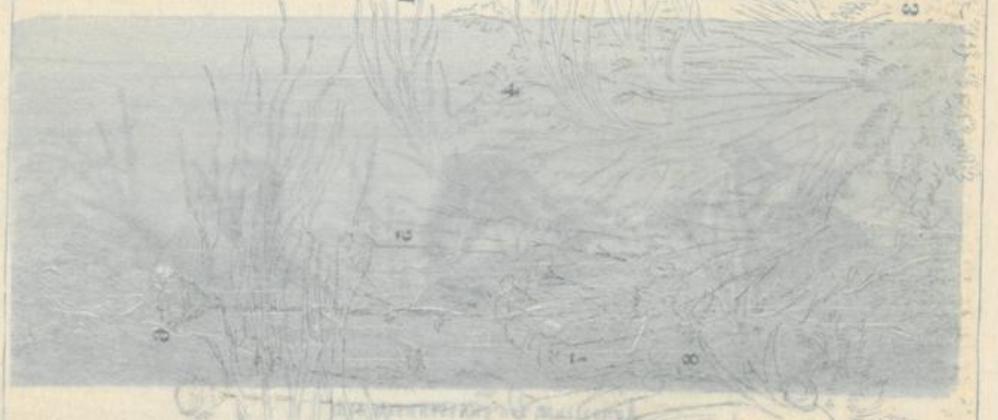


Federgas auf der Steppe Südrusslands.

[Nur Tafel: 2. Korbgräser (vgl. die Tabelle S. 100)]

reich und lösen sich in unregelmäßigen Fegen und Fasern von dem tieferen, sehr festen Gewebe ab. An der Spitze der Dornen erhält sich nach der Ablösung der Weichteile nicht nur die kräftige, sehr feste Mittelsippe, sondern es verbleiben auch die Anfänge einiger rückläufiger Bündel aus sehr festen, langgestreckten Zellen, die unmittelbar hinter der Spitze von der Mittelsippe entspringen. Diese Dornen erscheinen daher ansehnlich ausgebildet (stattenförmige Ausbildung) und wirken auch ähnlich wie Nadel im Grunde der Leiche. Der aus der Luft herauswachsende Keimling vermag dann auch nicht die feste Hülle mit emporzuheben, sie bleibt verankert an der Stelle, wo sie hingefallen war.

Erdhörnchen, welche ein Verankern der Frucht an der zum Keimen geeigneten Stelle bewirken, beobachtet man an mehreren Stenogrammarten, namentlich an den Federgräsern (Stipa) und auch an den Arten der Gattung Weidenröhrlach (Proclium). Die Federgräser zählen zu den auffallendsten Erscheinungen der Steppe und bilden sogar



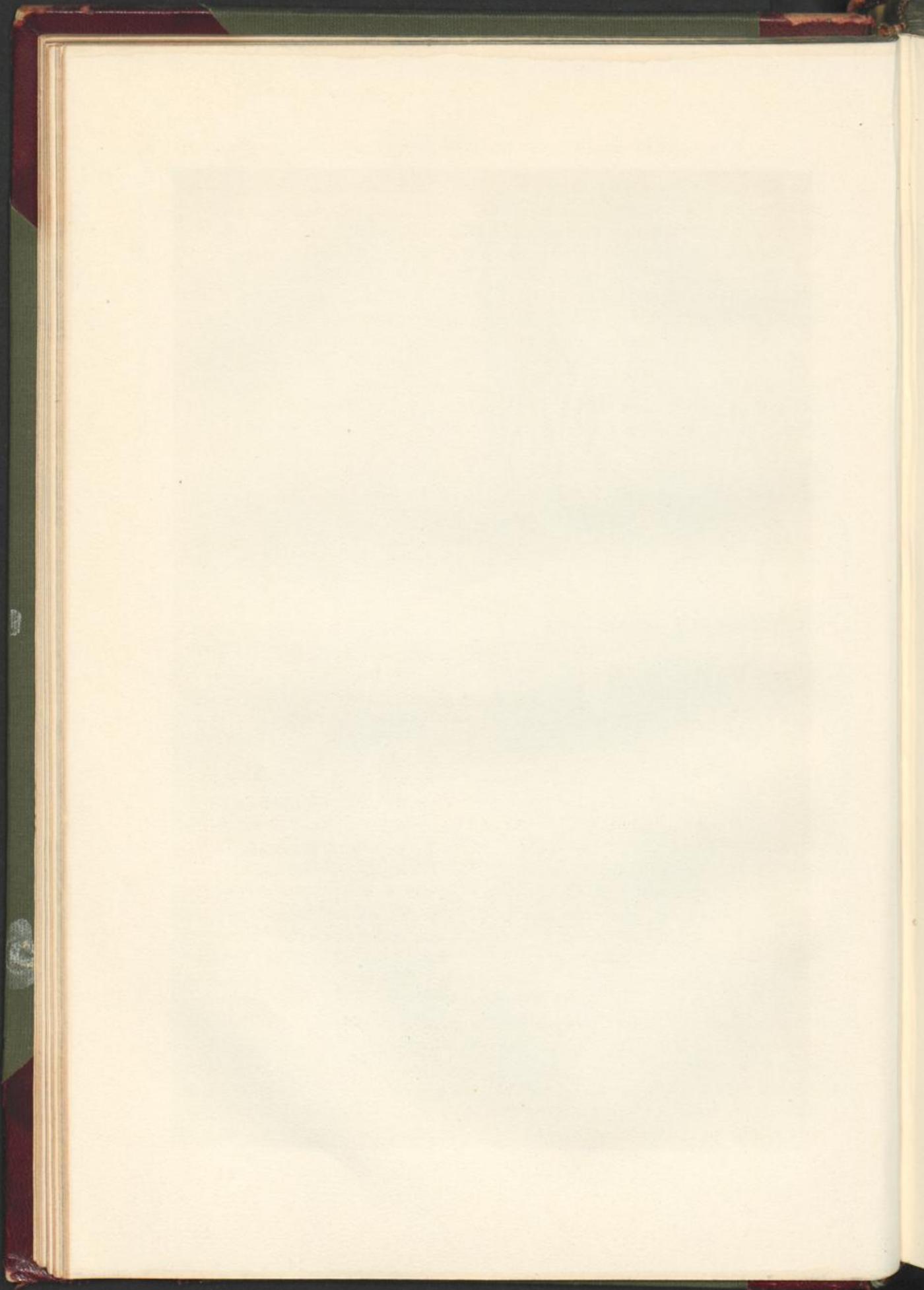
einer charakteristischen Art der Steppensavanne, indem sie zu den wichtigsten Futterpflanzen namentlich der Trüffelstämme (Astragalus) und der Korbblütler, Klee und niederen Schwämmen der Hauptbestandteile der Pflanzenwelt ist. In manchen wohligen Gegenden des Grundgebirges, über manchen Steppen gebirgen Pflanzenwäldern (vgl. Tafel 2) hat in der höchsten Lage, oberhalb der Gruppe "Südgrünland" eine solche Pflanze mit ihrer charakteristischen Begleitung in besonderer Höhe wahrlich zur Reife gebracht und ist werden auf dieses Bild noch wiederholt wieder kommen. Die Federgräser, welche uns hier zunächst interessieren, fallen auf dem Bild sofort auf, das sie von anderen Gräsern abheben. Die oberste Spitze ein Bündel leuchtender, weißer, im hohen stehender Fegen, vorgerichtet sind, mit einem weichen Reiter (vgl. Tafel 2) versehen. Die Fegen der Samen, welche sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, so leicht von dem Stengel lösen, so ist es bei keinem anderen Grase der Fall ist.

Die Spitze, welche von der mit unregelmäßigen, ähnlichen Samen besetzten, federförmigen Granne (vgl. Tafel 2) umgeben ist, ist eine weiche, grannenlose Spitze die Name "Reiter" (vgl. Tafel 2) führt sich dem Samen, welches die um die Frucht gewickelt, in welcher sich der Samen befindet. Die Federgräser sind am die Frucht gewickelt, in welcher sich der Samen befindet. Die Federgräser sind am die Frucht gewickelt, in welcher sich der Samen befindet. Die Federgräser sind am die Frucht gewickelt, in welcher sich der Samen befindet.

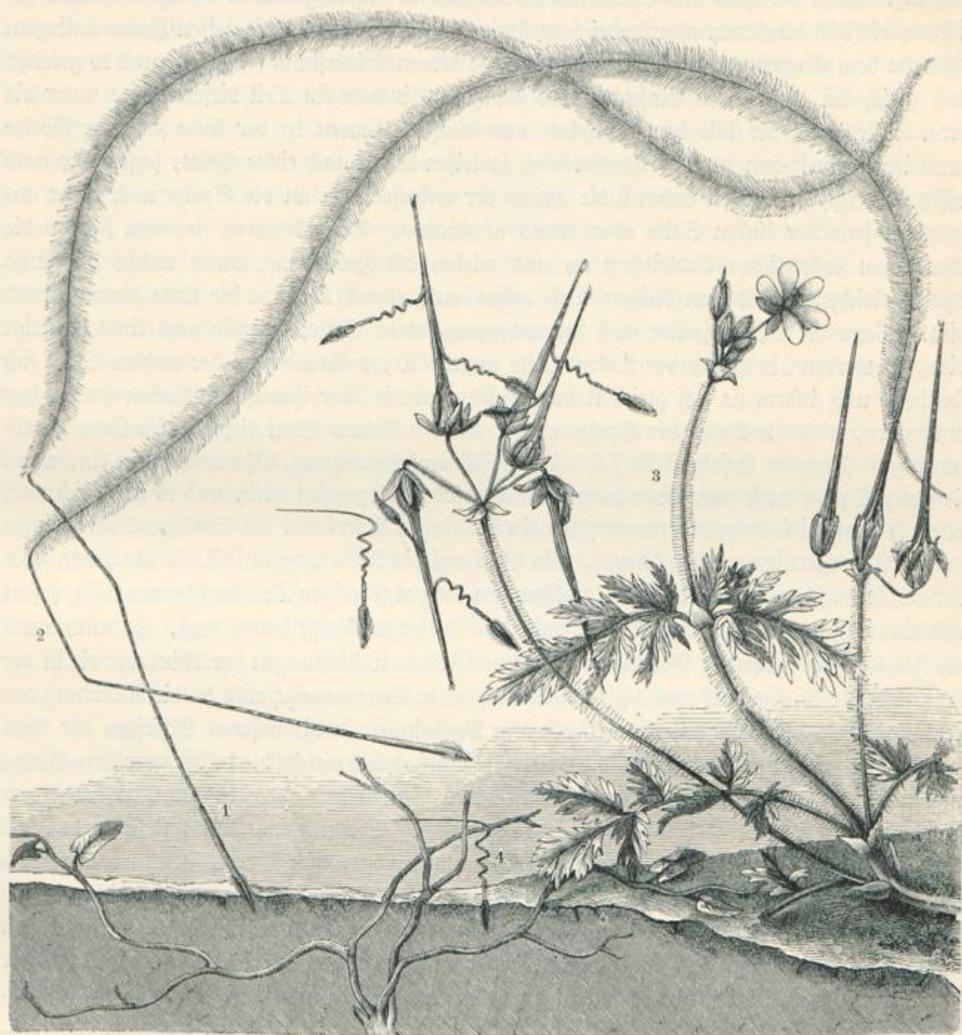
1. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 2. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 3. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 4. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 5. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 6. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 7. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 8. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 9. Korbgräser (vgl. Tafel 2) 10. Korbgräser (vgl. Tafel 2)



Sedergas auf der Steppe Südrusslands.



Bedeutung einer Flugvorrichtung, ähnlich so vielen anderen federförmigen oder flügelartigen Gebilden, mit welchen Früchte und Samen besetzt oder eingehüllt sind, und sie vermittelt die Verbreitung der betreffenden Federgrasart über das weite Gelände. Es kommt ihr aber, nachdem sie irgendwo auf dem Steppenboden gestrandet ist, auch noch eine weitere Aufgabe zu.



Das Eindringen von Früchten in die Erde und die Befestigung dieser Früchte im Keimbett: 1, 2) Früchte des Federgrases (*Stipa pennata*); 3, 4) Früchte des Reiherschnabels (*Erodium Cicutarium*). (Zu S. 32—35.)

Gesetzt den Fall, es sei eine Federgrasfrucht so auf die nackte Erde gefallen, wie das durch die obenstehende Abbildung veranschaulicht wird. Jener Teil, welcher in der verhärteten Spelze die Frucht eingeschlossen enthält, wird als der schwerere selbstverständlich zuerst mit dem Boden in Berührung kommen, und da das Ende dieses Teiles sehr spitz ist, so bleibt die Frucht manchmal sofort nach dem Stranden in der Erde stecken (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Fällt sie schief auf, so wird das Eindringen des spigen Endes durch ein späteres Schwanken der

in die Luft emporragenden langen Feder veranlaßt, und es wird dieses erste Eindringen noch wesentlich dadurch begünstigt, daß das Spitzchen nach einer Seite hin etwas schief gebogen ist.

Wenn nur einmal das Spitzchen in die Erde gedrungen ist, so folgt auch der andere die Frucht umhüllende Teil der Spelze alsbald nach, und zwar geschieht das durch folgende Einrichtung. Dicht oberhalb des Spitzchens finden sich an der eingerollten Spelze aufwärts gerichtete, elastisch-biegsame, aber dabei sehr steife Haare. Solange diese steifen Haare anliegen, setzen sie dem Eindringen der Spelze in die Erde keinen Widerstand entgegen, und es gelangt auch gleich bei dem ersten Einstechen des Spitzchens immer ein Teil dieser Haare unter die Erde. Wird nun die mit dem Spitzchen und einigen Haaren in der Erde steckende Spelze durch irgendeinen von oben wirkenden noch so leisen Druck nach einer Seite, sagen wir nach rechts, geneigt, so werden dadurch die Haare der rechten Seite an die Spelze noch mehr angeedrückt, jene der linken Seite aber etwas abgehoben. Diese letzteren stemmen sich an die über ihnen befindlichen Erdteilchen an und wirken als Hebelarme, durch welche die ganze Spelze gleichzeitig mit dem Neigen nach rechts auch etwas tiefer in die Erde hinabgedrückt wird. Wenn die Spelze später nach der entgegengesetzten Seite, nämlich nach links, geneigt wird, so werden die Haare der linken Seite angeedrückt, während jene der rechten Seite sich abheben, und indem sie sich gleich kleinen Hebeln an die über ihnen befindlichen Erdteilchen anstemmen, wird die Spitze der Spelze wieder um ein kleines Stück tiefer in die Erde hinabgedrängt. Derselbe Erfolg stellt sich bei jeder Schaukelbewegung, also auch dann ein, wenn die ganze Spelze nach vorn oder wenn sie nach rückwärts geneigt wird, und es fragt sich nur, wodurch denn diese Lageänderungen, die ein ruckweises Vorrücken des Spitzchens im Gefolge haben, hervorgerufen werden können. Ein Blick auf die Abbildung auf S. 33 lehrt, daß jeder nur einigermaßen stärkere Luftstrom, welcher den langen federigen Teil der Granne trifft, sofort auch eine Lageänderung der im Boden steckenden Spelze zur Folge haben muß. So wird durch das Flattern der federigen Granne nach den verschiedenen Richtungen der Windrose die in der Erde steckende Spelze bald nach dieser, bald nach jener Seite geneigt, und da die Änderung des Neigungswinkels jedesmal auch ruckweise ein Vordringen in die tieferen Schichten der Erde bedingt, so ist eigentlich der Wind die treibende Kraft, durch welche die in der gerollten Spelze eingeschlossene Frucht in den Boden versenkt wird. Nun haben aber die Grannen der Federgräser noch zwei andere eigentümliche Einrichtungen. Sie sind nämlich unterhalb des mit Haaren besetzten federigen Teiles zweimal knieförmig gebogen und überdies noch wie ein Korkzieher schraubig zusammengedreht (s. Abbildung, S. 33). Dieser gekniete und zugleich gedrehte Teil der Granne ist sehr hygroskopisch; bei Regenwetter verschwinden die knieförmigen Biegungen fast ganz, die Granne sträubt sich und streckt sich gerade, auch dreht sich die Schraube bei feuchter Witterung auf und bei trockener Luft zusammen. Es werden nun diese Bewegungen begreiflicherweise auf die Spelze übertragen und verursachen Änderungen in der Neigung derselben, was wieder ein Vorrücken des Spitzchens in tiefere Erdschichten zur Folge hat.

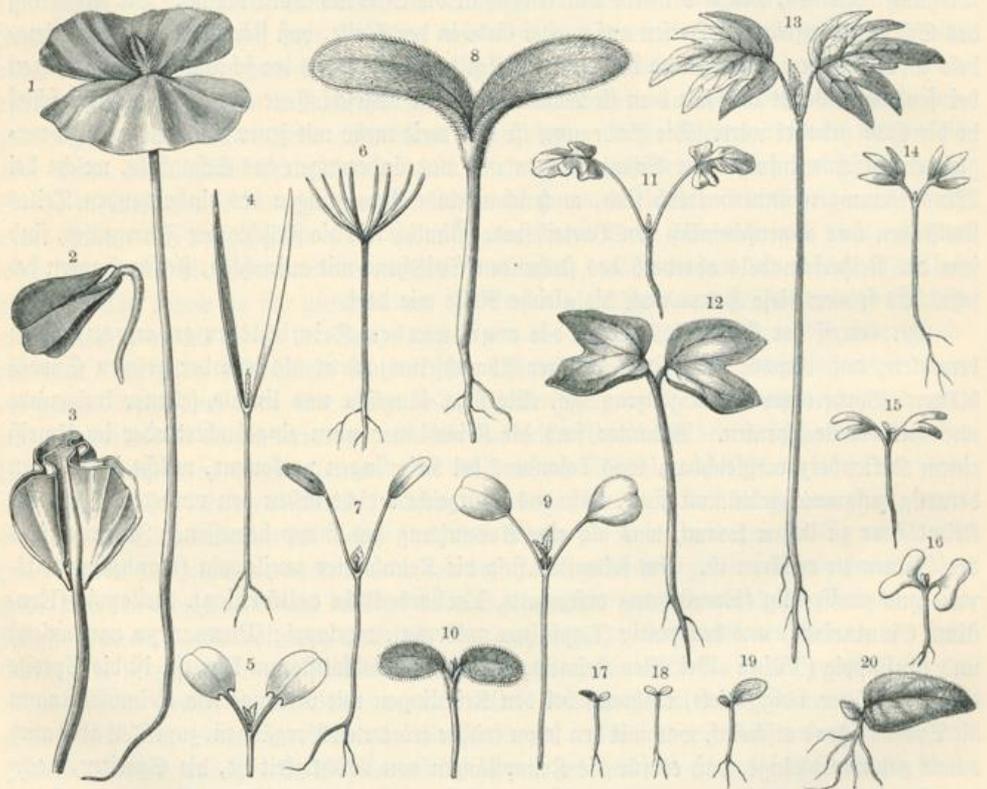
Auf ähnliche Weise wie die Federgrasfrüchte gelangen auch die Früchte des Reiherschnabels (*Erodium*) unter die Erde. Wie an der Abbildung auf S. 33, Fig. 3, zu ersehen, lösen sich an dieser Pflanze die fünf Spaltfrüchtchen in ganz eigentümlicher Weise von ihrem Träger los. Zuerst hebt sich das den Samen umschließende dicke untere Ende, später auch die lang ausgezogene Spitze des Fruchtblattes ab. Die letztere dreht sich zum Teile schraubenförmig zusammen, und nur das freie Ende streckt sich in sanftem Bogen wie ein Uhrzeiger vor. Man benützt diese abgefallenen Teilfrüchtchen bekanntlich als Hygrometer. Man steckt sie mit ihrem

unteren dicken Ende, welches ähnlich wie die Spelze des Federgrases mit einem stechenden Spitzchen besetzt ist, auf ein mit Papier überzogenes Brettchen, und zwar in das Centrum eines darauf gezeichneten Kreises. In der Peripherie des Kreises macht man Striche, welche den Stand des zeigerförmigen Endes der Reiherschnabelfrucht bei sehr feuchtem und bei sehr trockenem Wetter angeben, und kann dann nachträglich wieder aus dem Stande des Zeigers auf die relative Feuchtigkeit der Luft einen Rückschluß machen. Diese Verwendung der Reiherschnabelfrüchte erklärt aber auch die infolge des veränderten Feuchtigkeitszustandes der Luft veranlasste Drehung derselben, welche bei dem Eindringen in die Erde ins Spiel kommt. Die Fixierung des Schnabels erfolgt im Freien auf nackter Erde in der Weise, daß sich die Spitze des Schnabels an den Boden stemmt, und daß dann infolge des Aufdrehens der schraubigen Windungen bei feuchtem Wetter das mit dem stechenden Spitzchen abgeschlossene dickere Fruchtende schief in die Erde gebohrt wird. Die Bewegung ist hier weit mehr mit jener eines Bohrers zu vergleichen, obgleich infolge von Schwankungen und Lageänderungen des Schnabels, welche bei Windströmungen unvermeidlich sind, auch schaukelnde Bewegungen des einbohrenden Teiles stattfinden und augenscheinlich von Vorteil sind. Ähnlich wie die Früchte der Federgräser, sind jene des Reiherschnabels oberhalb des stechenden Spitzchens mit aufrechten, steifen Haaren besetzt. Es spielen diese Haare auch die gleiche Rolle wie dort.

In betreff der Gestalt, welche die ergrünenden Keimblätter erlangen, ist zu bemerken, daß dieselbe bei weitem weniger Abwechslung bietet als jene der grünen Sproßblätter. Vorherrschend sind ganzrandige, elliptische, längliche und lineale, seltener kreisrunde und quer-ovale Formen. Mitunter sind die Keimblätter vorn eingebuchtet oder im Umriß einem Kartenherz vergleichbar, was besonders bei Keimlingen vorkommt, welche im Samen derartig zusammengekrümmt sind, daß das Würzelchen dicht neben den vorderen Rand der Keimblätter zu liegen kommt, was als eine Ausnutzung des knapp bemessenen Innenraumes der Samen zu erklären ist. Am seltensten sind die Keimblätter zweilappig (*Raphanus sativus*) und zweispaltig (*Eucalyptus orientalis*, *Eschscholtzia californica*), dreilappig (*Erodium Cicutarium*) und dreispaltig (*Lepidium sativum*), vierlappig (*Pterocarya caucasica*) und fünflappig (*Tilia*). Bei allen Keimlingen, deren Keimblattstamm kurz ist, ist die Spreite der Keimblätter langgestielt, während bei den Keimlingen mit verlängertem Keimblattstamm die Spreite sitzend erscheint, was mit den schon früher erörterten Vorgängen, zum Teil aber auch damit zusammenhängt, daß es für die Keimpflanzen von Wichtigkeit ist, die Spreiten, nachdem sie die dunkle Höhlung der Samenschale verlassen haben, möglichst der Sonne auszusetzen und, wenn sie ergrünt sind, über andere Gegenstände, durch welche sie in Schatten gestellt werden könnten, emporzuheben. Die Abbildung auf S. 36 gibt eine Übersicht der auffallendsten Formen entfalteter und im Sonnenlichte ausgebreiteter grüner Keimblätter.

Wo zwei Keimblätter vorhanden sind, zeigen dieselben in der Regel gleichen Zuschnitt und gleiche Größe; nur dasjenige, welches im Samen als Saugorgan gedient hatte, ist auch im ausgewachsenen Zustande gewöhnlich etwas kleiner, wie beispielsweise bei der Kornrade, dem Senf und Hanf. Manchmal bedingen die beschränkten Raumverhältnisse im Inneren des Samens, daß eins der Keimblätter dem Würzelchen den Platz räumen muß, oder daß dasselbe doch auffallend klein und unterdrückt bleibt, wie z. B. bei *Petiveria* und *Abronia*. Bei mehreren Gesnerazeen, insbesondere bei einem Teile der Arten von *Streptocarpus*, sind die beiden Keimblätter im Samen von derselben Form und Größe; auch nachdem sie die Samenschale verlassen haben, gleichen sie sich noch vollständig; später aber bleibt das eine

im Wachstum zurück und stirbt ab, während das zweite sich außergewöhnlich vergrößert und zu einem dem Boden aufliegenden grünen Laubblatt auswächst (s. untenstehende Abbildung, Fig. 17 bis 20). Seltenerweise entwickeln mehrere Arten dieser Gattung, wie z. B. *Streptocarpus benguelensis*, *polyanthus* und *Wendlandii*, gar keine weiteren grünen Blätter, sondern begnügen sich mit der Ausbildung des einen Keimblattes zu einem riesigen, bisweilen die Länge von 30 und die Breite von 20 cm erreichenden, dem Boden aufliegenden Laubblatt, mit dem später der Sproßblattstamm verbunden erscheint und aus dessen dicker Mittelrippe sich ein



Keimblätter: 1), 2), 3) *Fagus sylvatica*; 4) *Fumaria officinalis*; 5) *Galeopsis pubescens*; 6) *Abies orientalis*; 7) *Convolvulus arvensis*; 8) *Borago officinalis*; 9) *Senecio erucifolius*; 10) *Rosa canina*; 11) *Erodium Cicutarium*; 12) *Quamoclit coccinea*; 13) *Tilia grandifolia*; 14) *Lepidium sativum*; 15) *Eucalyptus orientalis*; 16) *E. coriaceous*; 17—20) *Streptocarpus Rexii*. (Zu S. 35—38.)

Blütenstand erhebt (s. Abbildung, S. 37). Diese ungewöhnliche Entwicklung ist dadurch bedingt, daß der Embryo weder einen Sproßvegetationspunkt noch eine Wurzelanlage besißt. Nach der Blüte stirbt daher die Pflanze ab.

Daß den Keimblättern, welche ergrünen, gleich anderen grünen Geweben die Fähigkeit zukommt, im Sonnenlicht aus Kohlensäure und Wasser organische Stoffe, Zucker und Stärke, zu erzeugen, steht außer Frage. Gewöhnlich erscheint das Chlorophyll erst, nachdem die Keimblätter aus der Samenhülle hervorgekommen sind und sich im Sonnenlicht ausgebreitet haben. Manchmal aber bildet es sich schon zu der Zeit aus, wo die Keimblätter noch im Samen stecken und in Dunkel gehüllt sind, wie z. B. bei den Kiefern und Fichten, den Ahornen und einigen Schotengewächsen, den Riemenblumen und der Mistel, der südamerikanischen *Pernetia*

und dem in Japan heimischen Hülsenfrüchtler *Styphnolobium*. Die ergrüntten und ausgebreiteten Keimblätter zeigen alle Eigentümlichkeiten des Laubes; die Oberhaut ist mit Spaltöffnungen versehen, und im grünen Gewebe lassen sich häufig auch Palisadenzellen und Schwammparenchym unterscheiden. Manche Pflanzen, zumal jene, die später unterirdische Knollen oder knollenartige Wurzeln ausbilden, z. B. mehrere Ranunkeln, Eijenhut, Lerchen- sporn, *Eranthis*, *Leontice*, *Bunium*, *Smyrniun perfoliatum*, *Chaerophyllum bulbosum*,



Gruppe von blühenden *Stroptocarpus Wendlandii* (Gesnerazeen). Jede erwachsene Pflanze besteht nur aus einem großen stammlosen Blatt, aus dessen Basis sich der verzweigte Blütenstand entwickelt. Die Form der Blüten ist mit der Lupe zu erkennen. (Zu S. 36.)

kommen im ersten Jahre, nachdem sie gekeimt haben, über die Bildung grüner Keimblätter nicht hinaus, und erst im nächsten Jahre entwickeln sich aus der Knospe des Keimlinges die grünen Sproßblätter. Viele Pflanzen entfalten dagegen nahezu gleichzeitig mit den Keimblättern auch grüne Sproßblätter, die Keimblätter funktionieren mit diesen zusammen als Laub und erhalten sich mitunter bis zur Zeit der Blüte, ja selbst der Frucht reife frisch und grün. Beispiele hierfür sind zahlreiche raschwüchsige, einjährige Unkräuter auf unseren Feldern und in unseren Gemüsegärten (z. B. *Fumaria officinalis*, *Scandix Pecten Veneris*, *Arno- seris pusilla*, *Urtica urens*, *Adonis aestivalis*). Gewöhnlich sind diese Keimblätter klein. An einjährigen, sich schnell entwickelnden Pflanzen erreichen die Keimblätter mitunter einen

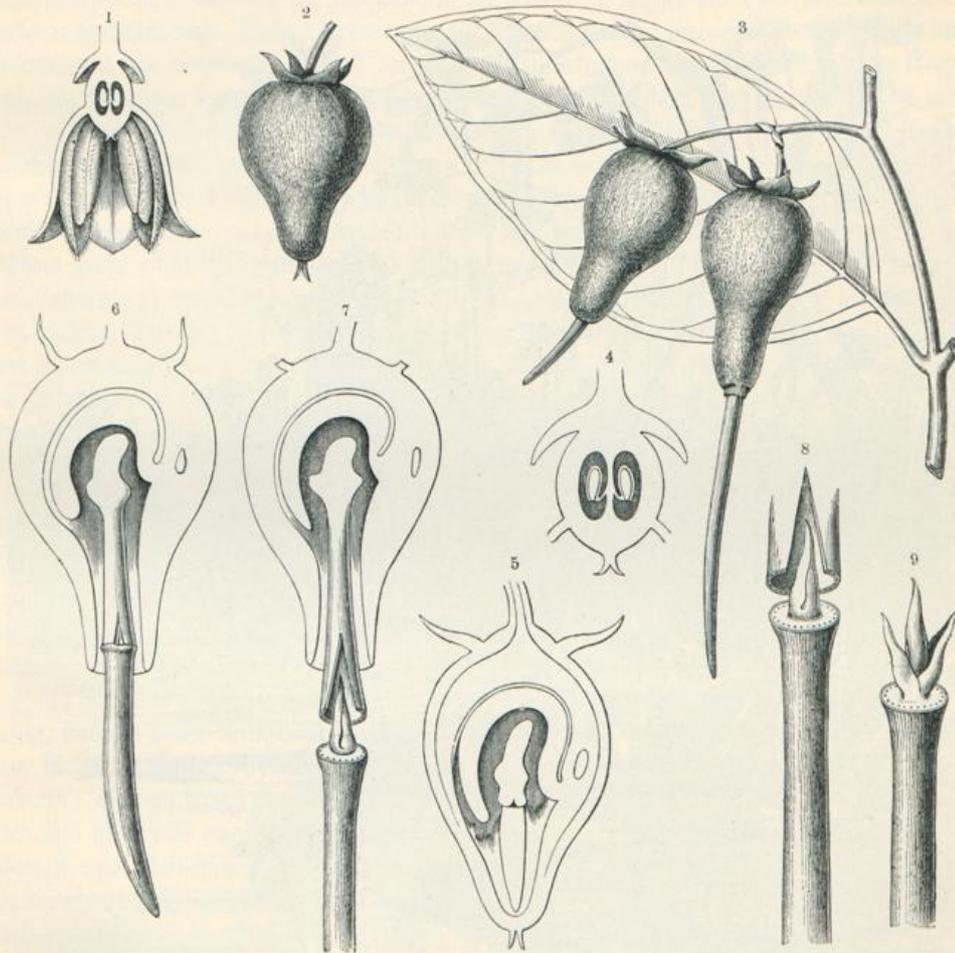
Umfang, welcher jenem der grünen Sproßblätter wenig nachgibt. So werden z. B. die Keimblätter des Kürbis über 10 cm lang und 4—5 cm breit. Es ist zu erwarten, daß solche ergrünte Keimblätter, welche mit den grünen Blättern der Sprosse in betreff der Funktion vollständig übereinstimmen, auch geradeso wie diese gegen äußere schädliche Einflüsse geschützt sein werden, und in der Tat findet man bei ihnen mehrere der Schutzeinrichtungen wieder, welche bei früherer Gelegenheit an Laubblättern ausführlicher geschildert wurden.

Die Keimblätter vieler *Asperifoliazeen* sind mit steifen Borsten besetzt (z. B. *Borago*, *Caccinia*, *Anchusa*, *Myosotis*, s. Abbildung, S. 36, Fig. 8), die der Rosen sind mit Drüsenhaaren gewimpert (s. Abbildung, S. 36, Fig. 10), und jene mehrerer Nesseln tragen auf ihrer oberen Seite Brennborsten. Daß die Keimblätter gegen die Nachteile, welche durch Wärmeverlust in hellen Nächten eintreten könnten, sich selbst und auch die zwischen ihnen geborgenen jungen Sproßblätter durch Zusammenfallen und durch die Annahme der vertikalen Lage schützen, ist bereits Band I, S. 476—477, hervorgehoben worden.

Während die Keimung im allgemeinen erst bei dem von der Pflanze abgefallenen Samen erfolgt, wobei zu ergänzen ist, daß manche Samen erst eine längere Ruhe überstehen müssen, ehe sie keimen, gibt es auch Fälle, in welchen die Keimung schon auf der Mutterpflanze erfolgt.

Wir führen hier den merkwürdigsten Fall der an Lagunen der Meeresküsten in den Tropen der Alten und der Neuen Welt in ausgedehnten Beständen wachsenden Mangroven an. Die Art, welche hier als Beispiel gewählt sein mag, und von welcher der ganze Entwicklungsgang durch die Abbildung auf S. 39 anschaulich gemacht ist, heißt *Rhizophora conjugata*. Der Längsschnitt durch die nickende Blüte dieser Art (s. Abbildung, S. 39, Fig. 1 und 4) zeigt im Fruchtknoten zwei gleichgroße Fächer, und in jedem Fache befindet sich die Anlage eines Samens. Nach der Befruchtung fallen die Blumenblätter und Pollenblätter ab. Der Kelch bleibt unverändert an seiner Stelle. Der bedeutend vergrößerte Fruchtknoten nimmt die Gestalt eines stumpfen Kegels an, dessen Scheitel die beiden in trockene Spitzen umgewandelten Narben trägt (s. Fig. 2). Wird der Fruchtknoten in diesem Entwicklungsstadium der Länge nach durchschnitten, so kann man an dem Durchschnitte (s. Fig. 5) sehen, daß das eine Fach samt der Samenanlage verkümmert ist, während das zweite sowie die darin befindliche Samenanlage sich sehr erweitert und vergrößert haben. An der Anlage des Samens, welche der ursprünglichen Mittelwand des Fruchtknotens einseitig aufsitzt, unterscheidet man jetzt bereits deutlich den Keimling und das ihn umgebende Speichergewebe. Beide zusammen erfüllen die eiförmige, nach unten zu offene Höhlung, welche von der dicken Samenschale gebildet wird. Der Keimling besteht aus dem mit seinem freien Ende abwärts gewendeten Keimblattstamm und dem Keimblatte, welches einen Blindsack darstellt, der unten röhrig ist, nach oben zu aber sich erweitert und in seiner Form an eine phrygische Mütze erinnert. Das Keimblatt überdeckt wie eine Sturzglocke das Knöspchen des Keimlings, welches mitten aus dem Scheitel des Keimblattstammes herauswächst. An dem unteren röhrenförmigen Teile des Keimblattes bemerkt man zahlreiche Gefäßbündel, welche in den Keimblattstamm führen und diesem die Nahrung zuleiten. Ein Würzelchen am unteren Ende des Keimblattstammes ist hier nicht ausgebildet, und was man früher für eine Wurzel ansah, ist nur der Keimblattstamm selbst. Sonderbarerweise lösen sich die Früchte der Mangroven nach der Ausbildung des Keimlings nicht von den Zweigen des Baumes ab, sie springen auch nicht auf, um die Samen ausfallen zu lassen, sondern die Samen keimen hier eingeschlossen in der noch am Baume hängenden Frucht. Dabei wächst der Keimling innerhalb der Samenschale

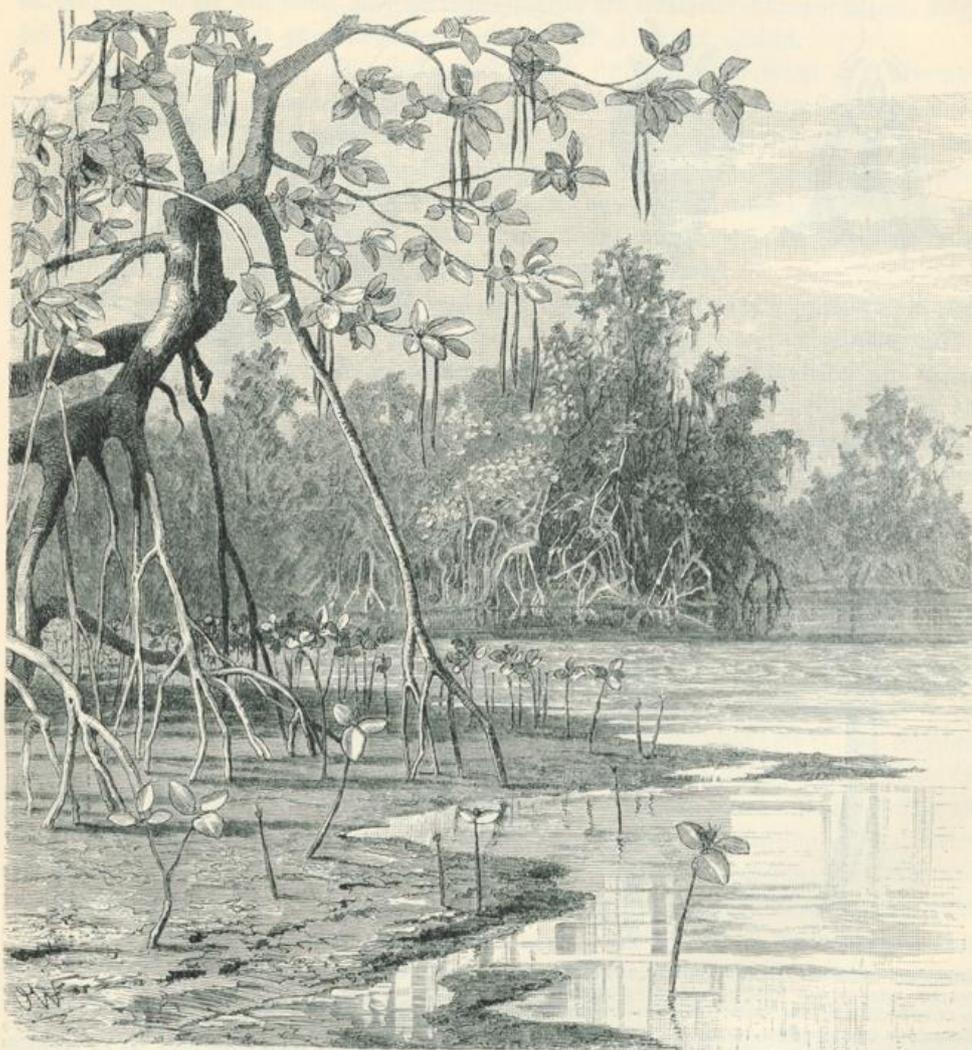
auf Kosten der Reservenernährung, in welche er eingebettet ist, und nimmt diese Nahrung ver-  
mittels des Keimblattes auf. Die ganze Außenseite des eben mit einer phrygischen Mütze  
vergleichenen Keimblatteiles ist mit Saugzellen förmlich tapeziert, und diese Saugzellen entziehen  
der umgebenden schleimig-gallertartigen Masse Nährstoffe und führen sie durch die früher



*Rhizophora conjugata*: 1) Blüte, der Länge nach durchschnitten, 2) Frucht, 3) Zweig mit zwei Früchten, die kegelförmigen Spitzen von den vorgeschobenen Keimblattstämmen durchbrochen, 4) Längsschnitt durch den Fruchtnoten, um das Doppelte vergrößert, 5) Längsschnitt durch eine Frucht; das milchförmige Keimblatt von dem Speichergewebe umgeben; der Keimblattstamm, aus der Samenschale hervorgewachsen, erreicht mit seinem unteren Ende die hohlkegelförmige Spitze der Fruchthülle, 6) Längsschnitt durch eine Frucht, zwei Monate später; die Röhre des Keimblattes hat sich verlängert und den Keimblattstamm aus der Fruchthülle hinausgeschoben, 7) Längsschnitt durch eine Frucht, acht Monate später; der Keimblattstamm reißt von dem röhrenförmigen Teile des Keimblattes ab, 8) derselbe, etwas vergrößert, 9) oberes Ende des Keimblattstammes mit der Knospe des Keimlings; die beiden unteren Niederblätter der Knospe abstehend, die beiden oberen noch zusammenschließend. (Zu S. 38—41.)

erwähnten Gefäßbündel dem Keimblattstamme zu. Da die Menge der aufgespeicherten Nahrung  
trotzdem nicht abnimmt, da sie auch nicht im Verhältnis zu der Größe des heranwachsenden  
Keimlings steht, so kann mit Sicherheit angenommen werden, daß dasjenige, was durch das  
Keimblatt ausgezogen und zum Wachstume des Keimblattstammes verwendet wird, von der  
Mutterpflanze noch fortwährend ersetzt wird.

Wenn der Keimblattstamm 2 cm lang geworden ist, streckt sich auch der röhrenförmige Teil des Keimblattes und schiebt den Keimblattstamm so lange vor, bis dessen Spitze die Höhlung der Frucht durchbohrt hat und an das Tageslicht kommt (s. Abbildung, S. 39, Fig. 3 und 6). Der Keimblattstamm verlängert sich nun innerhalb eines Monats ungefähr



Mangrove bei Goa, an der westlichen Küste von Vorderindien, zur Zeit der Ebbe. (Zu S. 41.)

um 4 cm und zeigt nach Verlauf von 7—9 Monaten eine Länge von 30—50 cm und eine Dicke von 1,5 cm. Er ist im unteren Drittel am dicksten und dort auch wie eine Ahle schwach bogenförmig gekrümmt. Sein Gewicht beträgt jetzt ungefähr 80 g. Diese langen, schweren, aus den Früchten heraushängenden Keimblattstämme pendeln nun bei jeder Luftströmung hin und her, endlich reißen die Gefäßbündel, durch welche noch immer die Verbindung mit dem röhrenförmigen Teile des Keimblattes erhalten war (s. Abbildung, S. 39, Fig. 7

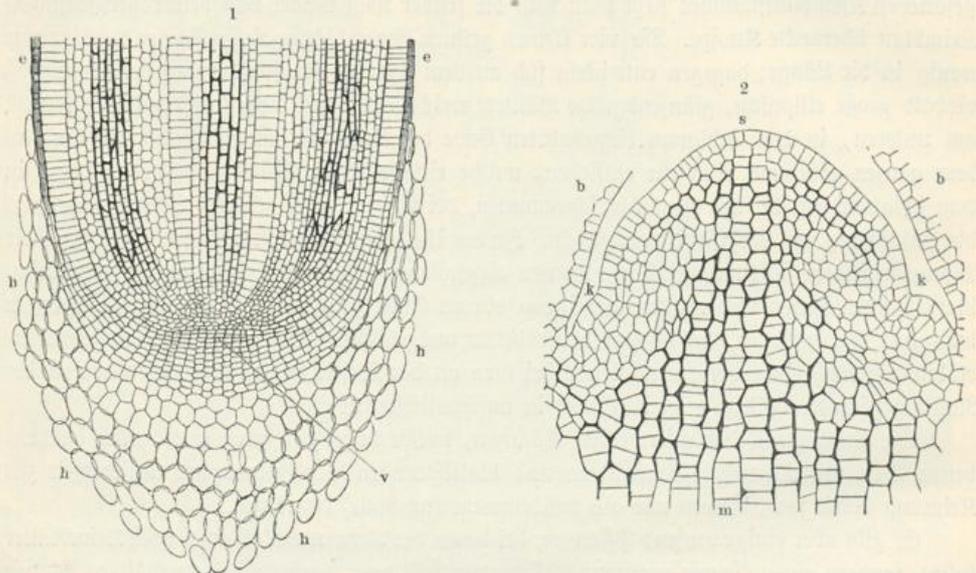
und 8), und der Keimling fällt in die Tiefe. Meistens durchdringt er das leichte Wasser und bohrt sich mit seinem unteren Ende tief in den Schlamm ein. Sogar eine  $1/2$  m hohe Wasserschicht kann von ihm mit solcher Gewalt durchfahren werden, daß er in dem darunter befindlichen Schlamm aufrechtstehend steckenbleibt. Diejenigen Keimblattstämme, welche im Schlamm nicht steckenbleiben, erhalten sich schwimmend im Wasser, wozu sie durch ein besonderes Gewebe ausgerüstet sind. Diese werden dann auf dem Wasserwege verbreitet, worauf später bei Besprechung der Verbreitungsmittel der Pflanzen zurückzukommen sein wird. Wenige Tage nach der Ablösung und dem Abfallen des Keimblattstammes fällt auch die Fruchthülle mit dem in derselben zurückgebliebenen Keimblatte vom Baum. An dem oberen Ende des abgefallenen Keimblattstammes sieht man nur die früher noch immer von dem röhrenförmigen Keimblatt überdeckte Knospe. Die vier kleinen grünen Niederblätter dieser Knospe wachsen nur wenig in die Länge; dagegen entwickeln sich an dem aus der Knospe hervorgehenden Sproß alsbald große elliptische, glänzendgrüne Blätter, welche als Laub tätig sind, während sowohl am unteren, in den Schlamm eingebohrten Ende des Keimblattstammes selbst als auch an dem ganzen Stamme Wurzeln entstehen, welche einerseits die Befestigung der Pflanze in dem schlammigen, bei der Flut überschwemmten, bei Ebbe trocken gelegten Boden, andererseits die Zuführung von Nährsalzen vermitteln. In der Umgebung alter, wie auf Stelzen gestellter Mangroveebäume sieht man oft Duzende von abgefallenen und im Schlamm eingebohrten Keimblattstämmen stecken und an den aus ihrem oberen Ende hervorgegangenen kurzen Sprossen bald nur Niederblätter, bald schon Laubblätter ausgebildet. Die auf S. 40 eingeschaltete Abbildung nach einer von Ransonné bei Goa an der Westküste von Vorderindien nach der Natur gezeichneten Skizze zeigt das alles in anschaulichster Weise.

Die Embryonen der allermeisten Pflanzen, welche durch den oben ausführlich beschriebenen Bau mit Wurzel, Keimblättern und blattbildenden Vegetationspunkten jederzeit zur Keimung bereit sind, können wir als vollkommene (normale) bezeichnen.

Es gibt aber einige tausend Pflanzen, bei denen der Keim weder Wurzel noch Keimblätter besitzt, sondern einen kleinen, ganz ungliederten Zellkörper darstellt. So verhält es sich mit dem in Band I, S. 410, besprochenen Dhnblatt und der Korallenwurz. Aber auch die anderen Orchideen haben unvollkommene Embryonen. Besonders Humusbewohner und Parasiten sind gleichfalls durch solche ungliederte Keime ausgezeichnet, wie Drobanchen, Balanophoreen und Rafflesiaceen. Es scheint, daß diese embryonale Unvollkommenheit mit dem Parasitismus zusammenhängt, denn auch die Flachseide (*Ouscuta*) hat, obgleich der Embryo noch ziemlich groß ist, doch eine unvollkommene Keimwurzel ohne Spitze und Wurzelhaube. Aber diese ungliederten und unfertigen Keime sind nicht immer durch den Parasitismus bedingt. Eine ganze Anzahl grüner, normaler Pflanzen hat in den abfallenden Samen ganz unvollständige Embryonen ohne Kotyledonen, z. B. der Winterstern *Eranthis hiemalis*, manche Anemonen, *Corydalis cava* und *solida* (Lerchensporn), *Paris quadrifolia* usw. Aber bei diesen bildet sich der Embryo in dem abgefallenen Samen gewissermaßen durch ein Nachreifen aus, und diese Pflanzen keimen dann wie die normalen. Ob die Bildung unvollkommener Embryonen einen biologischen Vorteil bedeutet, darüber lassen sich höchstens Vermutungen aufstellen.

#### 4. Die Weiterentwicklung der Keimpflanze und die Metamorphose der Organe.

Tatsächlich ist die Keimung nur ein durch die Feuchtigkeitsaufnahme des Samens angeregtes Wachstum der ersten Organe, welche die Pflanze im Samen gleichsam mit auf die Welt gebracht hat. Das eine Ende des Embryos streckt sich zum blatttragenden Keimstengel und das andere zur fadenförmigen, dünnen Keimwurzel. Aber mit diesen wenigen, kleinen und schwachen Organen würde die Pflanze während eines längeren Lebens nicht wirtschaften können.

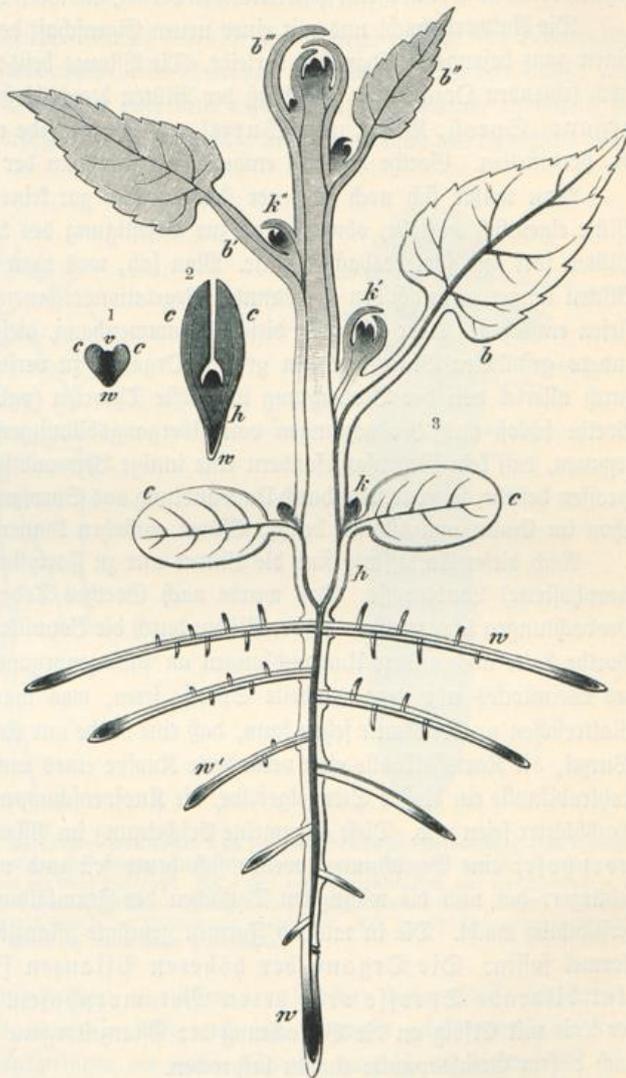


Längsdurchschnitt durch Wurzel- und Stengelspitze. 1) Längsdurchschnitt der Wurzelspitze (Vegetationspunkt) einer Maiskeimpflanze (*Zea Mays*), e Oberhaut der Wurzel, v Ende des Vegetationspunktes, h Wurzelhaube, deren äußere Zellschichten zerfallen; 2) Längsdurchschnitt durch die Stengelspitze (Vegetationspunkt) eines Keimlings der Gartenbohne (*Phaseolus multiflorus*), s Scheitel, b Teile der ersten beiden Blätter, k Anlagen von Seitenzweigen in den Blattachseln, m inneres Gewebe des Stengels.

Sie muß daher zunächst danach trachten, ihre Organe wenigstens zu vermehren, um ihre Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Zu diesem Zwecke bringt die Keimpflanze zwei schon im Keim angelegte Vegetationspunkte mit, die ihr dauernd die Fähigkeit zur Abgliederung neuer Organe verleihen. Die beiden kegelförmigen Vegetationspunkte liegen an den Enden des Sprosses und der Wurzel. Der Wurzelvegetationspunkt ist durch eine Gewebekappe, die Wurzelhaube, geschützt, der in die Luft tauchende Sproßvegetationspunkt bedarf eines solchen Schutzes nicht (s. obenstehende Abbildungen). Die Entwicklung einer solchen Keimpflanze wird verständlich durch die Abbildung auf S. 43. In ihr ist Fig. 1 und 2 der Embryo, halb und ganz entwickelt, w das kurze Wurzelende, c die relativ großen Keimblätter, zwischen diesen ist der Sproßvegetationspunkt durch Schraffierung hervorgehoben. Bei der Keimung wächst die Wurzel in den Boden, gliedert von ihrem Vegetationspunkte eine Anzahl neuer Vegetationspunkte innerhalb der Wurzelrinde ab, welche zu Seitenwurzeln auswachsen. In Fig. 3 hat sich auch der oberirdische Stengel schon ziemlich weit entwickelt. Die Keimblätter des Embryos (c) sind entfaltet und noch gewachsen. Eine zwischen den Keimblättern des Embryos liegende Zone hat

sich beträchtlich in die Länge gestreckt und den kleinen Vegetationspunkt mit in die Höhe gehoben, so daß er nun an der Spitze liegt. Dieser Vegetationspunkt hat auch schon Auswüchse erzeugt, die sich zu Blättern ausbilden, und die, da das Ende des Sprosses mit seinem Wachstum in die Höhe fortfährt, langsam auseinanderrücken, sodann auch gleichzeitig ihre Stiele bekommen. Daher stehen die älteren Blätter nicht mehr dicht beisammen, wie am Vegetationspunkt, sondern sind durch Stengelstücke (Internodien) getrennt ( $b-b''$ ). Gleichzeitig haben aber die Blätter in den Winkeln ihrer Stiele wieder neue Vegetationspunkte erzeugt ( $k-k'$ ), die selbst Blätter bilden und sich später genau so strecken wie der Haupt sproß. Auf diese Weise verzweigt sich der Stengel durch Bildung von Seiten sprossen. Nach diesem Beispiel kann man sich den langsamen Aufbau einer jeden dikotylen Pflanze vorstellen und klarmachen.

Zunächst sehen wir aber, daß die Keimpflanze dabei nichts Neues bildet, sondern sich immer nur mit Wiederholung der gleichen Organbildung abgibt. Sie bildet Blatt auf Blatt, Wurzel auf Wurzel und blatttragende Seitenzweige. Bei sehr vielen Pflanzen sehen wir aber nach einem gewissen Zeitraum oder auch schon sehr bald Organe ganz anderer Art auftreten. Beim Weinstock, beim Kürbis entstehen Organe zum Klettern, die man Ranken nennt. Die Kartoffelpflanze erzeugt später unterirdische Knollen, ebenso die Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*), die Schwertlilien bilden unterirdische Wurzelstöcke (Rhizome). Andere Pflanzen bilden Zwiebeln, Dornen, Blattranken, und alle Pflanzen vollkommener Art bilden endlich Blüten. Woher kommen alle diese Organe, die wir vorläufig weder als Sprosse noch als Wurzeln bezeichnen können?



Schema einer dikotylen Pflanze, nach Sachs, Vorlesungen. 1) und 2) embryonale Zustände, 3) nach der Keimung; v Vegetationspunkt; cc Keimblätter; w w' Wurzeln; h hypotyles Glied der Sprossachse,  $b-b''$  Blätter,  $k-k''$  Knospen. Vegetationspunkte schwarz, in Streckung begriffene Teile grau, ausgewachsene weiß. (Zu S. 17 und 42-43.)

Merkwürdig ist, daß von allen eben genannten Organen weder im Embryo eine versteckte Anlage zu finden, noch an der Keimpflanze immer ein Anfang derselben zu entdecken ist. Es entsteht also hier die Frage: Wie verschafft sich die Pflanze solche Organe, die ihr anfangs ganz fehlen, deren sie aber in ihrem späteren Leben bedarf, um ihren Aufgaben nachkommen zu können?

Die Antwort macht uns mit einer neuen Eigenschaft der Pflanze bekannt, die ihr wieder einen ganz besonderen Charakter verleiht. Die Pflanze besitzt nämlich die Eigenschaft, alle ihr noch fehlenden Organe mit Einschluß der Blüten durch bloße Umwandlung der Grundorgane, Sproß, Blatt und Wurzel, mit denen jede normale Keimpflanze ausgerüstet ist, herzustellen. Goethe hat dies entdeckt und zuerst an der Blüte erläutert.

Man wußte sich noch zu jener Zeit darüber gar keine Rechenschaft zu geben, wie eine Blüte eigentlich entstehe, obwohl man zur Befestigung des Linnéschen Systems viele tausend Blüten fort und fort beobachtet hatte. Man sah, was man auch heute noch bemerkt, daß die Blüten immer erst nach den sogenannten Vegetationsorganen, den Laubspitzen, und stets an diesen entstehen. Aber wie man diesen Zusammenhang, diese Abstammung der bunten, ganz anders gestalteten Blüte von den grünen Organen zu verstehen habe, darüber konnte man durch allerlei von der Beobachtung losgelöste Theorien (vgl. Bd. I) nicht ins klare kommen. Goethe schloß aus Beobachtungen von Übergangsbildungen zwischen Blüten und Stengelorganen, daß kein Gegensatz, sondern eine innige Verwandtschaft zwischen Blüten und Laubspitzen bestehe, so zwar, daß durch Umwandlung aus Sproßvegetationspunkten, die die Pflanze schon im Embryonalzustande besitzt, Blüten entstehen können.

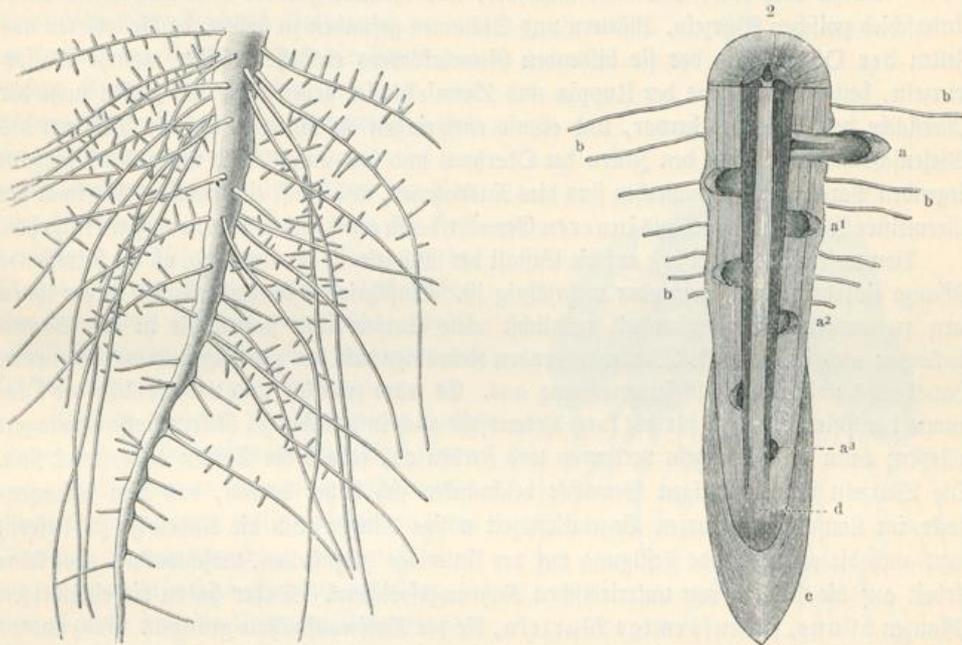
Nach dieser Auffassung sind die Blüten nur zu Fortpflanzungszwecken veränderte (metamorphosierte) Laubspitzen. Das wurde nach Goethes Tode durch sorgfältige mikroskopische Beobachtungen über Entstehung der Blüten durch die Botaniker als richtig bewiesen. Aber schon Goethe hatte noch andere Umwandlungen an Pflanzenorganen erkannt, z. B. daß die Ranken des Weinstockes nur umgewandelte Sprosse seien, was man noch an einem verkümmerten Blattstielchen an der Ranke sehen kann, daß eine Rübe nur eine metamorphosierte faserförmige Wurzel, die Kartoffelknolle eine veränderte Knospe eines unterirdischen Ausläufers, daß die Kohlrabiknolle ein bloßes Stengelgebilde, die Knospenschuppen der Winterknospen umgebildete Laubblätter seien usw. Diese allgemeine Erscheinung im Pflanzenleben nannte Goethe Metamorphose, eine Bezeichnung, welche sich heute fest und unverrückbar in der Botanik eingebürgert hat und die wichtigsten Tatsachen der Formbildung umfaßt und ungemein leicht verständlich macht. Die in tausend Formen geprägte pflanzliche Organisation läßt sich in die Formel fassen: Die Organe der höheren Pflanzen sind entweder Wurzeln und blattbildende Sprosse oder deren Metamorphosen. Mit dieser Formel kann auch der Laie mit Erfolg an die Betrachtung der Pflanzenorgane herantreten, und wir wollen sie nach diesem Gesichtspunkte einzeln besprechen.

Aber auch bei den Kryptogamen lassen sich Metamorphosen beobachten. Die Sprosse und Wurzeln der niederen Kryptogamen weichen in Form und anatomischem Bau von denen höherer Pflanzen sehr ab. Sie haben aber auch eine andere Entstehungsweise, sind jenen nicht homolog. Diese unvollkommenen Organe kann man als rudimentäre bezeichnen. Bei den Parasiten ist die Unvollkommenheit dagegen eine Rückbildung, die Organe sind reduzierte zu nennen. Gemeinjam für alle Pflanzen, auch für die niederen, gilt das Gesetz der Metamorphose.

## 5. Die Gestalten der Wurzeln.

### Die Grundformen.

Die dem Keimling entspringende einfache, fadenförmige Wurzel genügt dem Bedürfnisse des zarten, aus dem Embryo hervordachsenden Stammes nicht lange. In dem Maß, als dieser an Umfang zunimmt, ein Stockwerk über dem anderen aufbaut, Blätter entwickelt, in den Achseln der Blätter Knospen anlegt und Seitenprosse treibt, wird auch das Bedürfnis nach



1) Keimwurzel einer Kastanie mit Seitenwurzeln erster und zweiter Ordnung (Wurzelsystem). — 2) Durchschnitt einer jungen Wurzel. Der aus Parenchym bestehende Wurzelkörper wird in der Mitte von dem Gefäßbündelstrang durchzogen, der unterhalb der Spitze endigt und ein Mark umschließt. Bei d liegt der Vegetationspunkt, von der Wurzelhaube e bedeckt. Im Innern des Wurzelgewebes entstehen um den Gefäßbündelzylinder herum Vegetationspunkte ( $a^3$ ), aus denen die Nebenwurzeln a,  $a^1$ ,  $a^2$  heranzuwachsen, welche endlich das Gewebe der Mutterwurzel durchbrechen. Aus den Oberflächenzellen der Wurzel haben sich Wurzelhaare b entwickelt.

Wasser und Nährsalzen größer und größer; es müssen neue Quellen dieser Stoffe erschlossen, neue Zuleitungsorgane hergestellt, es müssen also auch neue Wurzeln gebildet werden. Aus der Erstlingswurzel des Keimes entspringen die neuen Wurzeln zunächst an dieser selbst wie seitliche Äste, und man pflegt dann zu sagen, die primäre oder Hauptwurzel habe sich verzweigt, sie habe Seitenwurzeln gebildet (s. obenstehende Abbildung). Natürlich können sich auch diese Äste wieder verzweigen, und in der Tat wiederholt sich die Verzweigung manchmal ins Unabsehbare. So kann eine ästige Wurzel entstehen, die besonders bei einjährigen Erdpflanzen mit aufrechtem, reichbelaubtem Stamme zu beobachten ist. Fast ebenso häufig kommt es vor, daß die erste Wurzel bald, nachdem sie aus dem Samen hervorgewachsen war, zugrunde geht, und daß dann aus dem Keimblattstamme dicht neben der Ursprungsstelle der abgestorbenen mehrere neue Wurzeln entspringen, oder daß an dem im Erdreiche steckenden

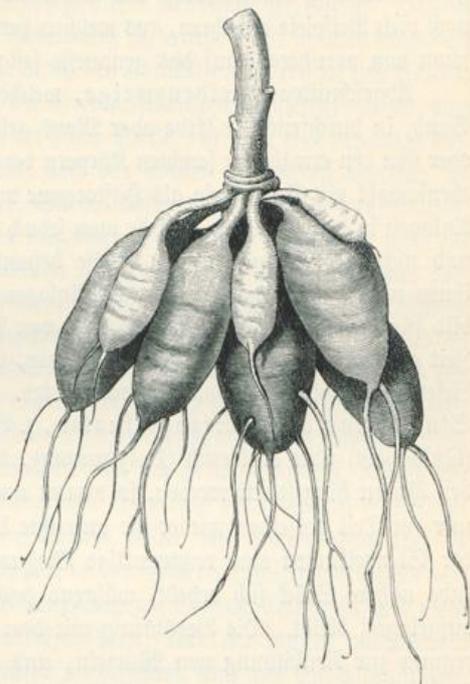
unteren Ende des Sproßes Wurzeln entstehen, die, wenn sie in größerer Zahl und dicht gedrängt beisammenstehen, einen Büschel darstellen, was dann als büschelförmige Wurzel unterschieden werden kann (vgl. Abbildung, S. 165). Dieser Fall ist bei den Monokotylen die Regel, so bei Gräsern, z. B. beim Mais, ferner bei den Palmen, Pandanazeen u. a. Aber wenn man auch den ganzen unterirdischen Teil in der Regel die Wurzel der Pflanze nennt, so ist das doch botanisch ungenau. Jede ästige Wurzel oder büschelförmige Wurzel bildet ein Wurzelsystem, und jeder einzelne Faden desselben ist eine selbständige Wurzel. In den meisten Fällen geht eine Wurzel aus einer Zellgruppe hervor, welche dem Inneren einer älteren Wurzel oder eines Stammes angehört, und ehemals glaubte man auch hierin einen Unterschied zwischen Wurzeln, Blättern und Stämmen gefunden zu haben, da die letzteren aus Zellen der Oberfläche des sie bildenden Gewebekörpers entstehen. Aber manche Wasserwurzeln, beispielsweise jene der *Ruppia* und *Zannichellia*, gehen auch aus Zellen nahe der Oberfläche des Stammes hervor, und ebenso entspringen die Wurzeln auf den Blättern des Wiesen Schaumkrautes aus den Zellen der Oberhaut und des unmittelbar unter der Oberhaut liegenden Parenchyms. Immerhin sind dies Ausnahmen, und es ist ein wichtiges Merkmal der allermeisten Wurzeln, daß sie aus inneren Geweben der sie erzeugenden Pflanzenorgane entstehen.

Von wesentlichem Einfluß auf die Gestalt der Wurzeln ist der Umstand, ob die betreffende Pflanze einjährig, zweijährig oder mehrjährig ist. Einjährige Pflanzen erzeugen in der ihnen karg zugemessenen Vegetationszeit möglichst viele Samen und statten die in den Samen steckenden und in die weite Welt wandernden Keimlinge mit der zur Begründung des neuen Haushaltes notwendigen Reservenernährung aus. Es wäre zwecklos und widerspräche der Ökonomie der Pflanze, wenn für die kurze Lebensfrist auch in der Wurzel Reservestoffe abgelagert würden; denn diese Wurzeln verdorren und sterben ab, sobald die Samen ausgestreut sind. Die Wurzeln der einjährigen Gewächse beschränken sich daher darauf, das dem Pflanzenstocke im Laufe seiner kurzen Vegetationszeit nötige Wasser und die Nährsalze zu liefern, dazu auch die entsprechende Festigung auf der Unterlage herzustellen, verschwenden aber keine Arbeit auf die Anlage von unterirdischen Nahrungsspeichern. Daher haben die einjährigen Pflanzen dünne, fadenförmige Wurzeln, die der Wasseraufnahme genügen. Ganz anders bei den zweijährigen und mehrjährigen Gewächsen. Die zweijährigen, für welche als bekannteste Beispiele die als Gemüse verwendeten verschiedenen Rüben, die gelbe oder Mohrrübe (*Daucus Carota*), die weiße Rübe (*Brassica Rapa rapacea*) und die rote Rübe (*Beta vulgaris rapacea*), aufgeführt werden mögen, entwickeln im ersten Jahre einen sehr kurzen, mit rosettig gruppierten Laubblättern besetzten Stamm und eine dicke, fleischige Pfahlwurzel von Rübenform, welche mit Nährstoffen für das folgende Jahr gefüllt wird. Wenn im zweiten Jahre die Vegetationstätigkeit wieder beginnt, so wird auf Kosten der in der verdickten Wurzel aufgespeicherten Stoffe ein aufrechter Sproß mit Laub und Blüten aufgebaut; aus den Blüten werden Früchte, und nach dem Ausreifen der in den Früchten erzeugten Samen stirbt der ganze Sproß mitsamt der ausgezogenen Wurzel ab. Bei ausdauernden Gewächsen zeigen die Wurzeln, wenn sie zur Aufnahme reichlicher Reservestoffe dienen, zwar auch häufig eine starke Verdickung; doch sind es bei diesen Pflanzen meistens die am unteren Ende des unterirdischen Stammteiles nach dem Absterben der Erstlingswurzel entspringenden büschelförmig gruppierten Seitenwurzeln, welche diese Ausbildung erfahren, wie bei der Georgine, der Fetthenne (*Sedum Telephium*) und der weiß blühenden Walderbse (*Orobus pannonicus*). Bei der knolligen Spierstaude (*Spiraea Filipendula*) und der gelben Taglilie (*Hemerocallis flava*)

werden die Wurzeln knollig aufgetrieben. Viele unserer Erdorchideen haben zweierlei Wurzeln, lange zylindrische, wurmförmige und kurze dicke, eiförmige oder handförmige, mit Reservestoffen angefüllte, welche Knollen sehr ähnlich sehen und Wurzelknollen genannt werden. Besonders reich an Gewächsen, deren Wurzeln als Speicher für Reservenernährung ausgebildet sind, ist die Mittelmeerflora und auch die Flora der Steppen, wo im Hochsommer die Lebens-tätigkeit der Pflanzen auf das äußerste beschränkt ist. Pflanzen der verschiedensten Familien (z. B. *Ranunculus neapolitanus*, *Centaurea napuligera*, *Valeriana tuberosa*, *Rumex tuberosus*, *Asphodelus albus*) bilden dort verdickte, mit Reservestoffen vollgepfropfte, büschelig gruppierte Wurzeln, welche die Trockenperiode unterirdisch ohne Nachteil überdauern und in der kommenden Vegetationszeit die Stoffe zum raschen Aufbau oberirdischer belaubter und blühender Sprosse hergeben. Eigentümlich sind diese verdickten, gebüschelten Wurzeln bei den ausdauernden, schmarotzenden Arten der Gattung *Pedicularis*. Dieselben dienen zur Aufspeicherung der Reservestoffe, zur Festigung des Stockes und zur Aufnahme von Nährstoffen, aber das letztere geschieht, wie früher (Bd. I) geschildert wurde, mit den Saugorganen, die sich mit anderen Pflanzen verbinden.

Wurzeln entstehen im allgemeinen auseinander durch Verzweigung. Aber häufig kann man auch Wurzeln an Stengeln und Stämmen, also an Sproßorganen, entstehen sehen, an deren Oberfläche sie hervorbrechen. Wenn sich Wurzeln an einem belaubten Stamme ausbilden, so fällt es auf, daß die Ursprungsstellen in der Nähe der Blätter liegen. Bei Epiphyten, zumal den auf der Borke der Bäume lebenden Aroideen und Orchideen, sieht man sie bisweilen so verteilt, daß an genau bestimmten Stellen des Stammes

immer eine einzelne Wurzel, ein Wurzelpaar oder ein Büschel von Wurzeln entspringt. Jedes Stengelglied hat an solchen Pflanzen sozusagen seine besonderen Wurzeln, ist dadurch von den benachbarten Stengelgliedern nahezu unabhängig und kann sich für den Fall, daß ein oder beide nachbarliche Stengelglieder absterben sollten, auch selbständig erhalten. Bei den auf der Erde lagernden kriechenden Stämmen, namentlich an den Ausläufern und Schößlingen, entspringen die Wurzeln immer nur an den Knoten (s. Abbildung der *Hydrocotyle vulgaris*, S. 115). Auch an den unterirdischen Stämmen, welche Rhizome genannt werden, sieht man die Wurzeln in ähnlicher Weise verteilt. Wenn die älteren Glieder dieser Ausläufer und Rhizome von hintenher absterben, so werden dadurch die nächstjüngeren nicht benachteiligt; denn sie sind schon mit eigenen Wurzeln ausgestattet, decken mit deren Hilfe ihren Bedarf an Wasser und Nährsalzen und werden durch sie auch am Boden festgehalten. Bei Zwiebeln entspringen die Wurzeln nur aus der unteren Fläche dieses unterirdischen Sproßgebildes (s. Abbildung, S. 165).



Knollenförmige Nebenwurzeln der Georgine  
(*Dahlia variabilis*).

Die an Rhizomen, Ausläufern und oberirdischen kletternden Stämmen entstehenden Wurzeln erscheinen häufig in ihrem Ursprunge genau bestimmt, und es ist ihre Lage ganz unabhängig von äußeren Einflüssen. Die Ausläufer der Erdbeerpflanze und des kriechenden Hahnenfußes (*Fragaria vesca* und *Ranunculus repens*) entwickeln ohne äußere Anregung zwei bis fünf Wurzelhöcker an den Stengelknoten, und Brombeerstämme, welche sich bogenförmig zur Erde krümmen, um dort anzuwurzeln, legen an bestimmten Stellen nahe der Spitze mehrere Wurzelhöcker an, ehe noch diese Spitzen den Boden erreicht haben. Bei vielen als Epiphyten wachsenden Aroiden und Orchideen sind die Ursprungsstellen der Wurzeln sogar symmetrisch am Umfange des Stammes verteilt wie jene der Blätter, und so ließen sich noch viele Beispiele anführen, aus welchen hervorgeht, daß die Anlage eines Teiles der Wurzeln schon von vornherein auf das genaueste festgestellt ist.

Abgeschnittene Weidenzweige, welche in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, in nassen Sand, in durchfeuchtete Erde oder Moos gesteckt werden, entwickeln dort, wo sie von Wasser oder von den erwähnten feuchten Körpern berührt werden, binnen acht Tagen Wurzeln, welche ebensowohl als Saug- wie als Haftorgane wirksam sind. Aber diese Wurzeln stecken schon als Anlagen in den Zweigen. Würde man jedoch die Zweige vom Weidenstamm nicht abgeschnitten und nicht in der angegebenen Weise behandelt haben, so wäre die Wurzelentwicklung an ihnen nicht eingetreten, trotzdem die Anlagen da sind. Solche Weidenzweige können als Vorbild für die Sprosse einer großen Zahl von Pflanzen angesehen werden, welche alle in kurzer Zeit aus dem Stamme Wurzeln entwickeln, die als Anlagen in ihnen verborgen ruhen, wenn dieser in feuchte Umgebung gebracht wird. Wenn Staudenpflanzen mit aufrechtem Stamm und dicken Stengelknoten, z. B. die verschiedenen Arten der Gattung Hohlzahn (*Galeopsis*) oder Knöterich (*Polygonum*), durch irgendeine äußere Veranlassung ganz auf den Boden hingestreckt werden, so nimmt nach einiger Zeit nicht der ganze Stamm, sondern nur ein Teil desselben wieder die aufrechte Lage an, und zwar in der Weise, daß an einem der Stengelknoten eine rechtwinklige Biegung stattfindet, und daß das dem freien Stammende nähere Stück sich erhebt, während das an die Wurzel angrenzende Stück dem Boden aufgelagert bleibt. Die Berührung mit dem Boden wirkt bei diesem letzteren Stück als Anregung zur Neubildung von Wurzeln, und es entstehen hier an dem knieförmig gebogenen Teile an den Stengelknoten reichliche Wurzeln, welche in die Erde dringen und als Saug- und Haftorgane tätig werden. Würden diese Stauden nicht auf den Boden hingestreckt, so würden sich an den Stengelknoten auch keine Wurzeln ausgebildet haben.

Auch die von den Gärtnern so vielfach ausgeführte Vermehrung der Pflanzen durch Stecklinge beruht darauf, daß Zweige von einem zur Vermehrung bestimmten Pflanzenstock abgeschnitten und in feucht gehaltenen Sand gesteckt werden, worauf sie „Wurzel schlagen“, d. h. an dem im Sand steckenden Teile des Stammes Wurzeln neu bilden. Auf die wurzel-schlagenden Blätter der Pfefferarten, der Begonien und anderer Pflanzen wirkt die Berührung mit feuchter Erde als Anregung zur Entstehung von Wurzeln, und zwar an Stellen, wo ohne diesen Kontakt eine Wurzelbildung nimmermehr eingetreten wäre. Wenn man ein Pfeffer- oder Begonienblatt in Stücke zerschneidet, diese Stücke auf feuchten Sand legt und so an die Unterlage andrückt, daß die an der unteren Seite vorspringenden Rippen vom feuchten Sand umwallt werden, so kommen aus dem Parenchym über den Rippen bald Wurzeln hervor, die nach abwärts wachsen, während sich darüber ein Gewebekörper ausbildet, der zu einem aufwärts wachsenden, von den Wurzeln mit Nahrung versorgten belaubten

Sprosse wird. Aus dem Zellgewebe an der Basis der Stiele üppiger Efeublätter, welche in nassen Sand oder in Wasser gesteckt werden, entstehen lange Wurzeln, was an unverletzten Efeublättern niemals geschieht.

Der Vorteil, welchen die Pflanzen von der Ausbildung dieser Wurzeln haben können, ist leicht einzusehen. Die abgeschnittenen Zweige der Weiden, das zerstückte Laub der Begonien, die vom Stamme getrennten Efeusprosse usf. müßten absterben, wenn sie nicht mit Wurzelanlagen ausgestattet wären oder Wurzelvegetationspunkte neu bilden könnten. So leicht aber der Vorteil, welcher mit dieser Art der Wurzelbildung verbunden ist, eingesehen werden kann, so schwierig ist es, zu erklären, wie der mechanische Anstoß zu diesen Neubildungen erfolgt. Daß die Berührung mit einem fremden Körper dabei von Bedeutung ist, wurde wohl in allen einzelnen oben aufgezählten Fällen hervorgehoben; aber wie durch den Kontakt der Oberhaut mit Wasser, mit feuchter Erde und mit lebenden Wirtspflanzen die tieferen Zellenlagen angeregt werden, eine Wurzel auszubilden oder neuzubilden, und zwar an einer Stelle, wo sonst eine derartige Bildung nicht erfolgt sein würde, ist völlig rätselhaft, und wir müssen uns damit behelfen, zu sagen, daß der Kontakt als Reiz wirkt, welcher, auf die tieferen Zellschichten fortgepflanzt, diese anregt, Wurzeln zur Rettung vor dem Tode aufzubauen. Besonders schwierig wird die Erklärung in jenen Fällen, wo sich an abgeschnittenen Pflanzenteilen Wurzeln nicht aus vorhandenen Anlagen, sondern ganz neu bilden. Es wurde eines solchen Falles schon bei früherer Gelegenheit (Bd. I, S. 74) gedacht und dort geschildert, wie sich an abgeschnittenen und an einem Faden in die Luft gehängten Sprossen verschiedener Arten des Mauerpfeffers und der Hauswurz (z. B. *Sedum reflexum* und *Sempervivum arboreum*) aus den Stammgliedern zwischen den Laubblättern, an Stellen, wo sonst keine Wurzeln entstanden sein würden, Wurzeln bilden, welche in die umgebende Luft hineinwachsen und sich so lange strecken, bis sie mit ihrer Spitze einen festen Körper erreichen. Hier kann von einem auf die Oberhaut einwirkenden Reize kaum die Rede sein; die aufgehängten Sprosse stehen zur umgebenden Luft in keiner anderen Beziehung wie damals, als sie mit dem in der Erde eingewurzelten Stocke verbunden und noch nicht abgeschnitten waren. Die Anregung zur Wurzelbildung ist hier wohl auf die Abtrennung des Sprosses vom Stocke zurückzuführen, aber wir müssen darauf verzichten, uns den Vorgang dieser Anregung mechanisch vorzustellen, und uns damit begnügen, zu konstatieren, daß sich der in die Luft gehängte lebendige Sproß durch die Ausbildung dieser Wurzeln am Leben erhalten kann.

Diese Erscheinungen, die man als Regeneration bezeichnet, sind von der normalen Wurzelbildung zweifellos sehr verschieden. Wenn eine feilsförmige Luftwurzel eines Philodendron den Boden erreicht, so bildet sie auch plötzlich Wurzeln, und das scheint eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Verhalten eines in Sand gesteckten Stecklings zu haben. Aber die Seitenwurzeln der Philodendron-Wurzel stammen wahrscheinlich von deren Hauptvegetationspunkte ab, während die Stecklingswurzeln aus Dauergewebe der verschiedensten Art entstehen, das sich dabei erst in Vegetationspunkte umwandeln muß. Diese Erscheinungen gehören nicht in das Gebiet der Ökologie, sondern der experimentellen Morphologie, und obwohl es sich um eines der interessantesten Kapitel der Biologie handelt, können wir hier darauf nicht näher eingehen.

Die den Wurzeln zukommenden Aufgaben sind: erstens das Aufsaugen und die Leitung von Wasser und im Wasser gelösten Nährstoffen und zweitens das Festhalten der ganzen Pflanze an der Unterlage. In den meisten Fällen wird diese doppelte Funktion von denselben Wurzeln übernommen. Mitunter findet aber auch eine Teilung

der Arbeit statt, so zwar, daß ein Teil der Wurzeln nur der Nahrungsaufnahme, ein anderer nur der Befestigung dient. So z. B. hat *Tecoma radicans* zweierlei Wurzeln, einmal unterirdische, welche Wasser und Nährsalze aus dem Boden aufnehmen, und dann noch die auf S. 161 abgebildeten Haftwurzeln, durch welche die lichtscheuen Sprosse an Stellen befestigt werden, wo von Aufnahme flüssiger Nahrung keine Rede sein kann. Durchschneidet man einen solchen Sproß unterhalb der Stelle, wo er mittels der Haftwurzeln an einem Felsen oder einer Mauer festgehalten wird, so vertrocknet das Stück über der Schnittstelle nach kurzer Zeit, und zwar selbst dann, wenn die Haftwurzeln und die Unterlage fortwährend benetzt und feucht erhalten werden. Auch bei anderen Pflanzen kommen Nähr- und Befestigungswurzeln nebeneinander vor.

Wie der anatomische Bau zu diesen Aufgaben paßt, ist zum Teil schon bei der Ernährung geschildert worden. Die Aufnahme des Wassers erfolgt durch die Wurzelhaare, seine Aufwärtsleitung besorgt der zentrale Gefäßbündelzylinder, der von einem dünnen oder dicken Parenchymmantel umgeben ist. Dieser anatomische Bau ist aber zugleich für die zweite Aufgabe der Wurzel, als Haftorgan zu dienen, zweckentsprechend. Die an Baumborke, Gestein oder irgendeiner anderen festen Unterlage angewachsenen Haftwurzeln, ebenso die mannigfaltig gestalteten unterirdischen Wurzeln werden auf Biegefestigkeit nicht in Anspruch genommen, und es fehlen ihnen auch alle jene mechanischen Gewebe, welche diese Festigkeit bedingen würden. Dagegen werden solche Wurzeln durch das Gewicht der von ihnen an die Unterlage gefesselten belaubten Stämme gezerrt, und insbesondere ist bei dem Hin- und Herbewegen der zugehörigen beblätterten Stämme und Äste ein starker Zug auf sie unvermeidlich. Für einen zylindrischen Körper, welcher starkem longitudinalem Zuge widerstehen soll, gibt es aber keine bessere Einrichtung als die Vereinigung der widerstandsfähigen Elemente zu einer kompakten Masse in der Achse des Zylinders. Und diese Einrichtung ist an den Haftwurzeln und unterirdischen Wurzeln auch wirklich getroffen. Die Leitbündel mitsamt dem angelagerten mechanischen Gewebe bilden in der zylinderförmigen Wurzel einen einzigen mittleren Strang. Die in der Erde eingebetteten Wurzeln sind unvermeidlich einem von der umgebenden Masse herrührenden seitlichen Druck ausgesetzt, und es muß Vorkehrung getroffen sein, daß durch diesen Druck die leitenden Gewebe in ihrer Funktion nicht gestört werden, damit die Leitung der Säfte nicht unterbrochen oder gar aufgehoben wird. Diese Vorkehrung aber ist getroffen durch die Polsterung des eben beschriebenen mittleren Stranges, durch Einhüllung desselben in einen Mantel aus Parenchymzellen. Je nach der Größe des seitlichen Druckes schwankt auch die Mächtigkeit dieser Hülle, und wenn die Wurzeln auf sehr große Druckfestigkeit in Anspruch genommen sind, so erscheinen überdies noch die Wände der Parenchymzellen entsprechend verdickt.

Bei einer ganzen Anzahl von Stauden finden wir, daß die Wurzeln trotz ihrer äußeren Form nicht alle gleich gebaut sind, daß einige mehr für den Zug mit mechanischen Geweben ausgerüstet sind und, wie oben angedeutet, der Befestigung dienen, während die anderen die Wasseraufnahme übernehmen. Solche Arbeitsteilung verbirgt sich dann in der anatomischen Struktur und kann erst durch mikroskopische Untersuchung erkannt werden.

Für das Eindringen in den Boden sind die Wurzeln an der Spitze durch eine Gewebekappe, die Wurzelhaube, geschützt (s. Abbildung, S. 42, Fig. 1, und Abbildung, S. 45, Fig. 2). Bei den Erdwurzeln dient die Wurzelhaube nur dem Schutze der zarten, in Teilung und Vermehrung begriffenen Zellen des Vegetationspunktes am wachsenden Ende. Der Druck, welchem diese in fortwährender Teilung begriffenen Zellen bei ihrem Vordringen ins Erdreich ausgesetzt sind, ist ein viel größerer als jener, welcher auf die ausgewachsenen Teile hinter der

Wurzelspitze einwirkt. Es hat das wachsende Ende der Wurzel feste Sandkörnchen und andere Erdpartikel auf die Seite zu schieben und gleich einem Erdbohrer den Raum zu schaffen, in welchem später die ausgewachsene Wurzel Platz finden soll. Die Wurzelhaube kann mit einem Schilde verglichen werden, welchen die wachsenden und dabei vordrängenden Zellen in der Richtung, wo es notwendig ist, ausbilden, und den sie stetig vor sich her schieben. Es wird dieser Schild durch das Teilungsgewebe fort und fort ergänzt und erneuert. Die an das wachsende Gewebe anschließende Hälfte der Wurzelhaube besteht aus eckigen, dicht gefügten, die äußere, dem Erdreiche zugewendete Hälfte aus abgerundeten, gelockerten Zellen. Auch sieht man an der äußeren Seite der Wurzelhaube die Zellen teilweise getrennt und abgerissen. In dem Maß, als die äußeren Zellschichten bei dem Vordringen der Wurzel im Erdreich verlegt, zerstört und abgestoßen werden, rücken von innen her immer wieder neue Zellen nach, und so findet eine fortwährende Ergänzung, eine fortwährende Reparatur der Wurzelhaube statt. Wasserwurzeln bedürfen begreiflicherweise eines solchen Schutzes an ihrer Spitze nicht; auch für die Luftwurzeln ist derselbe, wenigstens in der geschilderten Form, überflüssig, obwohl er in beiden Fällen doch häufig vorhanden ist. Auch die in Schlamm eindringenden Wurzeln haben denselben nicht nötig. Mehrere Sumpfpflanzen, darunter auch die sumpfbewohnenden Mangroven, entwickeln an ihren Wurzelenden keine Wurzelhaube. Ebenso fehlt dieselbe vollständig den Schwarzwurzelwurzeln, für welche sie beim Eindringen in das Gewebe der Wirtspflanzen nur ein Hindernis bilden würde.

### Merkwürdige Lebenserscheinungen der Wurzeln.

Die kleinen Stammgebilde, welche aus den keimenden Samen epiphytischer Orchideen hervorgehen, zeigen, entsprechend der Verschiedenheit ihres Standortes, ein sehr abweichendes Verhalten. Aus den kleinen Knöllchen der auf Baumrinde als Epiphyten gedeihenden Arten entwickeln sich zunächst haarförmige Saugzellen, welche mit der Unterlage verkleben, dann kommen Wurzeln zum Vorschein, die gleichfalls mit der Borke fest verwachsen, deren oberflächliche Zellen aber nicht imstande sind, in das Innere der Unterlage einzudringen. Die kleinen Knöllchen der sogenannten Erdorchideen, d. h. derjenigen, welche auf Wiesen und im Humus der Waldgründe ihren Standort haben, entwickeln Wurzeln, welche in den Boden hinabwachsen. Dabei ziehen sie den Stengel, mit dem sie verbunden sind, in die Tiefe hinab, und es kommt vor, daß auf diese Weise die knöllchenförmigen Stämme binnen zwei Jahren 6—10 cm unter die Stelle befördert werden, wo der Same gekeimt hatte. Mit den Keimlingen zahlreicher zwei- und mehrjähriger Gewächse, zumal solcher, deren unterirdische Wurzeln und Stämme nachträglich zu Speichern für Reservestoffe werden, z. B. den Mohrrüben und Nachtkerzen, dem Eisenhut, dem knolligen Hahnenfuß (*Daucus*, *Oenothera*, *Aconitum*, *Ranunculus bulbosus*) und vielen anderen, verhält es sich ganz ähnlich. Auch bei diesen Pflanzen wird der Stamm der Keimpflanze mehr oder weniger tief unter die Erde gezogen, und die vernarbten Ansatzpunkte der Keimblätter befinden sich dann nicht selten mehrere Zentimeter tiefer als zur Zeit des Verlassens der Samenhülle.

Auch von den später entstehenden Wurzeln haben manche die Fähigkeit, auf ihren Stamm einen Zug nach unten auszuüben. Die an den Stengelknoten von Ausläufern, beispielsweise von denen der Erdbeerpflanze, entspringenden Wurzeln ziehen diese Stengelknoten einen Zentimeter in die Erde hinein. Dasselbe gilt von den langen Wurzeln, welche aus den Stämmen der

ausdauernden Primeln hervorgehen. Wenn solche Primeln in den Klüften und Spalten senkrecht abstürzender Felswände ihren Standort haben, so wird durch dieses Hineinziehen eine



Brombeerstrauch mit einwurzelnden Zweigspitzen. (Zu S. 53 und 54.)

Erscheinung hervorgebracht, welche jeden, der sie zum ersten Male beobachtet, überrascht und als ein schwer zu lösendes Rätsel erscheint. Die dicken Stämme dieser Primeln (z. B. *Primula Auricula*, *Clusiana*, *hirsuta*) haben eine Rosette aus Laubblättern. In dem Maße, wie

die unteren Blätter dieser Rosette verdorren, wird in der Achsel eines der oberen Blätter eine neue Rosette angelegt, welche die alte im nächsten Jahr ersetzt. Wenn die Rosettenblätter auch ziemlich gedrängt übereinander stehen, so hat nichtsdestoweniger das von ihnen bekleidete Stammstück ein Längenmaß von ungefähr einem Zentimeter, und ebensolang ist auch der jährliche Zuwachs, welchen der geradlinig aufwärtswachsende Stamm erfährt. Dieser Zuwachs von zehn Jahren summiert gibt zehn Zentimeter, und man sollte erwarten, daß die Rosette des zehnten Jahres auch um zehn Zentimeter über jenen Punkt vorgeschoben sein würde, wo die Rosette des ersten Jahres stand. Merkwürdigerweise aber bleiben die Rosetten aller folgenden Jahre immer an dem gleichen Punkte, nämlich immer den felsigen Rändern der Ritze oder Kluft, angelehnt, in welcher der Stocß wurzelt. Es erklärt sich diese Erscheinung daraus, daß die von dem rosettentragenden Stamm ausgehenden Wurzeln den Stamm alljährlich um einen Zentimeter in die mit Erde und Humus gefüllte Ritze hineinziehen. Das kann aber wieder nur geschehen, wenn das hintere Ende des Stammes alljährlich um ein entsprechend großes Stück abstirbt und verwest, was auch tatsächlich der Fall ist. In Felsritzen, welche für diesen Vorgang nicht geeignet sind, gedeihen die Primeln schlecht, ihre Stämme ragen dann über die Ränder der Ritzen vor, die ganzen Stöcke verfallen einem langsamen Siechtum, kommen nicht mehr zum Blühen und gehen nach einigen Jahren zugrunde. Für die Kultur der genannten Primeln sowie mehrerer in der freien Natur in Felsritzen wachsender Pflanzen ist die Kenntnis dieser Wachstumsweise insofern von Interesse, weil sich daraus naturgemäß die Vorsicht ergibt, die Stöcke so zu pflanzen, daß die Stämme alljährlich um ein bestimmtes Stück von den Wurzeln in die Erde gezogen werden können.

Auf ganz seltsame Weise werden die Stammenden mehrerer Brombeerarten unter die Erde gezogen. Eine dieser Arten, *Rubus bifrons*, ist in der Abbildung auf S. 52 dargestellt, und zwar sind in dieser Abbildung die Wurzeln und die durch sie in das Erdreich gezogenen Stammspitzen dadurch sichtbar gemacht, daß im Vordergrund die Erde wie durch Spatenstiche abgehoben erscheint. *Rubus bifrons* entwickelt alljährlich kräftige fünfkantige, mit rückwärts gerichteten Stacheln besetzte Schößlinge, welche anfänglich kerzengerade in die Höhe wachsen, gegen den Herbst zu aber weite Bogen bilden, was zur Folge hat, daß ihre Spitzen sich dem Erdreiche nähern. Noch bevor diese den Erdboden erreicht haben, entstehen an den Stammkanten, nahe an der Basis kleiner schuppenförmiger Blätter, Höcker als erste Anlagen von Wurzeln. Hat die Stammspitze den Boden erreicht, so verlängern sich die mit der Erde in Berührung gekommenen Höcker zu wirklichen Wurzeln, und diese bringen in das Erdreich ein. Sie verlängern sich sehr rasch, es bilden sich auch zahlreiche Seitenwurzeln an ihnen, und in kurzer Zeit ist ein umfangreiches unterirdisches Wurzelsystem hergestellt. Aber auch die Stammspitze, welche den Ausgangspunkt für dieses Wurzelwerk bildet, und die jetzt auffallend verdickt erscheint, ist unter die Erde gekommen. Dieselbe wurde durch die Wurzeln in die Tiefe gezogen und bleibt nun hier in der Erde eingebettet. Im darauffolgenden Frühling, bisweilen schon in demselben Herbst, in welchem die Einwurzelung erfolgte, wächst diese Stammspitze, ernährt von ihren Wurzeln, zu einem Sproß aus, der wieder über der Erde erscheint. Der alte Stamm aber, der sich bogenförmig zur Erde niedergebeugt hatte, und dessen Spitze durch die Wurzeln in die Erde hineingezogen wurde, stirbt früher oder später ab, und so ist aus der Stammspitze ein neuer selbständiger Stocß geworden.

Daß das Hineinziehen des Stammes in die Erde durch die Wurzeln vermittelt wird, ist in allen Fällen sicher nachgewiesen. Die Wurzeln verkürzen sich nach beendigtem

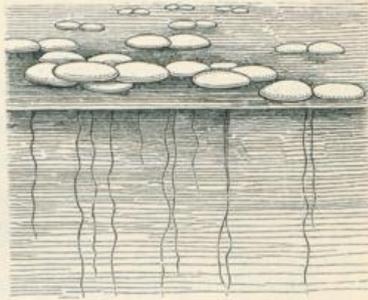
Längenwachstum, in einigen Fällen nur um 2—3, in anderen Fällen aber um 20—30 Prozent, also um nahezu den dritten Teil ihrer Länge. Das noch nicht ausgewachsene Wurzelstück ist oberhalb seiner dem Erdmittelpunkte zuwachsenden Spitze mit haarförmigen Saugzellen ausgerüstet, und diese sind mit der umgebenden Erde verwachsen. Dadurch aber ist ein Widerstand gegeben, welchen das sich zusammenziehende Wurzelstück nicht überwinden kann. Daneben findet in dem wachsenden Wurzelende eine Verlängerung der Zellen, eine Streckung des Gewebes statt, und das Wurzelende bringt trotz des von obenher wirkenden Zuges in die Tiefe vor. Nach dieser Richtung hat also der Zug keinen Erfolg. Anders verhält es sich mit dem Zuge, welchen das sich verkürzende ausgewachsene Wurzelstück nach oben auf den Stamm ausübt. Hier ist kein Widerstand, der nicht leicht überwunden werden könnte, und so wird denn auch der Stamm ein Stück in die Erde hineingezogen.

Dieses merkwürdige Hineinziehen kommt selbstverständlich nur an Pflanzen vor, deren Wurzeln lotrecht in das Erdreich hinabwachsen, und wird, wie schon bemerkt, am auffallendsten bei jenen Arten beobachtet, welche in ihren unterirdischen Stämmen und Wurzeln Reservestoffe aufspeichern. Wurzeln, welche flach unter der Oberfläche des Bodens hinlaufen, sind nicht geeignet, den Stamm in der angegebenen Weise zu beeinflussen. Im Gegenteil, unter gewissen Umständen vermögen sie eine Hebung des Stammes zu bewirken. Das gilt insbesondere von Bäumen mit mächtigen verholzenden Wurzeln, beispielsweise von Fichten und Kiefern, Eichen und Kastanien, und erklärt sich auf folgende sehr einfache Weise. Die erste mit ihrer Spitze senkrecht in die Erde hinabwachsende Keimwurzel stirbt bei diesen Baumarten schon früh ab oder bleibt doch in ihrer Entwicklung, zumal in ihrer Längenausdehnung, sehr zurück, und es entwickeln sich aus ihr oder aus dem untersten Teile des aufrechten Sprosses viel kräftigere Wurzeln, welche in horizontaler Richtung unter der Oberfläche des Bodens verlaufen. Meistens strahlen diese nach allen Richtungen aus und bilden einen förmlichen Quirl an der Basis des aufrechten Stammes, wie man sehr deutlich an den durch einen verheerenden Sturm entwurzelten Fichtenbäumen sehen kann. Diese flach unter der Oberfläche verlaufenden Wurzeln haben anfänglich nur geringe Dicke, ihr Umfang nimmt aber mit den Jahren zu, und man erkennt an ihnen die aufeinanderfolgenden Holzschichten als „Jahresringe“ ganz ähnlich wie am Stamm. Natürlich sind die unterirdischen Wurzeln druckfest gebaut und widerstehen nicht nur dem vom umgebenden Erdreich ausgehenden Druck, sondern üben bei ihrem Dickenwachstum selbst einen erheblichen Druck auf die Umgebung aus. Infolgedessen wird unterhalb der zylindrischen, horizontal wachsenden Wurzel die Erde zusammengedrückt, oberhalb derselben aber gehoben und aufgebrochen. Allmählich wird die holzige dicke Wurzel oberflächlich sichtbar und ist an der oberen Seite von Erde ganz entblößt. Die Achse der horizontalen Wurzel nimmt nicht mehr jene Lage ein wie in früheren Jahren. Damals war die Wurzel nur einige Millimeter dick, jetzt hat sie den Durchmesser von 20—30 cm erreicht, und die Wurzelachse ist ungefähr um den halben Wurzeldurchmesser, das ist 10—15 cm, in die Höhe gerückt. Um ebensoviele wird aber auch der aufrechte Stamm, welcher in der oben beschriebenen Weise mit horizontalen Wurzeln in fester Verbindung ist, gehoben. So erklärt sich das eigentümliche Bild, das man in unseren Wäldern so häufig beobachtet: das Bild mächtiger Baumstämme, von deren Basis dicke holzige Wurzeln entspringen, welche an ihrer oberen Seite von Erde entblößt sind und halb oberirdisch in schlängelförmigen Windungen im Waldgrunde verlaufen.

Noch auffallender als bei unseren einheimischen Bäumen ist die Hebung der Stämme

durch die Wurzeln bei den tropischen Mangroven, deren erste Entwicklungsstadien auf S. 39 geschildert wurden. Nachdem der Keim vom Baume herabgefallen ist und sich in den Schlamm eingehohrt hat, erheben sich an seinem Umfange im unteren Drittel Höcker, welche zu schräg abwärts gerichteten Wurzeln auswachsen. Schon nach wenigen Monaten ist infolge der Verlängerung dieser Wurzeln der im Schlammboden eingehohrte Stamm der Pflanze über das nasse Erdreich etwas emporgehoben und erscheint jetzt wie auf Stelzen gestellt (vgl. S. 41 und die Abbildungen, S. 40 und 66).

In der Regel stecken die Wurzeln der Pflanzen im festen Erdboden. Man nennt sie daher auch Erdwurzeln. Es dürfte anzunehmen sein, daß die Wurzeln von 70 Proz. aller Samenpflanzen Erdwurzeln sind. Als Wasserwurzeln kann man dagegen die im Wasser entstehenden Wurzeln der Wasserpflanzen bezeichnen, da sie manche Eigentümlichkeiten besitzen, die mit der Umgebung zusammenhängen. Wurzeln der schwimmenden Wasserpflanzen sind in der Regel sehr zart gebaut, denn ein großes Gewicht derselben würde der Pflanze das Schwimmen ihrer Stengel und Blattorgane erschweren; nur diejenigen Wasserpflanzen, die im Boden der Gewässer festgewurzelt sind und nur mit ihren Blattsprossen gegen die Oberfläche wachsen, haben kräftige Wurzeln. Die Wasserwurzeln haben ein größeres Bedürfnis nach Durchlüftung als die Erdwurzeln, da die Luft leichter in den trockenen Boden eindringt; daher haben Wasserwurzeln ein ausgebildetes System von Luftgängen (Interzellularräumen). Wasserwurzeln entspringen seitlich an schwimmenden Stämmen, und zwar meistens gebüschelt, seltener einzeln, und sind schwach schraubenförmig gewunden. Sie werden sowohl von den Stämmen, deren Laubblätter der Wasseroberfläche aufliegen, als auch von den auf dem Wasserpiegel schwimmenden laublosen, in grüne Phyllocladien umgewandelten Stämmen (z. B. bei *Lemna polyrrhiza*, *gibba*, *minor*) ausgebildet. Bei diesen Pflanzen ist die Spitze der Wurzeln von Wasser umflutet. Gelangen sie beim Sinken des Wasserstandes auf den schlammigen Untergrund, so dringen sie dort nicht in die Tiefe ein und verwachsen auch nicht mit den Erdpartikeln des Schlammes. Die Sumpfpflanzen bohren sich dagegen mit den zuerst entwickelten Wurzeln am Grunde der von ihnen bewohnten Tümpel, Teiche und Seen in den Schlamm ein, während sie die späteren, von höheren Stengelgliedern ausgehenden Wurzeln im Wasser flottieren lassen. Die aus dem Samen hervorgegangene Erstlingswurzel der Wasserfchere (*Stratiotes aloides*) wächst in den Schlamm hinein; nach dem Absterben derselben erhebt sich der ganze Pflanzenstock bis zum Wasserpiegel, erhält sich schwebend und entwickelt aus seinem beblätterten kurzen Stamme schwimmende Wurzeln; später sinken die Stöcke wieder in die Tiefe, und dann werden die schwimmenden Wurzeln wieder zu Erdwurzeln. Umgekehrt kommt es häufig vor, daß Erdwurzeln zu Wasserwurzeln werden. An Erlen, Weiden und Rüstern, welche am Ufer der Bäche wachsen, sieht man oft genug umfangreiche Wurzelgeslechte, welche über die Erde der Uferböschung hinausgewachsen sind und im Wasser flottieren; ja, merkwürdigerweise zeigen manche Erdwurzeln, wenn sie in fließendes Wasser kommen, dort ein weit üppigeres Wachstum als in der Erde, und es ist bekannt, daß die Wurzeln der obengenannten Bäume, wenn sie in Wasserleitungsröhren gelangen, sich zu so bedeutender Länge entwickeln, daß in kurzer Zeit die Röhren



Wasserlinse (*Lemna minor*). Etwas vergrößert.

ganz verstopft sind und der Wasserzufluß unterbrochen wird. Die aus solchen Röhren herausgezogenen Wurzelgeflechte haben die Form langer Haarzöpfe und sind unter dem Namen Wurzelzöpfe bekannt. Hyazinthen und viele andere Zwiebelgewächse, ja selbst verschiedene Laubhölzer, wie z. B. Ahorne und Kastanien, deren Wurzeln für gewöhnlich in der Erde wachsen, können auch mit bestem Erfolge großgezogen werden, wenn man ihre Wurzeln im Wasser sich entwickeln läßt, vorausgesetzt, daß dieses Wasser das richtige Maß der nötigen Nährsalze enthält.

Bau, Entwicklung und Tätigkeit der Wurzeln sind mit der oben gegebenen Darstellung nur so weit ins rechte Licht gesetzt, als sie sich auf die beiden Haupttätigkeiten jeder Wurzel, die Wasseraufnahme und die Befestigung, bezogen. Aber es wurde schon früher hervorgehoben, daß die Lebensaufgaben der Pflanzen sich mehren, verwickelter werden und ganz neue Anforderungen an die Organe stellen. Die Pflanze hat nicht die Fähigkeit, für jede neue, ihr von den äußeren Umständen aufgezwungene Arbeit eine ganz neue Art von Organen zu erzeugen. Sie bleibt insofern unvollkommen, als sie nur immer Blattprossen und Wurzeln zu bauen versteht. Sie muß also mit diesen Organen auch das Neue bewältigen, und da der Bau ihrer Grundorgane oft gar nicht zu den neuen Aufgaben paßt, müssen diese in der mannigfachsten und weitgehendsten Weise umgestaltet (metamorphosiert) werden. Man nennt diese Fähigkeit, die Organe durch Umwandlung der Gestalt einer neuen Funktion anzupassen, wie schon im Eingange gesagt wurde, *Metamorphose*, und bezeichnet die neuen Formen mit demselben Namen.

### Wurzelmetamorphosen.

Nachdem eine genügende Kenntnis der einfachen und verbreitetsten Wurzelformen erworben ist, können nun einige Wurzelmetamorphosen betrachtet werden. Eine Reihe solcher Wurzelmetamorphosen dringt weder in einen festen Boden noch in Wasser ein, sondern entwickelt sich frei an der Luft aus den Stämmen der Pflanzen. Im Gegensatz zu den vorher behandelten Erd- und Wasserwurzeln nennt man sie daher allgemein *Luftwurzeln*.

Die Luftwurzeln finden sich am Umfang aufrechter Stämme von Baumfarren und in großer Mannigfaltigkeit an den Stämmen der Epiphyten, zumal der Aroideen, Bromeliazeeen und Orchideen. Bei den Baumfarren, namentlich den Todea- und Alsophila-Arten, sind die Luftwurzeln sehr kurz, aber so zahlreich und so dicht gestellt, daß sie zusammen einen förmlichen Pelz um den Stamm bilden. Auch bei den auf der Borke alter Bäume wachsenden Orchideen entspringen die Luftwurzeln häufig in großer Zahl dicht nebeneinander, sind verlängert, fadenförmig und bilden förmliche Mähnen, wie z. B. an dem in Band I, S. 160, abgebildeten *Oncidium*. Bei anderen Orchideen dagegen sind sie vereinzelt und dann gewöhnlich viel dicker, ziemlich starr, wellenförmig hin und her gebogen oder schraubig gewunden, wie das beispielsweise an dem in Band I, S. 341, abgebildeten *Sarcanthus rostratus* zu sehen ist. Bei vielen Orchideen und Aroideen erscheinen sie mit großer Regelmäßigkeit einzeln oder paarweise gegenüber der Ursprungsstelle der Blätter am Stamm. Alle diese Luftwurzeln sind ebenso wie die gewöhnlichen Wurzeln zur Aufnahme von Wasser und wässrigen Lösungen der Nährstoffe vortrefflich geeignet.

Von diesen zur Auffaugung des Wassers noch geeigneten Luftwurzeln sind jene verschieden, die zwar auch an oberirdischen Stämmen entspringen und zum größeren Teile von Luft umgeben sind, welchen aber die Fähigkeit abgeht, den Wasserdampf der sie umgebenden Luft zu

verdichten und atmosphärisches Wasser aufzunehmen, die vielmehr bis zur Erde hinabwachsen und dort eindringen, um das zu erhalten, was sie an Wasser und Nährsalzen bedürfen. Man beobachtet solche Wurzeln besonders bei Kletterpflanzen, deren älteste unterste Stammglieder abgestorben sind, und welche dann mit der Erde nicht mehr in direkter Verbindung stehen, deren große Laubblätter aber eine viel größere Menge von Wasser nötig haben, als die feuchte Oberfläche der zur Stütze dienenden Baumstämme liefern kann. Die in Band I auf der Tafel bei S. 198 abgebildeten großblättrigen Aroideen mit feilsförmigen, 4—6 m langen, sich zur Erde senkenden Wurzeln können als Vorbild für diese Form angesehen werden. Von den beschreibenden Botanikern werden solche Formen zwar Luftwurzeln genannt; wer aber an der oben gegebenen Unterscheidung festhält, wird solche Wurzeln richtiger als eigentümlich modifizierte Erdwurzeln anzusehen haben. Da übrigens wiederholt beobachtet worden ist, daß die Luftwurzeln einiger Orchideen, namentlich jene der Gattung *Vanda*, wenn sie mit der Erde in Berührung kommen, in diese eindringen und den Bau von Erdwurzeln annehmen, so ist auch die Grenze zwischen Luft- und Erdwurzeln verwischt, und es ergibt sich, daß, wie auch sonst, alle diese Einteilungen nur künstlich sind.

Die Scharoggerwurzeln sind in ihrem Bau und ihrer Tätigkeit von diesen gewöhnlichen Wurzeln ganz verschieden, sie dringen in das lebendige Gewebe von Wirtspflanzen ein und saugen aus diesem die Stoffe, deren sie selbst sowie der ihnen zum Ausgangspunkte dienende Stamm zum weiteren Aufbau bedürfen. Sie werden auch Haustorien genannt und sind entweder von warzen-, scheiben- oder fuchsenförmiger Gestalt oder bilden sogenannte Senker, erinnern bisweilen auch an die Gestalt eines Hyphengeflechtes. Bald entspringen sie seitlich an einem oberirdischen, bald an einem unterirdischen Stamme. Häufig gehen sie auch als seitliche Glieder aus unterirdischen Wurzeln hervor. Ihr Aufbau und ihre verschiedenen Gestalten sind in Band I, S. 343 ff., ausführlich geschildert worden.

Aber mit diesen Einteilungen ist noch lange kein Bild von der Mannigfaltigkeit der Wurzelformen gegeben. Die Funktion kurzer Luftwurzeln ist meist die von Haftwurzeln oder Klammerwurzeln, durch welche oberirdische Stämme mit irgendeiner Stütze fest verbunden werden, also beispielsweise die kurzen Kletterwurzeln des Efeus und der *Tecoma radicans*, die vielfach verästelten, das Gestein und die Baumborke mit einem förmlichen Netz überziehenden und mit der Unterlage verklebenden Wurzeln zahlreicher Arten der Gattungen *Bignonia* und *Cereus*, die bandsförmigen, mit der Rinde der Bäume verwachsenden Wurzeln gewisser tropischer Orchideen, namentlich der in Band I, S. 340, beschriebenen *Phalaenopsis Schilleriana*, und endlich die gurtenförmigen Wurzeln des auf S. 59 abgebildeten *Ficus*. Solche Wurzeln haben dann oft die Tätigkeit der Wasseraufnahme ganz aufgegeben.

Die Klammerwurzeln benugen als Stütze die Stämme alter Bäume, steile Felswände und in der Kultur häufig auch Mauern und Holzplanken. Alle kletternden Stämme haben zweierlei Wurzeln: Saugwurzeln, mittels welchen sie Wasser aufnehmen, und Kletterwurzeln, welche zur Anheftung an die Stütze dienen. In den meisten Fällen sind die Funktionen dieser zweierlei Wurzeln streng gesondert, so daß ein kletternder Stamm, wenn er auch mit tausend Kletterwurzeln einem Felsen oder der Borke eines Baumes angeheftet ist, doch alsbald verdorrt und abstirbt, wenn man ihn oberhalb seiner Saugwurzeln durchschneidet. In einigen Fällen dagegen übernehmen die Kletterwurzeln zugleich die Rolle von Saugwurzeln, was freilich voraussetzt, daß die Unterlage, welcher sie anhaften, der Pflanze auch die nötige Nahrung zu bieten imstande ist.

Zimmer kommen die Warzen und Wülste, welche die ersten Anfänge der Kletterwurzeln bilden, an der vom Lichte abgewendeten Seite des Stammes zum Vorschein. So ist auch die Richtung, welche sie bei ihrem Wachstume einhalten, stets vom Lichte abgewendet und gegen die dunkle Hinterwand gerichtet oder aber von den grünen Laubblättern dicht beschattet (s. Abbildung, Bd. I, S. 164). Wenn man die Klammerwurzeln, welche sich an der auf S. 161 abgebildeten *Tecoma radicans* an den dunkelsten Stellen unter einem vorspringenden Gefüß entwickelt haben, mit jenen vergleicht, welche weiter unterhalb an weniger beschatteten Stellen ausgebildet wurden, so ergibt sich, daß erstere stets viel üppiger und länger sind als die letzteren. Wird durch irgendeinen Zufall ein Trieb, welcher bereits Kletterwurzeln zu entwickeln begonnen hat, aus seiner Lage gebracht und seine frühere Schattenseite dem Licht ausgesetzt, so dreht sich derselbe manchmal, bis seine mit den Anfängen der Luftwurzeln besetzte Seite wieder vom Lichte abgewendet ist. Sollten sich dieser Drehung Hindernisse in den Weg stellen, so bleiben die jungen Kletterwurzeln in ihrer Entwicklung zurück, wachsen nicht weiter, sondern welken und vertrocknen. Es können dagegen auf der jetzt beschatteten Seite neue Wurzeln entstehen.

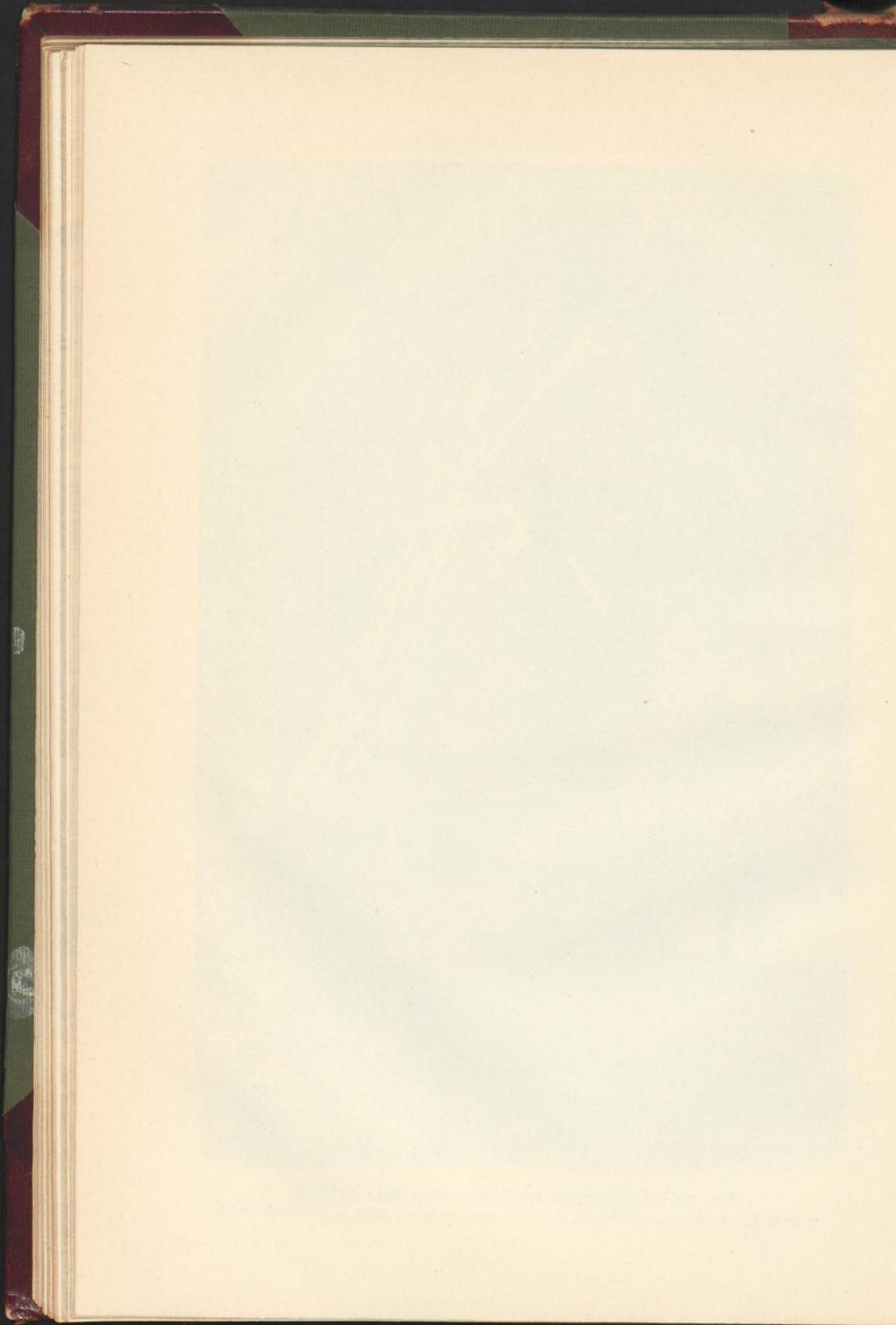
Sobald die schattenseitig am Stamme entsprungenen Kletterwurzeln mit einer dahinterstehenden Unterlage in Berührung kommen, wird dadurch ihr Wachstum auffallend gefördert und in kürzester Zeit eine feste Verbindung mit dem berührten Substrat hergestellt. Nicht nur, daß die Würzelchen in alle Spalten der Unterlage hineinwachsen und sich den gröberen Unebenheiten auf das genaueste anpassen, auch jede einzelne Oberhautzelle der wachsenden Würzelchen zeigt ein ähnliches Verhalten, schmiegt sich den kleinsten Erhabenheiten und Vertiefungen an und breitet sich an den ganz glatten, ebenen Stellen wie eine plastische Masse aus. Sind die Oberhautzellen schlauchförmig ausgestülpt und als sogenannte Wurzelhaare ausgebildet, so drängen sie sich in die kleinsten Ritzen der Unterlage ein, breiten sich auch fußförmig aus oder gleichen mitunter einer Hand, deren Fläche und deren gespreizte Finger dem Boden aufgestemmt werden. Ähnlich den in Band I, S. 71, gezeichneten Saugzellen verkleben auch diese Oberhautzellen der Kletterwurzeln mit der Stütze, der sie sich angelegt haben, und die Verbindung ist eine so innige, daß bei Anwendung eines kräftigen Zuges viel eher die Würzelchen an ihrer Basis abreißen, als daß eine Trennung an der Verwachsungsstelle stattfinden würde.

Die Klammerwurzeln haben verschiedene Formen. Die einfachsten sind fadenförmig kurz, wie beim Efeu. Mit zunehmendem Alter und zunehmender Dicke des verholzenden Stammes vermehren sich dieselben durch Nachschübe. Mitunter sind sie paarweise zusammengewachsen und besäumen den der Unterlage angeschmiegtten Stamm mit unregelmäßigen, aber dichten Reihen. An älteren Stämmen sind die Kletterwurzeln größtenteils vertrocknet, und die, welche mit der Unterlage nicht verwachsen konnten, stehen dann nach verschiedenen Seiten ab und bilden häufig struppige Bärte, durch welche der Stamm ein gar wunderliches Ansehen erhält. Als Beispiel für diese Gruppe mag der auf der beigehefteten Tafel „Efeu, mit Kletterwurzeln am Stamm einer Eiche befestigt“ dargestellte Efeu (*Hedera Helix*) vorgeführt sein.

Ganz anders sehen die Klammerwurzeln der zur Überkleidung von Mauern in Gärten häufig gezogenen, aus den Südstaaten der Union stammenden *Tecoma radicans* aus. Die Kletterwurzeln sind hier streng lokalisiert. An jedem Gliede der noch im kräftigsten Wachstume befindlichen lichtscheuen Triebe wird die Oberhaut des grünen Stammes unterhalb der Basis der Blattpaare von zwei blaßgelblichen,  $\frac{1}{2}$ —1 cm langen Wülsten durchbrochen. An jedem dieser Wülste bemerkt man vier parallele Längsreihen von Warzen, welche nach vollständiger Durchbrechung der Oberhaut in ebenso viele Reihen von übereinanderliegenden, 1—5 cm



Efeu, mit Kletterwurzeln am Stamm einer Eiche befestigt,  
unten die Form der Blätter am Kletterproß, oben rechts deren abweichende Gestalt am Blütenproß zeigend.



10

11

Faint, illegible text or markings at the bottom of the page, possibly bleed-through from the reverse side.





Ficus mit gürtenförmigen Kletterwurzeln, aus dem Darbshilling im Sikkim-Himalaja. (Nach einer Photographie.)  
(Zu S. 60.)

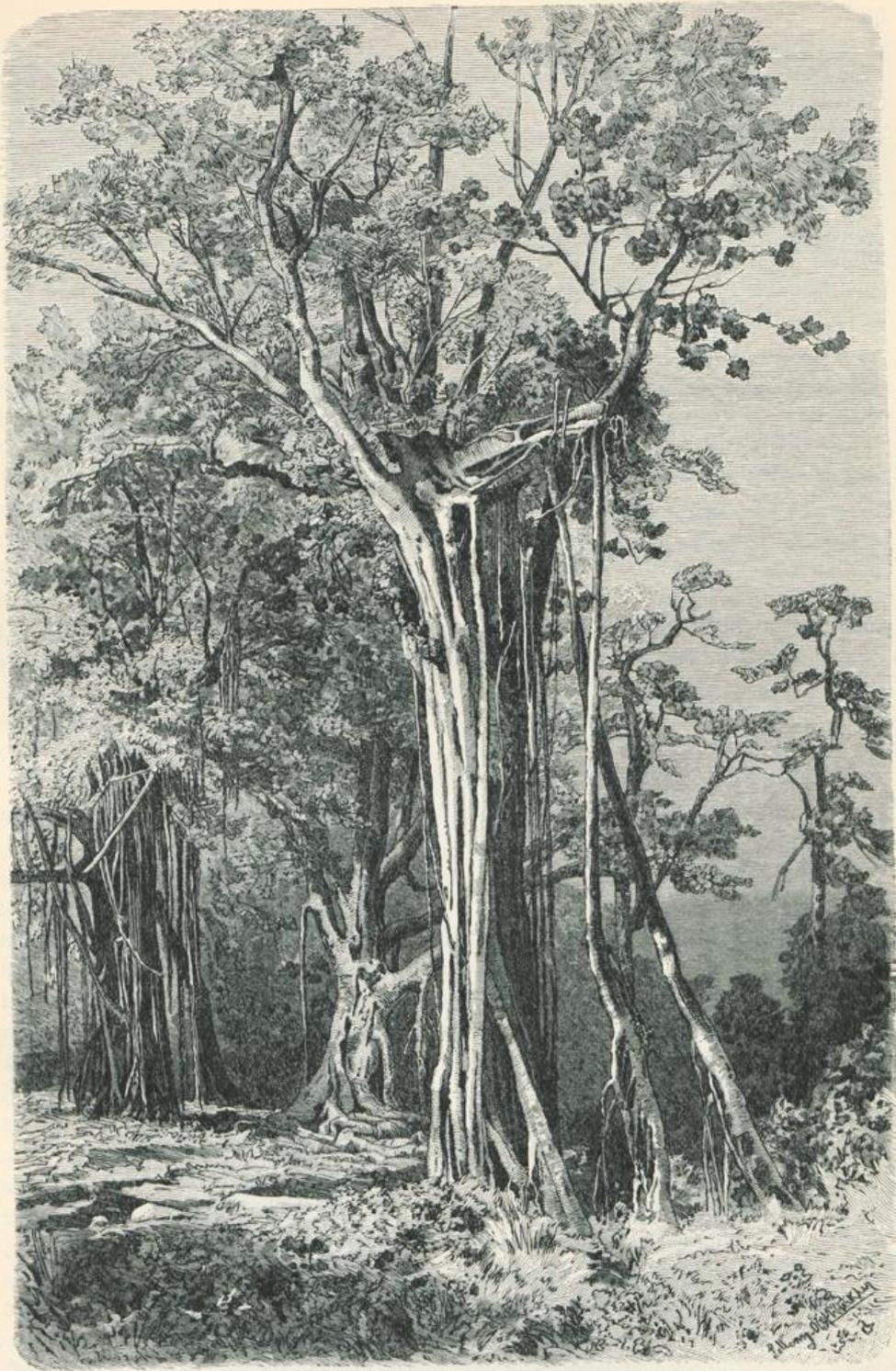
langen unverästelten oder kurzästigen, fransenförmigen Fasern auswachsen (s. Abbildung, S. 161). Die Oberhautzellen jener Fransen, welche mit einer festen Unterlage in Berührung

kommen, verlängern sich und gestalten sich zu Wurzelhaaren oder zu Papillen und Schläuchen aus, welche in kürzester Zeit der Unterlage anfleben, dann aber sich bräunen und absterben, also gewiß nicht als Saugzellen tätig sind.

Wieder eine andere Gestalt zeigen die Kletterwurzeln, welche der berühmte, unter dem Namen „Königin der Nacht“ bekannte *Cereus nycticalus*, mehrere tropische Bignoniaceen, Aroideen und Sikazeen haben, und für welche als Beispiele *Pothos celatocaulis* (s. Abbildung, Bd. I, S. 164) und *Ficus scandens* (s. Abbildung, Bd. I, S. 149) dienen können. Bei diesen Pflanzen erheben sich die Klammerwurzeln büschelweise im Schatten der grünen Blätter, sind fadenförmig und in spreizende Ästchen aufgelöst, kleben mit Wurzelhaaren an und verbinden dadurch die biegsamen Stämme mit der Unterlage. Dicht neben ihnen entstehen aus dem inzwischen dicker gewordenen Stamme viel kräftigere Wurzeln, welche an den Wänden wie Schnüre herablaufen, sich vielfach verzweigen und kreuzen, förmliche Netze bilden und oft mehrere Meter lang werden. Diese letzteren Wurzeln tragen zur Befestigung des Stammes an der stützenden Wand nicht viel bei, sondern sind Saugwurzeln, welche das an der Borke der Bäume und an den Felswänden kondensierte oder dort herabsickernde und an Nährstoffen angereicherte Wasser aufnehmen.

Als vierte Form der Kletterwurzeln kann jene betrachtet werden, welche die Stämme der in der Bergregion des Himalaja heimischen Arten der Gattung *Wigthia* und mehrere ebendort verbreitete *Ficus*-Arten aufweisen. Das Anheften der jungen Triebe erfolgt hier, ähnlich wie bei der früher besprochenen Form, durch feine verästelte, aber nicht besonders verlängerte und alsbald verdorrnde Würzelchen. Wenn aber der kletternde Stamm einigermaßen erstarrt ist, so gehen aus ihm viel kräftigere Wurzeln hervor, welche sich wie Klammern um den zur Stütze dienenden Baumstamm herumlegen und denselben förmlich umgürten. Diese gurtenförmigen Kletterwurzeln verwachsen nicht selten an der Stelle, wo sie aufeinander treffen, nehmen an Umfang zu und erreichen manchmal die Dicke eines menschlichen Armes. Die auf S. 59 stehende Abbildung zeigt solche Stämme, welche an die astlosen Stämme hoher Bäume wie angebunden erscheinen, und die sich erst oberhalb ihrer gurtenförmigen Kletterwurzeln von der Unterlage etwas abbiegen, verästeln und reichbelaubte Zweige entwickeln.

Audere tropische Feigenarten, welche als Repräsentanten einer fünften Gruppe gelten können, zeigen die Eigentümlichkeit, daß die der Unterlage angeschmiegtten Kletterwurzeln sich verflachen und wie eine teigartige, plastische Masse sich ausbreiten, daß dann die bei der Ausbreitung zusammenstoßenden Wurzeln miteinander verschmelzen und unregelmäßige Gitter, mantelförmige, nur hier und da durch Lücken unterbrochene Flechtwerke bilden, welche dem stützenden Stamm auflagern und ihm fest angeschmiegt und angefettet sind, ohne aber mit ihm zu verwachsen und Nahrung aus ihm zu beziehen. Häufig ist nicht der Stamm, sondern die Äste des zur Stütze dienenden Baumes mit den verflachenden Klammerwurzeln des kletternden *Ficus* verbunden, und manchmal senkt der letztere auch noch Luftwurzeln zur Erde herab, welche sich wie Säulen und Pfeiler ausnehmen, während die über den Klammerwurzeln sich erhebenden belaubten Äste mit den Ästen des stützenden Baumes sich kreuzen und verwirren, so daß man beim ersten Anblick oft kaum zu unterscheiden weiß, was der stützende und was der kletternden Pflanze angehört. Die Abbildung auf S. 61, die getreue Wiedergabe einer von Selleny auf Kondul, einer kleinen nikobariischen Insel, ausgeführten Zeichnung, zeigt einen dieser merkwürdigen Kletterer mit verflachenden, die Stütze inkrustierenden Wurzeln, nämlich *Ficus Benjamina* auf einem stützenden Myrtazeenbaume, welcher aber unter der Last seines Bedrückers sichtlich leidet und bereits im Absterben begriffen ist.



Ficus Benjamina mit intrustierenden Kletterwurzeln. (Nach der Natur von Seiffenz.) Zu S. 60.

Diese Gewächse sind gleichwie die strangulierenden, in Band I, S. 337, besprochenen und abgebildeten Schlingstämme in den Tropen unter dem Namen Baumwürger bekannt. Wenn sie ihre Stütze auch nicht ausfaugen, wie man früher geglaubt hat, so sind sie doch für dieselbe nicht gleichgültig. Sie können ihre lebendige Stütze vollständig ersticken und töten. Der unwachsende Baum vermodert, und sein Holz zerfällt; vielleicht tragen auch Termiten das ihrige bei, um den Rest des abgestorbenen Stammes zu entfernen; der kletternde Stamm mit seinen Klammerwurzeln aber bleibt lebendig, er hat sich mit den pfeilerförmigen Luftwurzeln inzwischen eine genügende Stütze aus eigenen Mitteln geschaffen und ist durch sie vor dem Umfallen gesichert. Mit Verwunderung erblickt man dann diese sonderbar verkrümmten und durchlöcherten, mitunter als förmliche Röhren ausgebildeten Gestelle der Klammerwurzeln, über welche sich belaubte Zweige erheben. Stirbt endlich auch diese ihrer ursprünglichen Stütze längft beraubte kletternde Pflanze ab, so bleichen ihre Wurzeln und Stammgebilde, und es heben sich ihre seltsamen Formen, in welchen, um mit Martius zu sprechen, „die erregte Phantasie abenteuerliche Gespenster und riesenhafte gefräßige Ungeheuer zu erkennen vermeint“, unheimlich vom dunkeln Hintergrunde des tropischen Urwaldes ab. Wer die Entwicklung anderer tropischer Feigenarten nicht kennt, glaubt, deren alte aufrechtstehende Stämme, wie sie auf der beigehefteten Tafel abgebildet sind, seien dort an Ort und Stelle aufgekeimt und hätten das Netz von Luftwurzeln nachträglich aus ihrem Stamme nach abwärts gesendet. Aber diese Wurzeln wurden schon in einem jüngeren Lebensstadium des Feigenbaumes gebildet, als sein junger Stamm noch auf einem Felsblock oder auch einer anderen Pflanze der festen Stütze bedurfte. Darum umflammerte er mit seinem aus der Stammbasis hervortretenden Wurzelgeflecht die lebendige oder tote Unterlage, und dieses Wurzelgerüst gibt nun der inzwischen mächtig entwickelten Stammbasis ein seltsames Aussehen. Die Bildung neuer Wurzeln wird nun aber, wie die Abbildung zeigt, von den alten Ästen fortgesetzt.

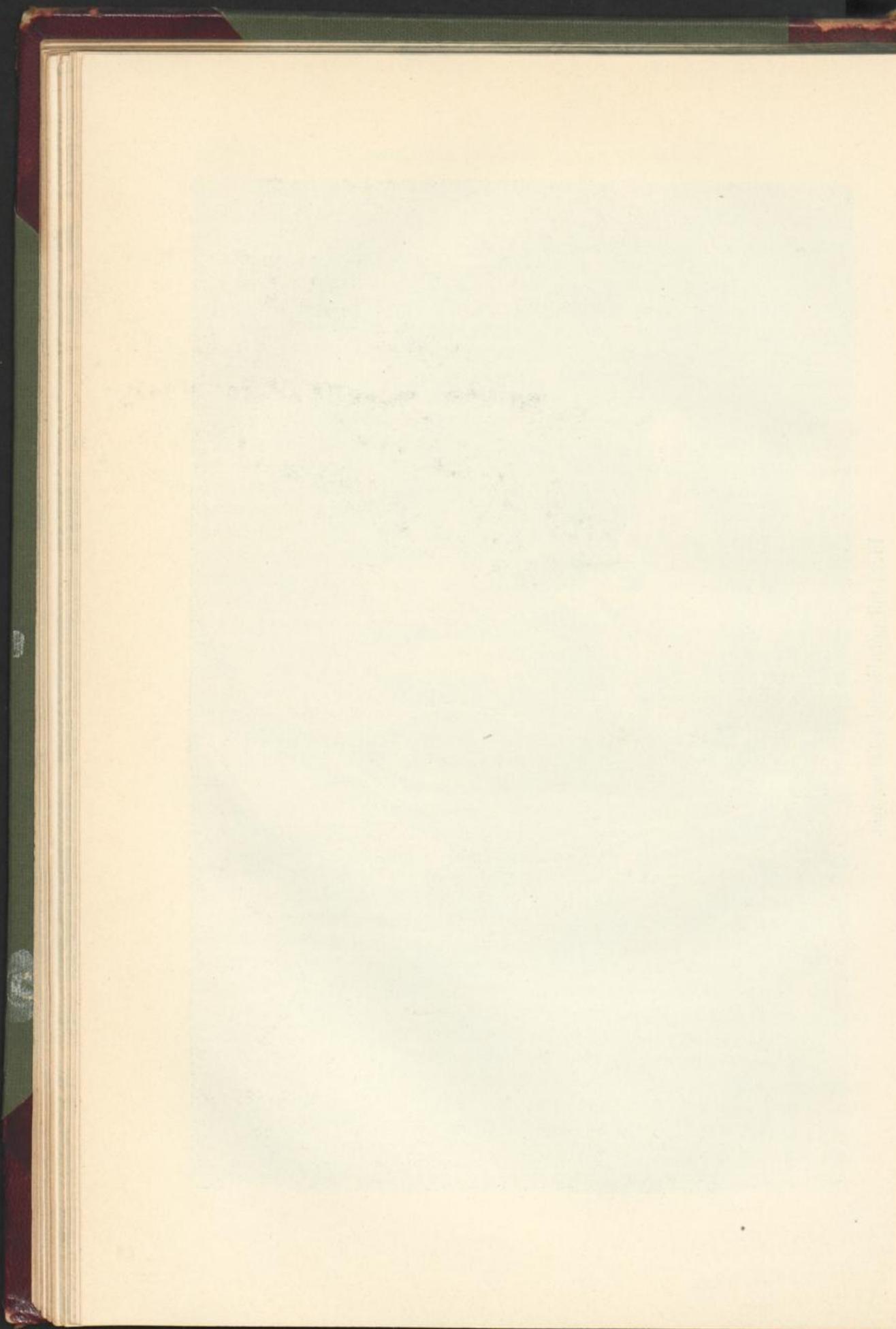
Der merkwürdigste Vorgang, durch welchen die zum Klettern bestimmten Sprosse an die zur Stütze sich darbietende Wand gelangen, wird aber bei mehreren tropischen Bignoniazeen aus der Verwandtschaft der *Bignonia unguis* beobachtet, von denen die am Rio Negro in Brasilien heimische *Bignonia argyro-violacea* auf S. 63 abgebildet ist. Diese Pflanze trägt zweierlei Blätter. Die einen sind ungeteilt, und ihre Spreite wird bei den älteren, dickeren Stämmen recht groß; die anderen tragen, wie die Blätter der Platterbsen (*Lathyrus*), an einem Stiele zwei gegenständige Teilblättchen und endigen mit einem durch Metamorphose aus dem Endblättchen hervorgegangenen Greiforgane, das sich in drei mit spitzen, hakenförmig gekrümmten Krallen besetzte Zehen spaltet und dem Fuß eines Raubvogels täuschend ähnlich sieht.

Die Entwicklung dieses bekrallten Greiforganes eilt jener der Teilblättchen stets voraus, so zwar, daß in den allerjüngsten Stadien die grünen Teilblättchen nur als winzige Schüppchen zu bemerken sind. Die in Krallen endigenden Blätter finden sich nur an jenen Stämmen, welche sozusagen noch auf der Suche nach einer festen, sicheren Stütze für die später zu entwickelnden blühenden und fruchtenden Sprosse begriffen sind. Diese Stämme aber sind dünn, sehr verlängert, schieben unermüdlich immer wieder neue Stengelglieder vor, hängen von dem Baume, dessen Borke bereits ganz überspannen ist und für eine neue Ansiedelung keinen Raum mehr bietet, in Gestalt langer Fäden herab und werden als Spiel des Windes leicht ins Schwanken gebracht. Am Ende jedes Fadens sieht man zwei jugendliche Blätter gegenübergestellt, an deren jedem aber vorerst nur die drei bekrallten Zehen entwickelt sind, die, wie bei einem Raubtiere, zum Fang ausgestreckt erscheinen. Trifft der im Winde

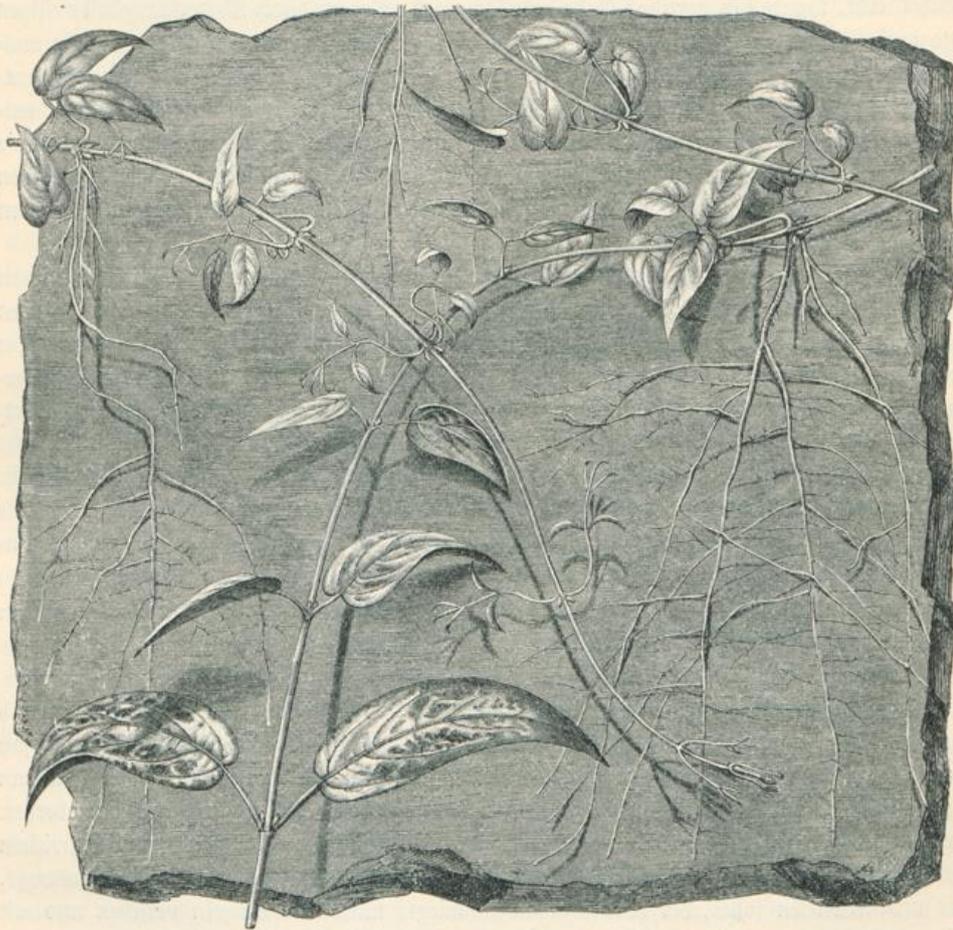


Ficus mit gitterbildenden Luftwurzeln.

Malung - G. P. Schenk



schwankende Sproß heute noch auf keine Unterlage, die er mit seinen Krallen erfassen könnte, so beugen sich die bekrallten Blätter zurück, die Organe, welche vergeblich zum Fang ausgestreckt waren, werden eingezogen, schließen häufig wie zwei über die Brust gekreuzte Arme am dünnen Stamme zusammen und bergen sich unter den inzwischen zu lanzettlichen Spreiten ausgewachsenen Teilblättchen. Bis morgen hat sich der fadenförmige Stengel um ein neues,



*Bignonia argyro-violacea*, vom Ufergelände des Rio Negro in Brasilien. (Zu S. 62.)

mit zwei gekrallten Blättchen ausgerüstetes Stück verlängert, wieder sind zwei dreizehige Greiforgane ausgestreckt, und wieder pendelt der fadenförmige Stengel im Wind, in der Erwartung, einen festen Punkt erfassen zu können. Dasselbe wiederholt sich auch übermorgen und übermorgen, und endlich kommt wohl der Tag, an dem der Faden so lang geworden ist, daß die Krallen an seiner Spitze beim Hin- und Herschwanken an einer geeigneten Unterlage hängen bleiben. Damit ist aber auch die Zeit für die Entwicklung der Kletterwurzeln gekommen, welche den Stamm noch weit fester an die Unterlage zu fixieren imstande sind, als es die Krallen zu tun vermöchten. Diese Kletterwurzeln sind nun an jedem Knoten des

fadensförmigen Stammes in Form kleiner Warzen schon vorbereitet, aber an den in der Luft schwebenden Stammteilen verkümmern sie; nur an jenem Stücke des Stammes, welches einer geeigneten Unterlage angedrückt wird, wachsen sie aus, verlängern sich und bilden Seitenäste, wie es an der Abbildung auf S. 63 zu sehen ist. Hat es nun diese merkwürdige *Bignonia* gut getroffen, d. h. haben sich die bekrallten Spitzen ihrer im Winde schwankenden Stengel an einem Baume verankert, dessen Borke noch nicht von anderen Kletterpflanzen überwuchert war, konnte sich dort das Ende des Stammes anlegen, durch Kletterwurzeln befestigen und auch Saugwurzeln ausbilden, so nehmen die von diesem neuen Ansiedlungspunkt ausgehenden Sprosse eine ganz andere Form an, sie erscheinen gedrungener und kräftiger, entwickeln einfache, nicht zusammengesetzte Blätter ohne Krallen und können auch Blüten entfalten und Früchte reifen. Bietet dann nach einiger Zeit auch diese neubegründete Kolonie keinen genügenden Raum mehr für die üppig wuchernde Pflanze, so sendet sie wieder die oben beschriebenen, mit Krallen ausgerüsteten, schwankenden Seiten sprosse aus, um einen weiteren Platz zur Ansiedelung zu gewinnen.

Der Efeu, die *Tecoma radicans*, die kletternden Feigenarten, manche tropische Aroideen zeigen die Eigentümlichkeit, daß der Stamm, sobald er über die Baumränder oder steilen Felswände in die lichten sonnigen Höhen emporgeklommen ist, sein Wachstum ändert. Die dort oben sich entwickelnden Sprosse sind nicht mehr lichtscheu und entwickeln auch keine Kletterwurzeln zum Anheften an eine Unterlage mehr. Der Holzkörper wird umfangreicher, der Hartbast, welcher den Holzkörper umgibt, entwickelt sich auffallend stärker, die Triebe stehen jetzt nicht nur ohne Stütze aufrecht, sondern sind auch biegungsfest geworden, sie tragen honigreiche Blüten, welche in der sonnigen Höhe von Bienen und Fliegen aufgesucht, und reife Früchte und Samen, welche von dem leichtbeschwingten Volke der Vögel oder von den über die Baumwipfel brausenden Winden weithin verbreitet werden. Wer nur die blütenlosen, auf dem Erdboden kriechenden oder mit Kletterwurzeln den Baumstämmen angehefteten und mit lappigen Blättern besetzten Sprosse des Efeus kennt und zum ersten Male die aufrechten, im Sonnenlichte gebadeten, von Blütenolden abgeschlossenen und mit ganzrandigen herzförmigen glänzenden Laubblättern geschmückten Endsprosse sieht, hält es für unmöglich, daß beide ein und derselben Pflanze angehören. Und dennoch verhält es sich so, und das merkwürdigste ist, daß sich diese Verschiedenheit auch an den mittels Stecklingen vermehrten Efeustöcken erhält. Wenn man aufrechte, mit herzförmigen ganzrandigen Blättern besetzte Efeuzweige aus der obersten Region des Stockes in die Erde steckt, so treiben sie Saugwurzeln abwärts und entwickeln alsbald auch Seitenäste aufwärts. Aber diese Seitenäste, selbst die untersten, sind keineswegs, wie man erwarten sollte, der Unterlage angeschmiegt, mit Kletterwurzeln versehen und mit eckigen oder lappigen Blättern besetzt, wie sie den ersten Trieben der aus Samen gezogenen Efeustöcke zukommen. Selbst dann, wenn die Stecklinge sich dicht über der Erde verzweigen und die Zweige unmittelbar vor einer Wand stehen, bilden sie keine Kletterwurzeln und zeigen überhaupt denselben Bau, dieselbe aufrechte Stellung und dasselbe Laub, wie die Sprosse am obersten Saum einer Felswand oder oben am Stamm eines hochstämmigen Baumes (s. die Tafel S. 58, rechts am Stamm). Man könnte versucht sein, solche aus Stecklingen hervorgegangene, im Topfe kultivierte Efeustöcke gar nicht für Efeu, sondern für irgendeine aufrechte tropische *Aralia* zu halten, und selbst gewiegte Pflanzenkenner können durch solche Stöcke irreführt werden. Unwillkürlich wird man beim Anblicke der in ihrer äußeren Gestalt und im inneren Bau so abweichenden aufeinanderfolgenden Triebe desselben Stammes an den Generationswechsel

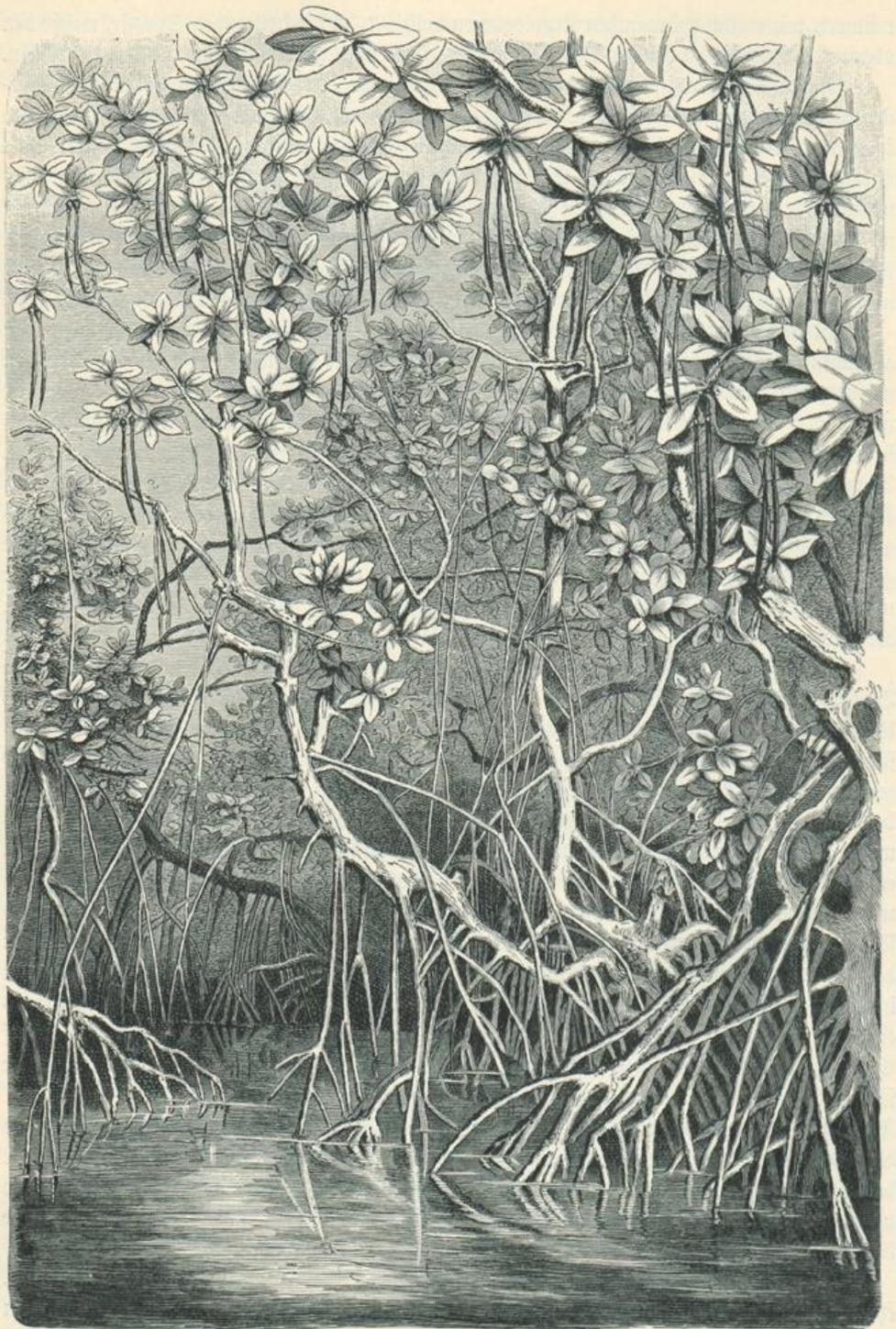
erinnert, wie er sich bei manchen Kryptogamen vollzieht, da die kletternden Sprosse, welche den obersten aufrechten blühenden Sprossen vorhergehen, niemals Blüten und Früchte entwickeln.

Mächtige seilförmige Luftwurzeln entwickeln die zu den Aroideen gehörigen Philodendron-Arten und ihre Verwandten. Da sie oft bei uns auf Blumentischen gezogen werden, so kann man die Verhältnisse im kleinen beobachten. In den tropischen Wäldern klettern diese Pflanzen bis in die Kronen der Bäume; dabei entwickeln sie zunächst horizontal oder schief verlaufende Luftwurzeln, mit denen sie ihren Stamm gewissermaßen festbinden. Darauf senden sie dickere, lange, seilförmige Wurzeln bis in den Boden hinab, die der Wasserversorgung dienen. Solange sie den Erdboden nicht erreicht haben, hängen sie wie lange dünne Tuae nach unten und geben diesen Pflanzen ein merkwürdiges Aussehen (vgl. die Tafel in Bd. I bei S. 198).

In äußerst zweckmäßiger Weise werden bei tropischen Ficus-Arten die einzelnen weit ausladenden Äste, deren Kronen sonst durch ihr gewaltiges Gewicht vom Stamme abbrechen würden, durch mächtige Säulen gestützt, zu denen sich aus den Ästen hervorbrechende und nach unten wachsende Wurzeln entwickeln. Sie entspringen aus den horizontalen oder schräg aufsteigenden Ästen der Bäume, wachsen senkrecht abwärts, bis sie den Boden erreicht haben, dringen in diesen ein, verbinden sich mit dem Erdreich und stellen nun Säulen dar, welche die Äste des Baumes tragen. Einer der schrägen Äste des auf der Tafel bei S. 67 im Vordergrund abgebildeten Gummibaumes erscheint durch eine nach unten zu verdickte mächtige Säule gestützt, und auch die Mangrovenbäume auf S. 40 u. 66 zeigen lange, von den horizontalen unteren Ästen aus der Krone sich herabsenkende Stützwurzeln, welche sich tiefer unten zwischen die Stelzenwurzeln einschieben und in den Schlamm hinabwachsen.

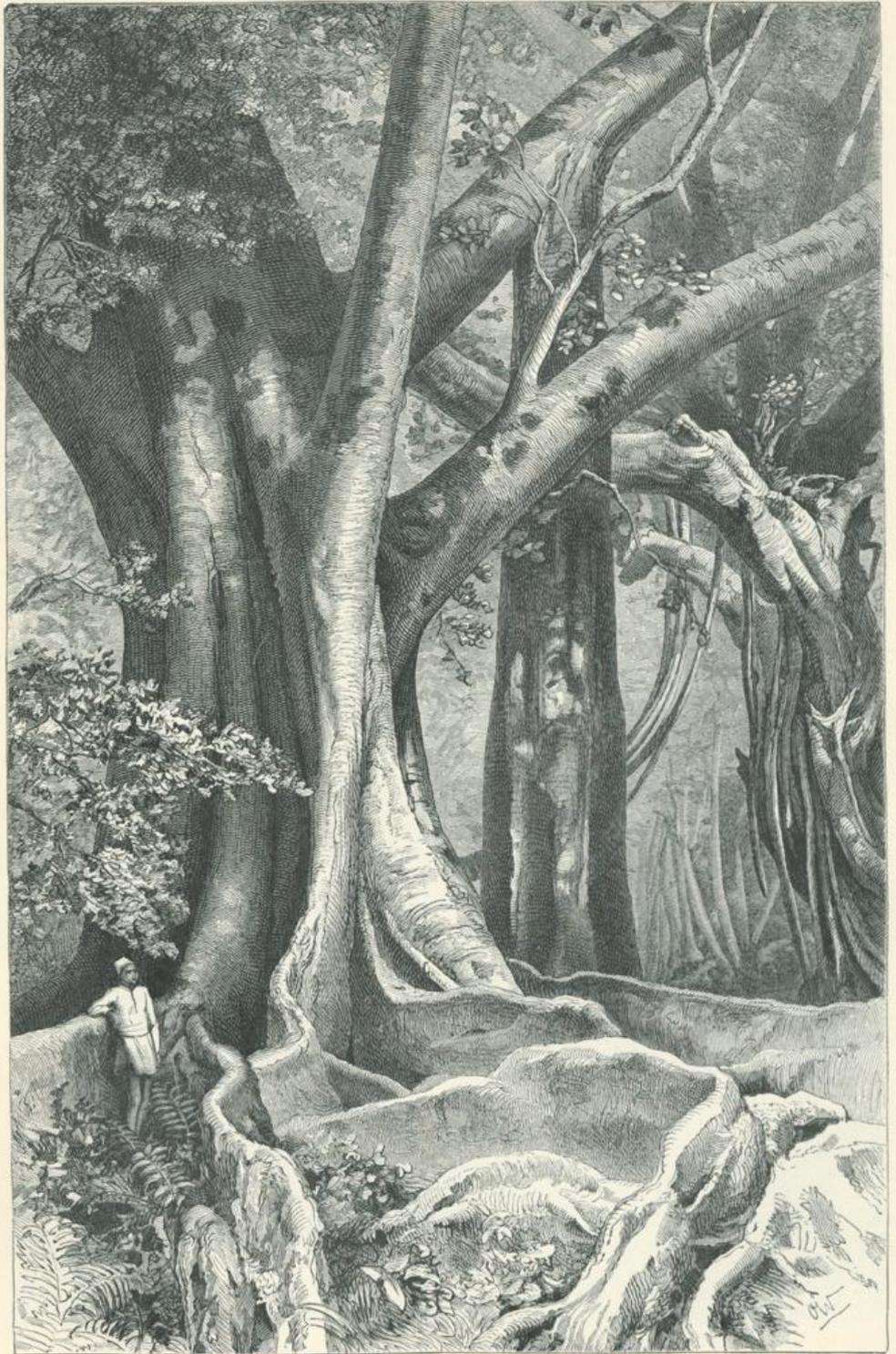
Die großartigste Ausbildung von Säulenwurzeln zeigen unter allen Bäumen die indischen Baniannenbäume *Ficus bengalensis*, *Tsiela* und noch mehrere andere. In dem Maße, als die vom Hauptstamm in nahezu horizontaler Richtung ausladenden Äste dieses Baumes erstarken, weiterwachsen, sich verzweigen und an Gewicht zunehmen, senden sie zylindrische Wurzeln aus, welche dem Boden zuwachsen, dort in die Erde eindringen, sich mit Seitenwurzeln befestigen und zu Stützpfeilern für die betreffenden Äste werden. Diese an Umfang noch fortwährend zunehmenden Säulenwurzeln haben dann ganz das Aussehen aufrechter Stämme, entwickeln auch belaubte Äste und dienen nicht nur als Stützen, sondern auch zur Auffangung und Zuleitung von Wasser und gelösten Nährstoffen aus dem Boden. Unter der Krone eines solchen Baumes sieht es aus wie in einer Halle, deren Decke von Säulen gestützt ist, und da das Blätterdach der Krone für Regen und Sonnenstrahlen fast undurchdringlich ist, herrscht in diesen Hallen selbst am Tage ein Dämmerlicht. Der Sage nach soll in den Hallen eines einzigen Baniannenbaumes ein Heer von 5000 Mann gelagert haben. Bei Trinkomali auf Ceylon steht ein Baniann, der Hunderte von Säulenwurzeln zählt und 1000 Menschen unter seinem Schatten beherbergen kann. In Kalkutta steht ein Baniann, dessen Stamm 51 engl. Fuß, dessen Krone 997 Fuß Umfang hat und von 562 Säulenwurzeln gestützt wird. Die Baniannenbäume sehen dann aus wie ein ganzer Wald, da man die Wurzeln für Stämme hält. Weil der Boden unter der Krone, die den Regen abhält, so dürr und fest ist, daß weitere herabwachsende Stützpfeiler dort nicht eindringen und anwurzeln können, so erzeugt die Krone immer neue Säulenwurzeln an ihrer Peripherie und baut den Hain weiter.

An die Luftwurzeln insofern anschließend, als sie eine Strecke in Luft gewachsen sind, ehe sie in den Boden eindringen, sind die Stelzenwurzeln zu nennen. Die Stelzenwurzeln entspringen aus einem aufrechten oder schräg aufgerichteten Hauptstamme, sind aber zylindrisch



Stelzen- und Stützwurzeln der Mangroven (*Rhizophora conjugata*). Zu S. 65 u. 67.





Gummibaum und Banianenbaum.

und haben die Gestalt schiefer Stützpfeiler. Bisweilen stirbt der älteste unterste Teil des gestützten aufrechten Stammes, soweit er in der Erde steckt, und selbst noch darüber hinaus, ab; er verwest und zerfällt, und nur der obere Teil des Stammes erhält sich frisch und lebendig. Die ersten Wurzeln der in den schlammigen Grund eing Bohrten, auf S. 40 abgebildeten Mangrovenkeimlinge haben die Fähigkeit, durch ihr Längenwachstum den Stamm, dem sie angehören, über den Schlamm emporzuheben. Solche Stämme sind dann wie auf Stelzen gestellt und stehen nur durch Vermittelung der Wurzeln in Verbindung mit dem Boden. Auf S. 66 ist eine Mangrovenart abgebildet, welche diese bizarren Wurzelgebilde zur Anschauung bringt. Man findet sie auch noch bei mehreren anderen Gewächsen der tropischen Zone, namentlich bei Palmen, Klusiazeen und Feigenbäumen. Bei einigen Klusiazeen sind die Stelzenwurzeln dicker als der von ihnen gestützte Stamm, und bei den längs der Meeresküste im Bereiche der Ebbe und Flut in dichten Beständen wachsenden oft genannten Mangroven erscheinen sie wiederholt gabelig verästelt und bilden ein wüstes Gewirr, dessen Sonderbarkeit noch dadurch erhöht wird, daß die Wurzeläste und auch die Stämme, soweit die Flut reicht, mit den Schalen und Panzern der verschiedensten Schnecken, Muscheln und Krustentiere besetzt sind. Mit Stelzenwurzeln versehen sind vor allen die interessantesten und schöngeformten Pandanus-Arten, welche zum Teil den Sandstrand der Tropen besiedeln, z. B. auf Ceylon an der Südküste von Kolombo bis Galle mächtige Dickichte bilden (vgl. die Abbildung, S. 69).

Die Stelzenwurzeln stützen, wie ersichtlich, den Pflanzenstamm. In anderer Weise wirken Wurzeln mit, die Stämme mächtiger tropischer Baumriesen wie Strebepfeiler zu stützen. Solche Stützwurzeln gehen vom unteren Teil eines aufrechten Hauptstammes aus und haben die Gestalt von Tafeln, welche auf eine Schmalseite gestellt sind. Auch lassen sie sich mit massiven Holzplanken vergleichen. Da sie nach allen Richtungen ausstrahlen, so machen die Zugänge zu dem dicken zentralen Stamme den Eindruck kurzer, sich verengernder und in spitzem Winkel endigender Nischen, welche als Schlupfwinkel von verschiedenem Getier aufgesucht werden. Die Tafelwurzeln sind eine Eigentümlichkeit tropischer Bäume mit mächtiger, schwerer Krone. In besonders ausgeprägter Form zeigt sie der westindische Bombazeenbaum (*Eriodendron Caribaeum*) und der Kautschuk liefernde, dem tropischen Asien angehörende Gummibaum (*Ficus elastica*). Das nach der Natur von Ransonnet gezeichnete Bild dieses letzteren Baumes auf der beigehefteten Tafel „Gummibaum“ gestattet, eine klare Vorstellung von den Tafelwurzeln zu gewinnen; und es ist hier noch darauf aufmerksam zu machen, daß der im Hintergrunde auf dem Bilde sichtbare Baum eine zweite *Ficus*-Art, nämlich den berühmten Bannianenbaum (*Ficus bengalensis*), von welchem schon die Rede war, darstellt.

Den Wurzeln zweijähriger und mehrjähriger Gewächse kommt in jenen Gegenden, wo die Tätigkeit der Pflanzen infolge von Trockenheit und Kälte zeitweilig unterbrochen ist, häufig auch noch eine dritte Funktion, nämlich die Aufspeicherung von Stärke, Fett, Zucker und anderer Reservennahrung, zu. Begreiflicherweise sind in Landschaften mit lang anhaltender Sommerdürre, desgleichen in denen mit strengem Winter die in der Erde geborgenen Teile gegen Trockenheit und Frost am besten geschützt, und neben den unterirdischen Stammteilen und den von diesen ausgehenden Niederblättern sind es daher vorzüglich die unterirdischen Wurzelgebilde, welche als Speicher für die im Laufe der kurzen Vegetationszeit von den oberirdischen grünen Organen gebildeten Stoffe am vorteilhaftesten Verwendung finden.

Es ist begreiflich, daß der Mensch eine Menge solcher Pflanzen, die Nährstoffe in ihren Wurzeln ablagern, in Kultur genommen hat, um die Nährstoffe für sich zu gewinnen. Dabei

hat sich herausgestellt, daß diese Speicherwurzeln durch die Kultur meistens viel umfang- und damit inhaltreicher geworden sind (s. untenstehende Abbildung). Zu diesen Kulturformen gehören unsere Futter- und Zuckerrüben, Möhren, Radieschen usw. Alle diese Wurzeln enthalten keine holzigen Gewebe, der dicke Parenchymmantel, der die nichtholzigen Leitungsstränge umgibt, stellt den Raum zur Ablagerung von Stärke und Zucker oder Inulin dar.



Rübenförmige Wurzel von *Beta Cifera*.

Begreiflicherweise sind die von der Pflanze angelegten und mit Reservennahrung vollgefüllten Gewebe auch ein Anziehungspunkt für verschiedene unterirdisch lebende Tiere, und die Anlegung des Speichers erfordert wiederum eine Sicherung desselben gegen die Angriffe der von Hunger getriebenen Mäuse und verschiedener Insektenlarven. Jene Schutzmittel und Waffen, durch welche das grüne Laub oder die Früchte und Samen gegen die zu weit gehenden Angriffe der Tiere verteidigt werden, können hier nicht ausgebildet werden. Die meisten fleischigen Wurzeln sind jedoch, wie man z. B. bei der Zuckerrübe erkennt, von einer dicken, festen Korzhaut überzogen, die schon einen Widerstand gegen Angriffe leistet. Häufig wird auch das unterirdisch wühlende Ungeziefer durch Gifte so gut wie möglich abgehalten. Es ist genügend bekannt, daß gerade Wurzeln besonders reich an giftigen Alkaloiden, an den für Tiere widerlichen Harzen, bitteren Stoffen und dergleichen sind und darum auch als Arzneimittel mehr wie Stengel und Blätter Anwendung finden. Ein unfehlbarer Schutz gegen alle Angriffe von Tieren wird freilich dadurch nicht ge-

boten; daß aber wenigstens teilweise eine Sicherung der zur Aufspeicherung bestimmten Stoffe in den überwinterten Wurzeln stattfindet, ist durch die nachstehenden Erfahrungen sehr wahrscheinlich gemacht. In einem Garten Innsbrucks hatten einmal die Feldmäuse unter der winterlichen Schneedecke arge Verwüstungen angerichtet und verschiedene Wurzeln angenagt; die an giftigem Saponin reichen Wurzeln und Wurzelstöcke des dort reichlich wachsenden Seifenkrautes (*Saponaria officinalis*) waren aber von ihnen verschont geblieben. Daß die bitteren Wurzeln der Enziane (*Gentiana punctata*, *lutea*, *pannonica*), die doch ungemein reich an Reservennahrung sind und auf den von Mäusen durchwühlten tiefgründigen Alpenwiesen ihren



*Pandanus utilis.* (Nach einer Photographie.) Zu S. 71 u. 72.

Standort haben, von einem Tiere angegriffen worden wären, hat man nie gesehen. Dasselbe gilt von den dicken Pfahlwurzeln des giftigen Eisenhutes, von den massiven Wurzelstöcken der Rhabarberpflanzen und vieler Doldengewächse, welche doch alle reich an Stärke und anderen Nährstoffen sind und insofern für die pflanzenfressenden hungernden Tiere im Winter eine ausgiebige Nahrung bieten würden.

Es ist nicht anders zu erwarten, als daß den verschiedenen Aufgaben der Wurzeln wie



*Campylocentrum Barcholii*, die auf S. 71 abgebildete blattlose Orchidee, abgebildet: die Pflanze besteht nur aus den assimilierenden, grünen Wurzeln, dazwischen vertrocknete Blütenähren. (Zu S. 72.)

bei den Speichervurzeln auch in anderen Fällen eine besondere Anordnung der Zellen und Gewebe entspricht, und daß insbesondere die Stützwurzeln, welche in ihren Funktionen mit den aufrechten Stämmen die meiste Analogie zeigen, wirklich auch aufrechten Stämmen, die Erdwurzeln dagegen, welche mit den liegenden und den in Erde eingebetteten Stammgebilden so vieles gemein haben, diesen letzteren in betreff ihres inneren Baues ähnlich sehen. Die Säulenwurzeln sind tatsächlich in ihrem inneren Aufbau von aufrechten Stammgebilden gar nicht zu unterscheiden, und auch die Stelzenwurzeln zeigen eine Gruppierung der Zellen und Gefäße, welche mit jener der aufrechten Stämme oft weit mehr übereinstimmt als mit jener unterirdischer Rhizome. An der zu den Klusiazeeen gehörenden *Fagraea obovata* unterscheidet sich das zellige Gefüge des aufrechten Stammes von dem seiner stützenden Stelzenwurzeln nur dadurch, daß das Mark und der Holzteil der Gefäßbündel etwas stärker entwickelt sind, aber im

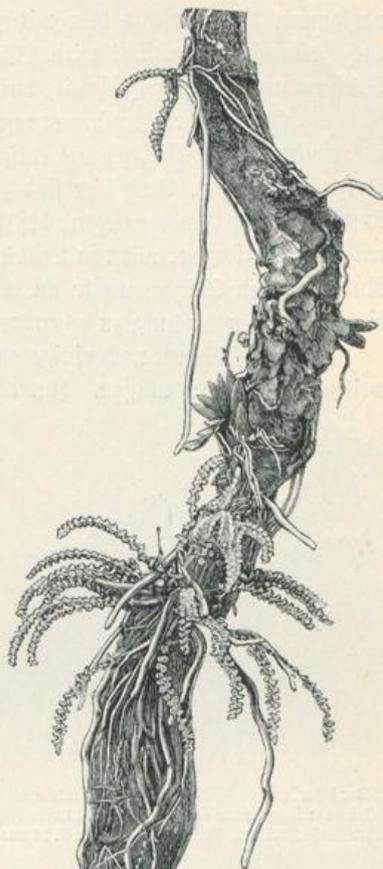
übrigen ist keinerlei Verschiedenheit zu erkennen. Die Stelzenwurzeln der auf S. 66 abgebildeten *Rhizophora conjugata* zeigen gleichfalls eine Gruppierung der Zellen und Gefäße, wie sie den Stämmen zukommt. In der Mitte findet sich ein dicker Markkörper, derselbe ist umgeben von zahlreichen Leitbündeln, welche zusammen einen Hohlzylinder bilden und von mechanischem Gewebe begleitet sind; darauf folgen nach außen noch Kork, Hypoderm und eine stark kutikulärifizierte Oberhaut, also ganz dieselbe räumliche Verteilung, welche die Biegungsfestigkeit der aufrechten Stämme bedingt. Ja, an diesen Stelzenwurzeln der Mangroven findet man sogar die Festigkeit noch durch sonderbar verschränkte, spindelförmige Zellen mit sehr verdickten Wandungen erhöht, welche so hart sind, daß man sie mit dem schärfsten Messer kaum durchschneiden kann.

Bei den Mangroven und auch bei den erwähnten Klusiazeen sind die stützenden Wurzeln im Vergleich zum gestützten Stamme dick und weit ausgreifend, bilden einen umfangreichen Unterbau, vertreten, was die Anforderungen an Festigung anlangt, vollständig den aufrechten, verhältnismäßig schwachen Stamm und sind nur auf Biegungs- und Säulenfestigkeit in Anspruch genommen. Die Zugfestigkeit kann bei diesen Wurzelgebilden kaum in Betracht kommen. Anders verhält es sich bei jenen Gewächsen, deren Stelzenwurzeln einen Stamm mit reichbeblätterter, umfangreicher Krone zu stützen haben, und für welche der auf S. 69 abgebildete *Pandanus* als Vorbild gelten kann. Sobald der Wind auf die massige, schwere Krone und den sie tragenden aufrechten Stamm einwirkt und ein Schwancken derselben veranlaßt, werden die nach allen Seiten als Stützen an den Stamm angelehnten Wurzeln abwechselnd bald auf Biegungs- und Säulenfestigkeit, bald auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen. Weht der Wind aus Norden, so werden durch den gegen Süden geneigten Stamm die südseitig entspringenden Stützwurzeln einen Druck erfahren und gepreßt und gebogen werden, während die nordseitig entspringenden Stützwurzeln gleichzeitig einem starken Zuge ausgesetzt sind. Läßt der Wind nach, so wird durch die Elastizität der südseitigen Wurzeln der Stamm wieder in die aufrechte Ruhelage zurückgebracht. Das Umgekehrte findet statt, wenn der Anprall des Windes auf Krone und Stamm von Süden her erfolgt. Die Stelzenwurzel wird



*Campylocentrum Burcholii*, eine blattlose Orchidee, stehend: an den Wurzeln entstehen Knospen, aus denen sich die Blütenstängel ohne grüne Blätter entwickeln. (Zu S. 72.)

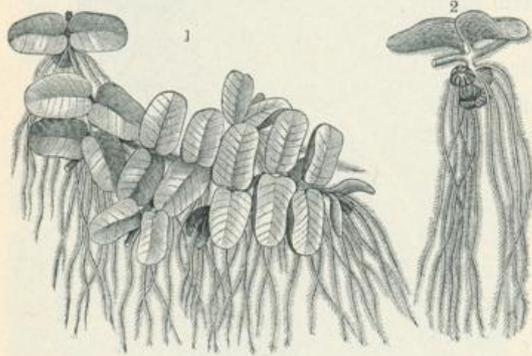
demnach nicht nur biegungs-, sondern auch zugfest gebaut sein müssen. Dementsprechend findet man auch in den Luftwurzeln des *Pandanus* zwei Zylinder mit mechanischem Gewebe versehen, einen äußeren, der aus der mit Hartfaserbündeln durchzogenen Rinde besteht, und einen inneren, der an die Anordnung erinnert, wie sie bei der Mehrzahl der Dikotyledonen



vorkommt, und der aus dem mit Hartbast verstärkten, in der Achse der Wurzel liegenden Gefäßbündelkreise gebildet wird. Durch den ersteren erhalten die Stelzenwurzeln die nötige Säulen- und Biegungsfestigkeit, durch den letzteren die entsprechende Zugfestigkeit.

Ähnlich wie bei Pandanus erscheinen auch die weniger auffallenden, aus den untersten Stammknoten der Maispflanze entspringenden Stelzenwurzeln der ihnen gestellten doppelten Aufgabe angepaßt. Auch hier sind zwei Zylinder aus mechanischem Gewebe vorhanden. Der äußere, in der Rinde gelegen, besteht bloß aus Hartbast und bedingt die Säulenfestigkeit, während der innere, mit den Leitbündeln in Verbindung stehende die Zugfestigkeit bedingt. Nur ist in den Stelzenwurzeln an der Basis des Maisstammes auch ein zentrales Mark oder eine weite Markhöhlung zu sehen, welche den Wurzeln des Pandanus fehlt.

Nur kurz können noch einige andere Funktionen gestreift werden, welche die Wurzeln zuweilen übernehmen müssen. Im allgemeinen bilden Wurzeln kein Chlorophyll aus, auch



1) Der schwimmende Wasserfarn (*Salvinia natans*), 2) ein Stück dieser *Salvinia* mit gerietten Sporengehäusen. Beide Figuren mit wurzelähnlichen Wasserblättern. Natürl. Größe. (Zu S. 73 und zu späteren Kapiteln.)

wenn man sie zwingt, im Lichte zu wachsen. Aber es gibt auch einige Fälle, wo Luftwurzeln grün werden und dann die Assimilationstätigkeit übernehmen. Einige solche Beispiele wurden in Band I, S. 95, erwähnt. Das dort genannte *Taeniophyllum Zollingeri* besitzt ebenso wie Arten der Gattung *Polyrrhiza* und *Campylocentrum* überhaupt keine Blätter. Aus der ganz kurz bleibenden Achse entwickeln sich eine Menge Wurzeln, die sich der Borke von Bäumen anlegen. Aus der Knospe entsteht später ein zierlicher

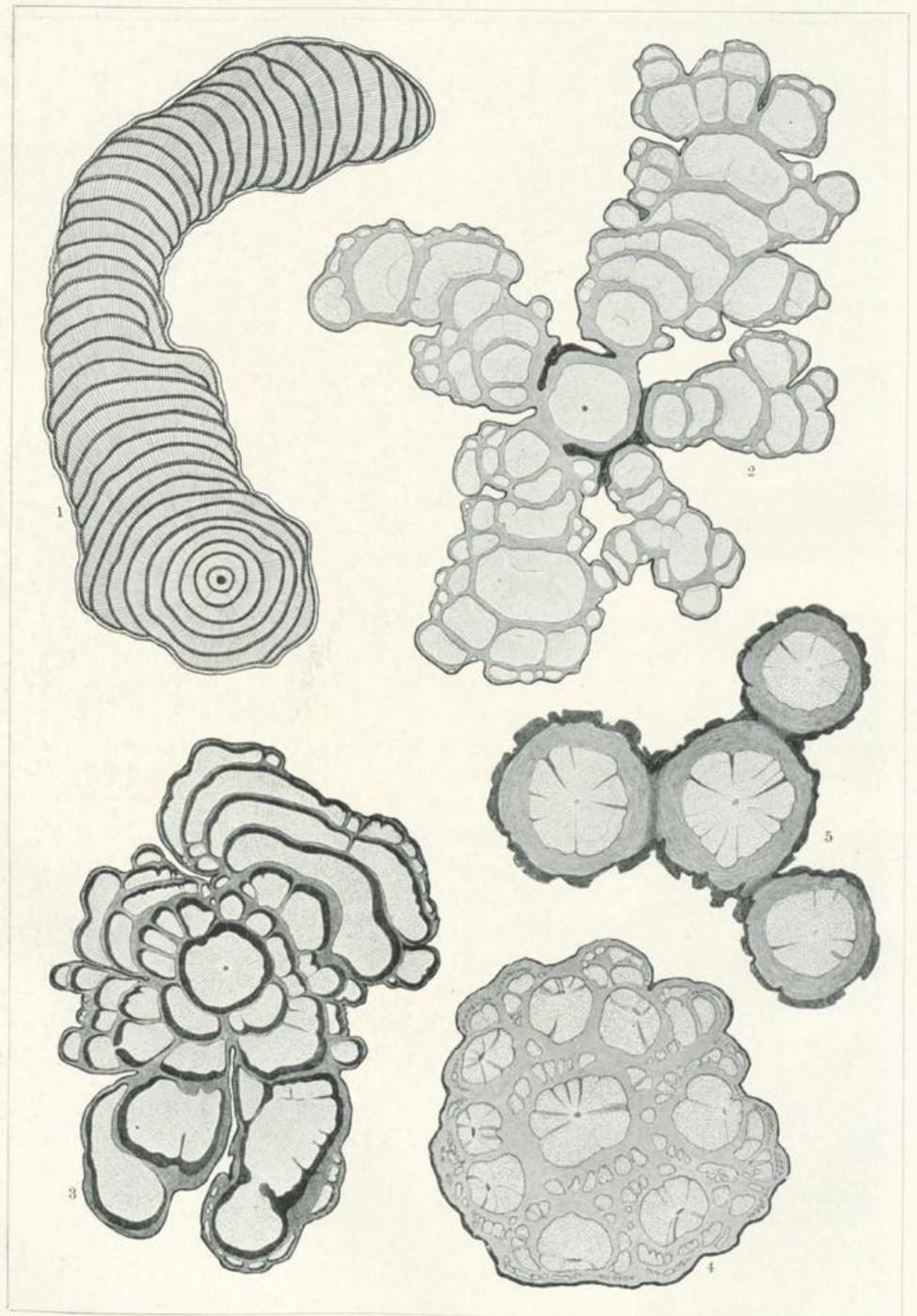
Blütenstand (vgl. Abbildung, S. 70 und 71). Da aber der kurze Stengel gar keine grünen Blätter erzeugt, so müssen die Wurzeln neben ihrer Tätigkeit als Haftorgane auch die Ernährung mit übernehmen. Ihre Oberflächenschichten füllen sich mit Chlorophyll, werden grün und können nun den Blütenstand ernähren. Zu Dornen, also zu Schutzwaffen, bilden sich die Wurzeln bei einigen Palmen aus, z. B. bei *Acanthorrhiza* und *Iriartea*, wo sie die Stammbasis dieser Pflanzen gleichsam mit einer Schutzwehr umgeben.

Sehr auffallend ist auch die Übernahme der Atmung durch Wurzeln in einigen Fällen. Am sonderbarsten gestalten sich die Verhältnisse bei manchen tropischen und subtropischen in Sümpfen wachsenden Bäumen. Im Sumpfboden, wo reichlich Fäulnisprozesse stattfinden, leiden die Wurzeln Mangel an Sauerstoff. Bei den *Avicennien* und *Sonneratien*, die der Mangrovevegetation angehören, erheben sich um die Stämme, wo sie auf sumpfigem Boden wurzeln, Hunderte von Wurzeln aus dem Boden, welche senkrecht aufwärts wachsen. Sie nehmen Luft auf und führen sie den unterirdischen Nährwurzeln zu. Daher bezeichnet man sie auch als Atemwurzeln (*Pneumatophoren*). Ein solcher von seinen Atemwurzeln umgebener Mangrovestamm bietet ein ganz überraschendes Bild dar. Die beigeheftete Tafel zeigt ein von Johs. Schmidt aufgenommenes Vegetationsbild von der Insel Koh Chang im Meerbusen von Siam. In der Mitte ein mächtiger Stamm von *Sonneratia alba* mit zahllosen dazugehörigen Atemwurzeln, im Hintergrunde *Rhizophora conjugata*. Auch manche schwimmenden



### Mangrove in Siam.

*Sonneratia alba*, Stamm mit senkrechten oberirdischen Stemmurzeln; im Hintergrunde *Rhizophora conjugata*. Nach einer Photographie von Dr. Johs. Schmidt in Kopenhagen.  
Aus den Vegetationsbildern von Schenck und Karften.



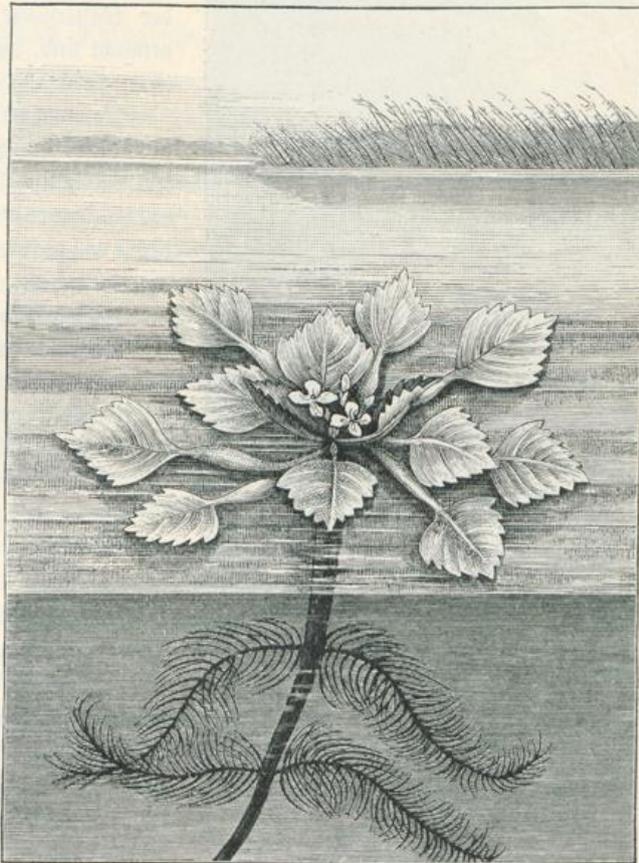
Querschnitte durch Lianenstämme. Nach H. Schenk, Biologie und Anatomie der Lianen.

- 1) *Botryopsis platyphylla* (Menispermaceen, Brasilien), 2) Alter Stamm von *Thimoula mucronata* (Sapindaceen, Brasilien),  
 3) *Paullinia pseudota* (Sapindaceen, Brasilien), älterer Stamm, 4) *Serjania ichthyoctona* (Sapindaceen, Brasilien),  
 5) *Serjania multiflora* (Sapindaceen, Brasilien), ältere Stämme. — Alle etwas verkleinert.

Wasserpflanzen, z. B. *Jussiaea repens*, bilden einen Teil ihrer Wurzeln zu kurzen schwammigen Organen aus, die als Atemwurzeln dienen.

Bei der ganz allgemeinen Notwendigkeit der Wurzeln als Organe für die Befestigung und Wasseraufnahme, der das allgemeine Vorkommen der Wurzeln bei den vollkommenen Pflanzen auch entspricht, sollte man meinen, daß es überhaupt keine Pflanze geben könnte, die der Wurzeln entbehre. Dennoch gibt es auch einige völlig wurzellose höhere Pflanzen. Von vielen Wasserpflanzen (z. B.

*Hottonia*, *Ceratophyllum*, *Najas*) wird die Aufnahme des Wassers durch die Oberhautzellen ihrer Laubblätter besorgt, und von Wurzeln ist keine Spur zu finden. Dagegen erinnern ihre Laubblätter vielfach an Wurzelgebilde. An einem schwimmenden Wasserfarn (*Salvinia natans*, s. Abbildung, S. 72) finden sich außer den ovalen, auf dem Wasser schwimmenden Blättern auch fadenförmige Blätter, die in das Wasser herabhängen. Sie haben in Form und Farbe die größte Ähnlichkeit mit Wurzeln, sind aber Blätter. Man kann nun in solchen Fällen sagen, die Blätter seien zu wasseraufnehmenden Organen geworden, aber nicht behaupten, aus den Blättern seien Wurzeln geworden, denn diese Blätter haben den Blattbau behalten.



*Trapa natans*, Wassernuß, auf dem Wasser mit den rautenförmigen Blättern schwimmend. Die aus dem untergetauchten Stengel entspringenden scheinbaren gefiederten Blätter sind Wurzeln.

Zuweilen werden aber auch Wasserwurzeln mit Blättern verwechselt, wie bei der Wasser-

nuß, *Trapa natans* (s. obenstehende Abbildung), deren verzweigte Nebenwurzeln gewöhnlich für fiederförmige Wasserblätter gehalten werden, wie sie bei den Wasserranunkeln in der Tat vorkommen. Wurzellos sind die Utricularien und einige humusbewohnende Orchideen unserer Wälder. Bei diesen und manchen anderen Pflanzen (z. B. *Bartschia*, *Epipogon*, *Corallorrhiza*) treten an Stelle der Wurzeln haarförmige Saugzellen, die an den unterirdischen Stämmen entstehen, auch bei *Lemna trisulea* finden sich solche. Man kann diesen Ersatz wirklicher Wurzeln durch schlauchförmige Zellen wohl verstehen. Eigentlich sind es ja bei allen Wurzeln nur die Saugzellen ihrer Oberfläche, welchen die Aufgabe zukommt, das Wasser

aufzunehmen (vgl. Bd. I, S. 72). So erscheint es begreiflich, daß sich solche Saugzellen auch unmittelbar an Stämmen und Blättern bilden können. Das aus der Samenschale vorgeschobene Keimblatt des Rohrkolbens (*Typha*) dringt mit Saugzellen in den Boden ein;



*Tillandsia usneoides*, im Gewächshaus an einem Orchideenständer hängend, ohne jede Wurzelbildung.

auch an den grünen Blättern vieler Steinbreche, Stachelrasen, Tamarisken usw. findet man besondere Saugzellen ausgebildet, und an solchen Sumpfpflanzen, deren Laubblätter zum Teil auf der Wasseroberfläche schwimmen, zum Teil untergetaucht sind, dienen die Oberhautzellen der letzteren gleichfalls als Saugzellen.

Besonders überraschend wirken Pflanzen, die auch dieses Erzeugnis der Wurzeln ganz entbehren. Die epiphytisch lebende Bromeliade *Tillandsia usneoides* der südlichen Union und Mexikos, deren lange fadenförmige Sprosse wie Mähnen von den Bäumen herabhängen (vgl. nebenstehende Abbildung) und diese Bäume oft fast ersticken, hat weder Wurzeln noch Saugzellen. Sie nimmt das Regenwasser mit ihrer Oberhaut auf und kann daher auch auf einem Telegraphendraht wachsen, wo Vögel und Wind sie zuweilen hinbringen.

Ist der Ersatz der Wurzeln durch bloße Saugzellen bei den Blütenpflanzen und Farnen eine Ausnahme, so ist er bei den übrigen Kryptogamen Regel. Ein Schimmelpilz, der auf Brot wächst, senkt in diesen Nährboden keine Wurzeln, sondern haarfeine, oft weitverzweigte Fäden hinein, mit denen Wasser und Nährstoffe aufgenommen werden (vgl. Bd. I, S. 399). Ähnlich verhalten sich die Hutpilze des Waldes. Sogar die Lebermoose, Moose und manche zu den Farnen gehörige Hymenophyllaceen haben es nicht zur Wurzelbildung gebracht und begnügen sich an deren Stelle mit haarförmigen Schläuchen, die man als Rhizoiden bezeichnet. Die Rhizoiden, die sich bei allen Lebermoosen finden, kann man auf der Unterseite der flachen Sprosse von *Marchantia* als dichten weißen Filz gewahren. So-

wohl *Marchantia* als auch andere Lebermoose haben Rhizoiden von zweierlei Bau, was man aber nur mit dem Mikroskop unterscheiden kann. Ein Teil ist dünnwandig, bei einem anderen Teil haben die Wände der Schläuche in ihrem Inneren zapfenförmige Verdickungen. Die Zapfenrhizoiden dienen der Wasseraufnahme, die glatten der Befestigung; also wir finden hier auf niedriger Stufe des Pflanzenreiches schon die Arbeitsteilung, die bei wurzelbildenden Pflanzen geschildert wurde. Die Rhizoiden der Laubmoose bestehen stets aus Reihen von Zellen, die

merkwürdigerweise durch schiefe Zwischenwände getrennt sind. Unter den Farnen haben einige als Epiphyten in den Tropen lebende Hymenophyllaceen solche Rhizoiden, mit denen sie ihre Stämmchen nur befestigen, während die Wasseraufnahme durch ihre zarten Blätter erfolgt.

## 6. Die Gestalten der Stammgebilde.

### Morphologische und biologische Betrachtung der Stämme.

Das richtige Verständnis der Stammbildungen bietet viel größere Schwierigkeiten dar, als das der viel einfacheren Wurzeln. Während diese bei den verschiedensten Pflanzen eine wesentliche Übereinstimmung zeigen, erscheint z. B. der Stengel eines Hahnenfußes oder einer Lilie himmelweit verschieden von einem Palmstamme oder dem gewaltigen Holzstamm einer Eiche, der sich zur knorrigen Astkrone ausbreitet. Je mehr Pflanzenarten wir betrachten, um so mehr fällt es in die Augen, daß alle Verschiedenheit in erster Linie auf der Mannigfaltigkeit der Stammbildungen samt ihrem Blätterkleide beruht.

Seit den entlegensten Zeiten hat die Menschheit Pflanzen in Zucht genommen und bei der damit verbundenen primitiven Beobachtung doch die angeborene Fähigkeit der Abstraktion so richtig gehandhabt, daß, trotz aller Formverschiedenheit, die allen Pflanzen gemeinsamen Organe mit den Worten Stengel oder Stamm, Blatt und Wurzel scharf und auch ganz richtig unterschieden wurden. Um so mehr nimmt es wunder, daß, als gelehrte Männer anfangen, die damaligen Kenntnisse über die Pflanzen wissenschaftlich zu bearbeiten, sie auf das wichtige Hilfsmittel der Begriffsbildung ganz verzichteten und glaubten, mit bloßer Namengebung eine Wissenschaft gestalten zu können. Indem man jede Einzelheit an den Pflanzen mit einem besonderen Namen belegte, merkte man nicht, daß man nicht den Weg der Wissenschaft, sondern einen Abweg einschlug, denn das Gemeinsame bei den Pflanzen wurde allmählich ebenso unerkennbar wie die Einzelheiten unübersehbar. Das Ganze erweckte auch nur deshalb den Schein von Wissenschaft, weil man für die Namensschöpfungen sich der lateinischen Sprache bediente. Statt daß man einen Grashalm, einen Krautstengel, einen Baumstamm unter einen Begriff faßte, nannte Linné den Stengel der Gräser *calamus*, den krautigen Stengel *caulis*, den Palmstamm *stirps* usw. Den Stamm im allgemeinen nannte er zwar *truncus*, was aber kein natürlicher Oberbegriff ist. In ähnlicher Weise wurden auch für jede Blatt- und Wurzelform Namen geschaffen. Wenn nun auch noch Nachfolger Linnés seinen *truncus* wieder in *stirps* umtaufte, den Palmstamm, den Linné *stirps* genannt, als *caudex* bezeichneten usw., dann begreift man, wie unklar die wissenschaftliche Übersicht über die Tatsachen werden mußte und wie die von Linné so schön getaufte *Scientia amabilis* durch diese ganz prinzipienlose und daher unwissenschaftliche Terminologie zu einer wahren *Scientia horribilis* wurde.

Solange man sich nur mit Klassifikation der Pflanzenarten befaßte und das Namenwerk für die Pflanzenteile zu bloßen Einteilungszwecken benutzte, ging die Sache noch. Sobald man aber die Termini als Namen für Organe benutzen wollte, mußte man zu der Ansicht gelangen, daß die Pflanzen so viel verschiedene Organe besäßen, als Namen für diese existierten, und deren Zahl war ganz ungeheuer groß. Die Sache wurde dadurch noch schlimmer, daß die Namen nach schwankenden Prinzipien gegeben wurden. So benutzte man auch gelegentlich ein biologisches Moment und nannte Zwiebeln und Knollen *hibernacula*, Überwinterungsorgane.

Damit verdeckte man aber ihre Zugehörigkeit zu den Stammgebilden und warf sie mit Winterknospen und anderen fremdartigen Dingen zusammen. Diese gänzlich unfruchtbare Terminologie hätte nicht so lange den Fortschritt aufgehalten, wenn sich ihr Schöpfer Linné nicht eines so autoritativen Einflusses erfreut hätte, daß wirkliche Wissenschaft zunächst nicht durchdrang. Erst als durch Goethe, Robert Brown und in Deutschland besonders durch Alexander Braun begonnen wurde, Pflanzenformen nicht bloß für systematische Beschreibungen, sondern als lebendige Wesen zu studieren und einer von Braun geforderten tieferen, biologischen Betrachtungsweise zu unterwerfen, erkannte man, daß die Anzahl der Pflanzenorgane nur Schein sei. Braun schuf als Gegensatz zur Wurzel den allgemeinen Begriff Sproß für das blätterbildende Organ der höheren Pflanzen. Was sich aus dem Vegetationspunkt des Embryos entwickelt, ist der erste Sproß, der Keimsproß der betreffenden Pflanze. Man unterscheidet an ihm die Sproßachse und die daran sitzenden Blätter. Die Blätter sind anfangs bloße Auswüchse und Ausgliederungen der Sproßachse, es gibt also zwischen dieser und dem daran sitzenden Blatte keine scharfe Grenze, und das Blatt gehört zum Sproß wie der Finger zur Hand. Wächst der Keimsproß unter Blattbildung in die Länge, so entsteht eine Pflanze mit einfachem Stengel. Wird der Stengel im Laufe der Zeit durch Wachstum dicker, so nennt man ihn Stamm. Dieser kann wie der Stengel einfach bleiben, z. B. bei einer Palme oder einem Baumfarn, die auf dem Gipfel eine Krone von Blättern tragen. Bilden sich die am Keimsproß in den Blattwinkeln entstehenden Knospen zu Seitensprossen aus, so entsteht ein verzweigter Stengel oder Stamm. Die verschiedenen Formen der Kronen der Bäume, z. B. der Pyramidenpappel, der Zypresse, der Fichte oder der Eiche und des Ahorns, beruhen nur auf der verschiedenen Richtung und Stärke der Seitensprosse, die durch Dickenwachstum zu Ästen werden.

Mit anderen Worten, es handelt sich bei der oberirdischen Pflanze immer nur um Sprosse und Vereinigungen von Sprossen, die auseinander hervorgegangen sind, und durch diesen einfachen, der Beobachtung der Entwicklung entsprungenen Begriff ist die ganze alte unverständliche Terminologie vollständig beseitigt.

So verschieden auch einem Laien ein Grashalm, der Stengel einer Sonnenrose, der Schaft einer Palme, der zarte Stengel eines Bergfahnenblatts, eine Fichte, eine Eiche und die fleischige, stachelige Säule eines Kaktus erscheinen mögen: alle diese Formen sind nur verschiedene Entwicklungsformen des ursprünglichen Sprosses, ihre Anlage ist nicht verschieden. Diese Begriffsfestsetzung hat das wissenschaftliche Verständnis der Pflanzenform ganz ungemein vereinfacht und erleichtert. Uns ist es hier aber vor allem um Anschauung zu tun, und es soll nun an der Hand der Natur untersucht werden, zu welcher Verschiedenheit der Ausbildung die Pflanze ihren Sproß bringen kann.

### Entwicklung des Sprosses zum Stamm.

Die in Band I, S. 356 geschilderte Keimung der Samen von *Cuscuta* lehrt, daß der wachsende Keimling nicht in Achse und Blätter gegliedert ist, sondern dem bloßen Auge als ein schraubig gedrehter Faden erscheint, der die Hülle der Samenhaut bei der Keimung durchbricht, sich dabei streckt und verlängert, gerade aufwärts wächst, später sich dreht und windet und nach einer Unterlage sucht, der er Nahrung entziehen könnte. Dieser Faden ist als Sproß zu bezeichnen, obwohl er keine Blätter trägt, ja nicht einmal Andeutungen von

verkümmerten oder unterdrückten Blättern erkennen läßt. Erst später, wenn dieser fadenförmige Sproß mit einer Wirtspflanze in Berührung gekommen ist, an den Berührungsstellen Saugwarzen gebildet hat und auf Kosten fremder Nahrung in die Länge gewachsen ist, entstehen unter seiner fortwachsenden Spitze kleine Schüppchen, welche verkümmerte Blätter sind. Dann bilden sich auch in den Achseln dieser Schüppchen Knospen, die zu Seitensprossen auswachsen.

Die Tatsache, daß es auch Sprosse gibt, welche keine oder nur verkümmerte Blätter bilden, wird hier ausdrücklich hervorgehoben, um sie als Ausnahme, die aber nicht allein steht, zu bezeichnen. Ganz allgemein bilden sonst die Sprosse vollkommene Blätter, und diese Blattbildung gehört zum Charakter der Sprosse, denn eine Wurzel erzeugt überhaupt niemals Blattorgane. Immerhin könnte eine Charakterisierung der Sprosse durch die Fähigkeit, Blätter zu erzeugen, wegen der Ausnahmen unzureichend erscheinen. Es empfiehlt sich daher, nach anderen allgemeinen Merkmalen eines Sprosses Umschau zu halten. Verfolgen wir die Entwicklung der *Cuscuta*-Sprosse noch weiter, so beobachten wir außer der genannten Bildung von Seitensprossen ganz regelmäßig noch etwas anderes, nämlich die Bildung von Blüten (Bd. I, S. 358). Mag auch der Parasitenproß durch den Mangel an Blättern von typischen Sprossen abweichen, in der Blütenbildung stimmt er mit ihnen überein. Und das tun noch andere blattlose Sprosse. Jeder Kaktus erzeugt an seinen blattlosen, fleischigen Sprossen zuzeiten Blüten (vgl. Bd. I, S. 244). In der Erzeugung von Blüten haben wir also einen ganz allgemeinen Charakter der Sprosse aufgedeckt. Chlorophyllbildung und Blattbildung kann den Sprossen zuweilen fehlen, und wenn wir die niederen Kryptogamen einschließen, ist dies sogar häufiger der Fall, aber auch bei diesen ist der Sproß immer Träger der Fortpflanzungsorgane, wobei hervorzuheben ist, daß die Fortpflanzungsorgane nicht immer auf der Sproßachse sitzen, sondern auch, wie schon bei den Farne, auf Blättern sitzen können.

Bei der Schilderung der verschiedenen Stammgebilde werden diese theoretischen Beziehungen immer wieder hervortreten. Betrachten wir zuerst die am weitesten im Pflanzenreich verbreitete Sproßform, den Sproß mit ausgebildeten grünen Blättern, so beobachten wir die Tatsache, daß es keinen Pflanzenstoc gibt, an welchem der Stamm von der Basis bis hinauf zum Scheitel ganz gleichmäßig ausgebildet ist. Man kann vielmehr immer aufeinanderfolgende Stocwerke unterscheiden, deren jedes entsprechend der dort zu leistenden Arbeit gebaut und eingerichtet ist, namentlich was die Blattformen angeht. Nehmen wir eine einjährige Pflanze zur Hand, z. B. einen Mohn (Bd. I, S. 13). Unten am Stengel sitzen die Keimblätter (Kotyledonen), die freilich bald abgeworfen werden. Gewöhnlich folgen dann die grünen Laubblätter, deren unterste aber in der Regel einfacher und kleiner sind. In der Mitte des Stengels haben sich die Laubblätter zu ansehnlicher Größe entwickelt. Nach oben zu werden sie wieder kleiner und einfacher, oft fadenförmig, und das höchste Stocwerk nehmen dann die Blattkreise ein, die die Blüte zusammensetzen. Bei mehrjährigen Pflanzen gestaltet sich die Architektur der Pflanze ganz ähnlich, wenn wir nicht die ganze Pflanze, sondern die jüngsten Triebe des Jahres mit der einjährigen Pflanze vergleichen.

Daraus ergibt sich schon, daß der Baustil, die ganze Gestalt der Stämme davon abhängt, ob die in Betracht kommende Pflanze kurz- oder langlebig ist. Um einen Überblick zu gewinnen, seien daher einige Erklärungen in dieser Beziehung hier eingefügt.

Man unterscheidet monokarpische und polykarpische Pflanzen. Mit dem ersteren Namen werden Gewächse bezeichnet, die in ihrem ganzen Leben nur ein einziges Mal blühen und nach der Ausbildung der Früchte und Samen vollständig absterben. Polykarpisch werden

dagegen jene genannt, welche nach der erstmaligen Ausbildung von Blüten und Früchten nicht absterben, sondern sich lebend erhalten und noch mehrere, oft sehr viele Jahre hindurch blühen und fruchten können.

Die monokarpischen Pflanzen werden in einjährige, zweijährige und vieljährige eingeteilt. Unter dem Namen einjährige Pflanzen (*plantae annuae*), für welche in der beschreibenden Botanik das Zeichen  $\odot$  in Anwendung gebracht wird, und als deren Vorbild *Mercurialis annua* dienen kann, begreift man solche Arten, welche innerhalb Jahresfrist, oft innerhalb einiger Monate, keimen, wachsen, blühen und fruchten, nach der Samenreife aber vollständig absterben und verdorren. Es liegt nahe, anzunehmen, daß Pflanzen, denen zum Aufbau des ganzen Stockes und zum Ausreifen der Samen eine so kurze Zeit zugemessen ist, nur einen bescheidenen Umfang erreichen können. Im allgemeinen ist das auch der Fall. Bei manchen einjährigen Arten, wie z. B. dem zu den Primulazeen gehörenden *Centunculus minimus*, beträgt die Höhe des Stammes ungefähr 3 cm und die Dicke desselben  $\frac{1}{2}$ —1 mm; das Hungerblümchen (*Erophila verna*) läßt schon aus seinem Namen die dürftige Gestalt vermuten. Aber es kommen auch einjährige Arten vor, welche, wie beispielsweise die einjährige Sonnenrose (*Helianthus annuus*), unter günstigen Verhältnissen Stämme entwickeln, die eine Höhe von  $2\frac{1}{2}$  m und die Dicke von 3 cm erreichen. Zweijährige Pflanzen (*plantae biennes*), für welche das Zeichen  $\odot$  eingeführt ist, nennt man diejenigen, welche, nachdem ihr Same in die Erde gelegt wurde, keimen und wachsen, aber im ersten Jahre, und zwar auch dann, wenn die Keimung schon im Frühling erfolgte, über den Aufbau eines kurzen belaubten Stammes nicht hinauskommen. Erst nach Ablauf einer mit der Trockenheit oder Kälte an dem betreffenden Standorte zusammenhängenden Ruhezeit, also erst nach Jahresfrist, verlängert sich ihr Stamm, entwickelt am Ende Blüten, und wenn die Früchte ausgebildet sind, stirbt die Pflanze wie die einjährigen Pflanzen vollständig ab. Als Beispiele zweijähriger Pflanzen mögen die aus Amerika eingewanderte, aber bei uns jetzt verbreitete Nachtkerze (*Oenothera biennis*), ferner der rote Fingerhut (*Digitalis purpurea*), die Königskerze (*Verbascum Thapsus*, *phlomoides*, *montanum*) aufgeführt werden. Die vieljährigen Pflanzen (*plantae multiennes*) verhalten sich im ersten Jahre ihres Wachstums ähnlich wie die zweijährigen, kommen aber in ihrem zweiten Lebensjahre noch nicht zur Blüten- und Fruchtbildung, sondern wachsen mit ihrem belaubten Stamme mehrere Jahre, nicht selten sogar mehrere Jahrzehnte hindurch, ohne zum Blühen zu kommen. In dem Maße, als die älteren Laubblätter des Stammes absterben, entwickeln sich an diesem immer wieder neue Laubblätter. Endlich erhebt sich als Abschluß des ganzen Pflanzenstockes ein mit zahlreichen Blüten bedeckter Blütenstand. Sobald die Blütezeit und die Reife der Früchte vorüber ist, stirbt die ganze Pflanze ab. Als Vorbild für diese selteneren Form kann die Schatten- oder Talipotpalme (s. Tafel in Bd. I, S. 203) gelten, welche bis 80 Jahre alt werden kann, ehe sie ihren gewaltigen Blütenstand erzeugt. Ihre letzten Blätter fangen dann an zu welken, hängen herab, und nach der Fruchtbildung stirbt das ganze mächtige Gebäude der schönen Palme ab. Auch einige Arten der Gattung *Yucca*, namentlich *Y. filamentosa*, gehören zu diesen vieljährigen monokarpischen Pflanzen.

Als bekanntes Beispiel für monokarpische vieljährige Gewächse mag hier *Agave americana* (s. Abbildung, S. 79) hervorgehoben werden. Aus dem Keimlinge dieser unter dem unrichtigen Namen der hundertjährigen Aloe bekannten Pflanze bildet sich ein kurzer Stamm, welcher mit rosettenförmig gestellten, starren, dornig gezähnten Blättern besetzt ist. Es vergehen 20, 30, angeblich manchmal 100 Jahre, in welchem Zeitraume diese *Agave* über die

Bildung der bodenständigen Rosette nicht hinauskommt. Endlich erhebt sich aus der Mitte der Rosette eine schlanke, mit auseinandergerückten, verhältnismäßig kleinen Blättern besetzte Fortsetzung des Stammes, die in einen reichen Blütenstand übergeht. Sobald sich aus den Blüten Früchte herausgebildet haben, stirbt die ganze Pflanze mitsamt allen Blättern ab; aus



Agaven der mexikanischen Hochebene. (Nach einer Photographie.) Zu S. 78—79.

der Wurzel und dem untersten Teile des Stammes wachsen aber meistens Sprosse hervor, durch welche sich die Agave weiter lebend erhält. Jeder dieser Sprosse kann zu einem selbständigen Stocke werden, an welchem sich der eben geschilderte Vorgang wiederholt. Auch die mexikanische *Fourcroya longaeva* wächst viele Jahrzehnte, ehe sie ihren 15 m hohen Blütenstand vor Ende ihres Lebens erzeugt.

Die polykarpischen Pflanzen werden auch ausdauernde (*plantae perennes*) genannt. In der beschreibenden Botanik ist für dieselben das Zeichen  $\lambda$  eingeführt worden.

Bei diesen sterben zwar nach dem Ausreifen der Früchte die Fruchtsiele und bisweilen die ganzen Sprosse, welche die Früchte getragen haben, ab, die ganze Pflanze erhält sich aber durch blütenlose, aus den Verzweigungen des Stammes und bisweilen auch aus der Wurzel hervorgehende Sprosse lebenskräftig und wachstumsfähig. Jeder dieser Sprosse kann früher oder später wieder Blüten und Früchte entwickeln. Mehrere dieser ausdauernden Pflanzen ähneln in ihrer äußeren Erscheinung den vieljährigen Pflanzen, unterscheiden sich aber von ihnen dadurch, daß sie nicht bloß einmal, sondern immer von neuem blühen. Beispiele ausdauernder Pflanzen sind die Stauden, wie Päonien, Helleborus-Arten, alle Sträucher und Bäume.

Von großem Einfluß auf die Gestalt der Pflanze ist der Umstand, ob die von dem Stamme ausgehenden Laubblätter gedrängt oder nicht gedrängt beisammenstehen. Wenn der jährliche Zuwachs des Stammes so kurz bleibt, daß die von ihm getragenen Laubblätter seine Achse ganz verdecken, so spricht man von einem Kurztrieb, wenn dagegen der jährliche Zuwachs des Stammes so sehr verlängert ist, daß derselbe von den auseinandergerückten Laubblättern nicht verhüllt wird, so wird dieser Jahrestrieb ein Langtrieb genannt.

Es gibt Pflanzen, deren Stamm zeitlebens nur mit Kurztrieben weiterwächst. So z. B. entwickelt der Stamm der auf S. 81 abgebildeten *Yucca gloriosa* alljährlich neue Kurztriebe von ungefähr 5 cm Höhe. Die Blätter, welche von diesem Stammstück ausgehen, sind ungemein dicht zusammengedrängt und bilden einen Schopf oder eine Rosette. Wenn sich in einem neuen Jahre der Stamm um einen weiteren Kurztrieb verlängert, so sterben die Laubblätter früherer Jahre allmählich ab, fallen ab, und es bleiben von ihnen nur häutige und faserige Reste der Blattscheiden oder manchmal auch nur schmale Ranten, welche die Narben der Ablösungsstellen umranden, zurück, und die Rosette oder der Schopf grüner, frischer Blätter wird jetzt von einem entblätterten Schaft oder säulenförmigen Stamme getragen. Das geht so fort viele Jahre hindurch, und man sieht dann von dem mit Narben besetzten, fast gleichdicken Stamme die riesige Blattrosette immer höher und höher über den Boden gehoben. Diese Form des Stammes ist häufig bei Pflanzen der tropischen und subtropischen Gebiete, namentlich bei den Zykadeen, Pandanazeen, Grasbäumen, Liliifloren und vor allem den Palmen. Meistens ist bei diesen Pflanzen der Stamm unverästelt. Doch gibt es auch einige Arten, wie die Dumpalme (*Hyphaene thebaica*) und der Drachenbaum (*Draecena Draco*), deren Stamm sich in Äste teilt, nachdem die Pflanze geblüht hat.

Viel häufiger als die nur mit Kurztrieben fortwachsenden Pflanzen sind jene, deren Stämme sich nur aus Langtrieben aufbauen. Es gehören dahin nicht nur zahllose Kräuter und Stauden, sondern auch die meisten Sträucher und Bäume aus den verschiedensten Familien und den verschiedensten Florengebieten.

Seltener sind Pflanzen, deren Stämme gleichzeitig oder in bestimmten Zeiträumen abwechselnd Langtriebe und Kurztriebe entwickeln. Die Triebe, welche im Frühling bei den Kiefern (*Pinus*) aus den Knospen hervorbrechen, sind Langtriebe. Jeder dieser Langtriebe ist aber schon in der Knospe mit den Anlagen zahlreicher Kurztriebe besetzt, deren jeder zwei bis sechs nadelartige Blätter trägt. Bei der Zirbelkiefer oder Arve (*Pinus Cembra*) sind diese Kurztriebe sehr genähert, wodurch verhältnismäßig kurze dicke Nadelbüschel entstehen. Bei den Lärchen trägt nur der untere Teil eines Sprosses reichnadelige Kurztriebe, das freie Ende desselben ist ein Langtrieb, und die von diesem getragenen Blätter sind deutlich auseinandergerückt. Diese Verschiedenheit in der Anordnung von Lang- und Kurztrieben bei der Arve und Lärche bleibt selbstverständlich nicht ohne Einfluß auf das Gesamtbild dieser beiden

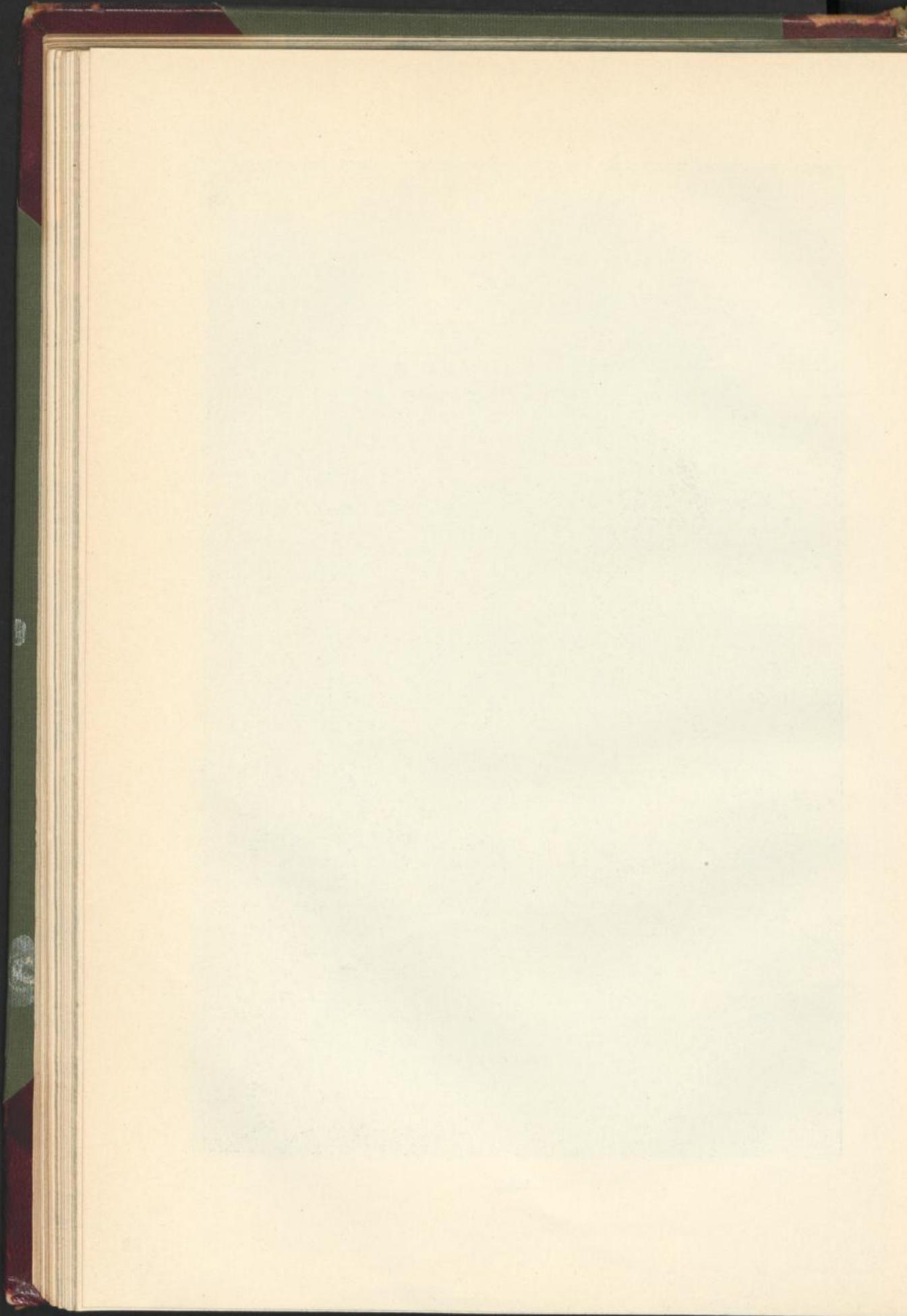




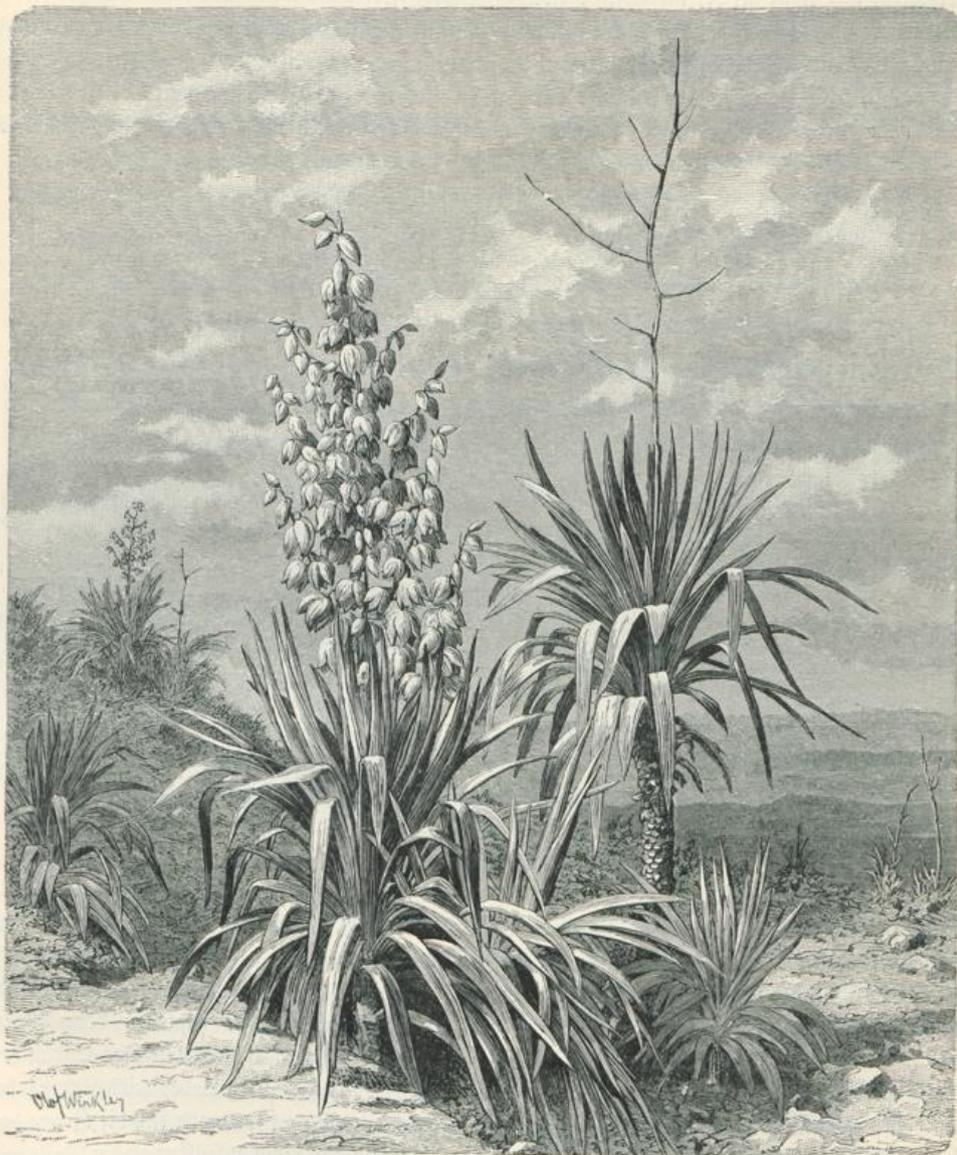
Arve.



Lärche.



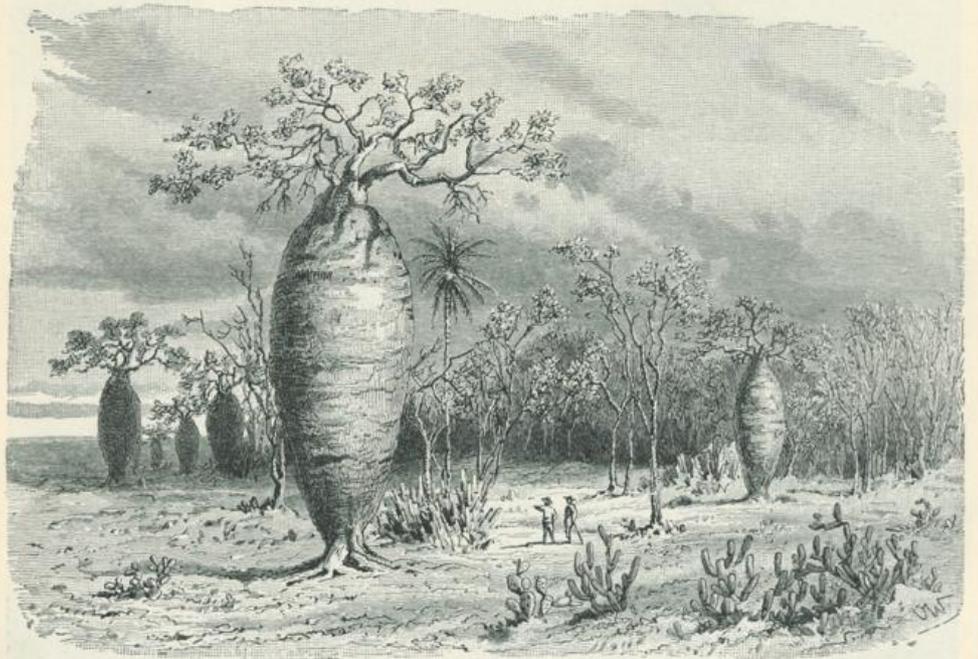
Nadelhölzer und auf die aus ihnen zusammengesetzten Waldformationen, was durch die beigehefteten Tafeln „Lärche“ und „Arve“ weit besser, als es Worte vermöchten, zum Ausdruck kommt.



*Yucca gloriosa.* (Nach einer Photographie.) Zu S. 80.

Für niedrige krautartige Gewächse, welche abwechselnd Kurz- und Langtriebe entwickeln, mögen als Beispiele die Arten der Gattung Hauswurz (*Sempervivum*) angeführt werden. Diese Gewächse entwickeln zunächst Kurztriebe mit rosettenförmig gruppierten Laubblättern. Aus der Rosette erhebt sich ein Langtrieb, welcher in einen blüten- und fruchttragenden Hochblattstamm übergeht. Nach dem Ausreifen der Früchte stirbt dieser Hochblattstamm ab, und

es kommen aus den Achseln der unteren Rosettenblätter ringsum Langtriebe hervor, deren jeder wieder mit einem Kurztriebe abschließt. Auch unter den Wasserpflanzen ist dieser Typus vertreten, und zwar an der merkwürdigen Wasserschere (*Stratiotes aloides*), von welcher schon wiederholt die Rede war. Bei dieser Pflanze kommen, ähnlich wie bei den Arten der Gattung Hauswurz, aus den Achseln der unteren Rosettenblätter Langtriebe hervor, welche so lange fortwachsen, bis sie über den Umfang der ganzen Rosette hinausgekommen sind. Ist das geschehen, so streckt sich der junge, wagerecht absteigende Langtrieb nicht mehr weiter, und das



Wollbäume in den Katingas Brasiliens. (Nach Martius.)

Ende desselben wird wieder zu einem Kurztriebe, nämlich zu einer Rosette, welche in den folgenden Jahren neuerdings Langtriebe aussendet.

Ein ähnlicher Wechsel von Lang- und Kurztrieben wird übrigens auch noch bei zahlreichen anderen Pflanzen beobachtet. Bei den Rosen und den holzigen, buschigen Spiräen, beim Weißdorn, Sanddorn, Sauerdorn und Bocksdorn, welche wir später als heckenbildende Sträucher kennen lernen werden, entwickeln sich aus demselben Sproß teils Langtriebe, teils Kurztriebe.

Die Stämme der Bäume, welche sich zu massiven, verholzten Trägern für die Krone der fortwachsenden belaubten Sprosse ausgebildet haben, sind in den meisten Fällen an der Basis am dicksten, und ihr Umfang nimmt nach oben allmählich ab, der Stamm hat also die Form eines langen, spitzen Kegels. Bei den Buchenbäumen (*Fagus silvatica*) und den meisten Palmen ist diese Abnahme oft so unmerkbar, daß ihr Stamm den Eindruck einer zylindrischen Säule macht. Einige Palmen, wie z. B. *Chamaerops humilis*, sowie mehrere Zekropien besitzen dagegen einen Stamm, der unterhalb des von ihnen getragenen Schopfes grüner Laubblätter dicker ist als an der Basis, und bei den sonderbaren Wollbäumen (*Bombazeen*), von welchen

auf S. 82 eine Abbildung eingeschaltet ist, bildet der Stamm eine tonnenförmig aufgetriebene Masse und zeigt ungefähr in der Mittelhöhe den größten Umfang.

Von großer Bedeutung für die Architektur der Pflanzenstämme ist auch das Bedürfnis der von ihnen getragenen Blätter nach Licht. Notwendigerweise muß der Stamm als Träger von Organen, welche die Aufgabe haben, im Sonnenlicht organische Stoffe zu bereiten, sich in betreff der Lage, welche seine Blätter im Luftraum einnehmen, der Beleuchtung richtig anpassen. Von den Gewächsen, deren Blätter von Kurztrieben ausgehen, kann selbst unter den günstigsten Bedingungen das Licht nur innerhalb eines verhältnismäßig eng umschriebenen Raumes ausgenutzt werden. Weit günstiger sind in dieser Beziehung solche Pflanzen gestellt, deren Stämme Langtriebe entwickeln. Diese können ihre Blätter stufenweise über- und nebeneinander ausbreiten und in der vorteilhaftesten Weise dem Sonnenlichte zuwenden. Die dahin zielenden biologischen Eigenschaften der Blätter sind im ersten Bande geschildert (S. 135 ff.). Aber die Lage der Blätter hängt außerdem von ihrer Entstehung und endlichen Stellung am Stamm ab, die eine so regelmäßige ist, daß man sich schon lange Zeit mit ihr beschäftigt hat.

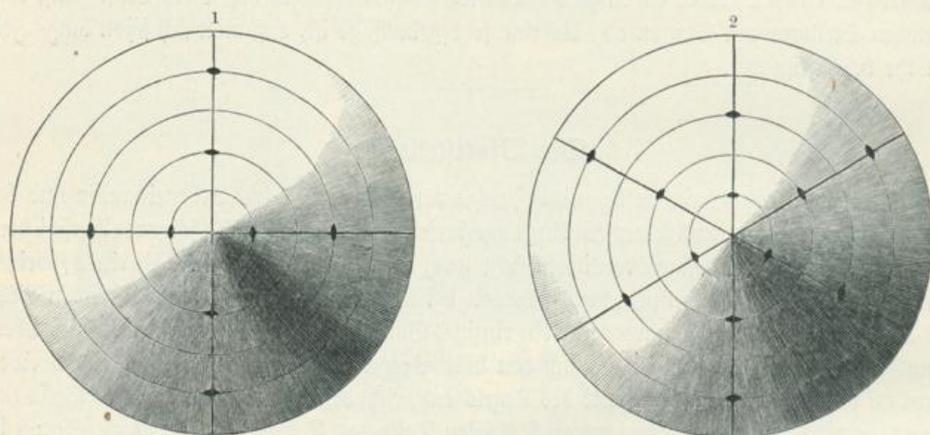
### Die Blattstellung.

Stellt man abgeschnittene belaubte Zweige verschiedener Bäume nebeneinander und betrachtet die Verteilung der Blätter am Umfange derselben, so fällt zunächst folgende Verschiedenheit in die Augen. Bei einigen von ihnen sieht man, daß genau in derselben Höhe eines Zweiges zwei oder mehr Blätter entspringen, während bei den anderen von ein und derselben Höhe des Stengels oder der Achse immer nur ein einziges Blatt ausgeht. Um diese Verhältnisse übersehen zu können, ist es vorteilhaft, sich den blättertragenden Sproß oder Stengel als einen Ke gel zu denken. Der Scheitelpunkt des Kegels entspricht dem oberen Ende und die Basis des Kegels dem untersten und insofern auch ältesten Teile des Sprosses. Der ganze Sproß ist nicht auf einmal fertig, er wächst an der Spitze fort und ist nach oben zu nicht nur jünger, sondern auch weniger beleibt als an dem der Basis naheliegenden älteren Teile. Er kann also in der Tat mit einem Ke gel ganz gut verglichen werden, wenn diese Gestalt auch nur selten so auffallend hervortritt wie in den folgenden schematischen Zeichnungen.

Was vom Alter der verschiedenen Teile des Sprosses gilt, hat natürlich auch für die von dem Sproß ausgehenden Blätter Geltung, d. h. die unteren Blätter eines Sprosses sind die älteren, die oberen sind die jüngeren. Wenn man auf die Spitze des Kegels blickt (s. Abbildung, S. 84), so liegen die Ausgangspunkte der älteren Blätter nahe dem Umfange der kreisförmigen Scheibe, welche die Basis des Kegels bildet, während die jüngsten Blätter nahe dem Scheitelpunkte, demnach dem Mittelpunkte genähert, entspringen. Durch die Blätter wird der Stengel gewissermaßen in übereinanderstehende Absätze geteilt. Gewöhnlich ist der Stengel an den Stellen, wo von ihm Blätter ausgehen, etwas verdickt oder knotenförmig angeschwollen, und man bezeichnet daher die Ursprungsstellen der Blätter als Stengelknoten, jedes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Knoten liegende Stengelstück aber als Zwischenknotenstück oder Internodium. Wenn von ein und demselben Höhepunkte des Stengels zwei Blätter ausgehen, so sind diese einander gegenübergestellt wie etwa die zwei ausgestreckten Arme des menschlichen Körpers, und sie erscheinen an dem kegelförmigen Stengel, dessen Querschnitt in allen Höhen einen Kreis vorstellt, genau um die Hälfte des Kreisumfanges ( $180^\circ$ )

voneinander entfernt (Fig. 1 der untenstehenden Abbildung). Entspringen in ein und derselben Höhe des Stengels drei Blätter, wie z. B. beim Oleander, so sind diese in horizontaler Richtung um den dritten Teil des Kreisumfangs ( $120^\circ$ ) voneinander entfernt. Sämtliche in einer Höhe entspringende Blätter bilden zusammen einen Wirtel, und die Entfernung der einzelnen Blätter voneinander nennt man den Horizontalabstand oder die Divergenz. Der Horizontalabstand beträgt in Fig. 1 die Hälfte, in Fig. 2 ein Drittel des Kreisumfangs, und man kann das auch kurz durch Angabe dieser Brüche ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ) zum Ausdruck bringen.

Beachtenswert ist, daß die dem Alter nach aufeinander folgenden und übereinander stehenden Blattwirtel ein und desselben Sprosses gegeneinander verschoben sind. So sieht man die Ausgangspunkte des zweiten zweigliederigen Wirtels in Fig. 1 gegen die Ausgangspunkte des ersten, ältesten und untersten zweigliederigen Wirtels um den vierten Teil des Kreisumfangs (d. h. um  $90^\circ$ , einem rechten Winkel) verschoben. Der dritte zweigliederige Wirtel ist



Schema für wirtelige Blattstellungen: 1) zweigliederige Wirtel, 2) dreigliederige Wirtel. Die Blätter sind durch schwarze Punkte angedeutet.

gegen das zweite Blattpaar wieder um einen rechten Winkel verschoben, und so geht das fort und fort am Stengel hinauf, soweit an demselben überhaupt Laubblätter zu sehen sind. Ist der Stengel verlängert, so erscheinen an ihm in dem besprochenen Falle vier geradlinige Zeilen (Orthostichen) entwickelt (Fig. 1). Würde ein Wirtel aus drei Blättern gebildet, und wären die aufeinanderfolgenden Wirtel um den sechsten Teil des Kreisumfangs verschoben, wie beispielsweise beim Oleander (Fig. 2), so entstehen sechs geradlinige Zeilen von Blättern, welche von der Basis zur Spitze des als Regel gedachten Stengels hinauflaufen.

Man kann sich den beblätterten Stengel auch in Stockwerke geteilt vorstellen, in Stockwerke, von welchen jedes die gleiche Zahl, Stellung und Verteilung der Blätter zeigt und in seinem Bauplan mit den höheren oder tieferen Stockwerken vollkommen übereinstimmt. In dem einen Falle (Fig. 1) ist jedes Stockwerk mit vier kreuzweise gestellten Blättern, in dem anderen Falle (Fig. 2) mit zweimal drei um  $60^\circ$  gegeneinander verschobenen Blättern besetzt. Würde man die übereinanderstehenden Stockwerke trennen, so würden sie in der Anlage einander zum Verwechseln ähnlich sehen. Jedes fängt unten genau so an und hört oben genau so auf wie das unter ihm und das über ihm stehende, und der einzige Unterschied liegt darin, daß die dem Gipfel des Zweiges näherliegenden jüngeren Abschnitte kleinere Abmessungen und

manchmal auch etwas anderen Umriß ihrer Blätter zeigen; der Bauplan aber ist, wie gesagt, in den übereinanderfolgenden Stockwerken ganz derselbe.

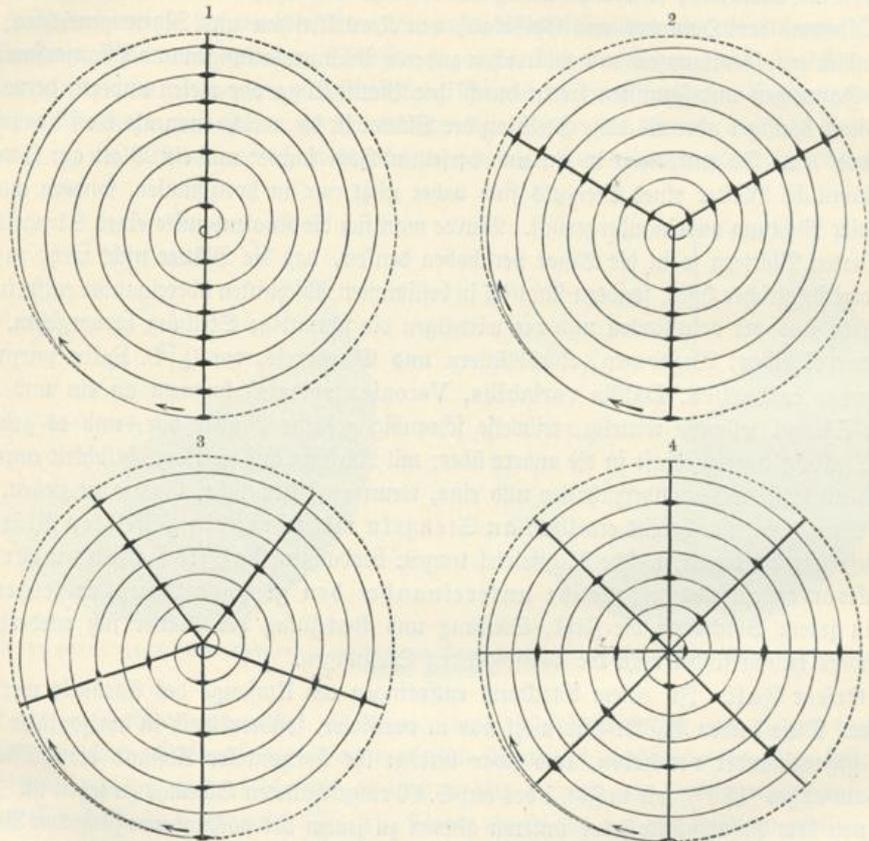
In den Fällen, wo jedem Stockwerke zwei Wirtel von Blättern angehören, die gegeneinander um einen bestimmten Winkel verschoben sind, insbesondere in dem sehr häufigen Falle, wo die Wirtel zweigliederig, d. h. die Blätter zu zwei und zwei gegenständig sind, und wo die übereinanderstehenden Blattpaare kreuzweise gestellt erscheinen, nennt man die Blätter dekussiert. Man trifft diese Anordnung insbesondere bei Ahornen und Eschen, dem Flieder und Ölbaum, dem Holunder und Geißblatt, den Kornelkirichen und Myrtengewächsen, den Lippenblütlern, Gentianazeen und zahlreichen anderen Pflanzengattungen und Pflanzenfamilien. Diese Gattungen und Familien treten durch ihre Blattstellung vor vielen anderen hervor.

Noch häufiger aber als diese Stellung der Blätter ist die, welche man als die schraubige bezeichnet hat. Da entspringt in ein und derselben Höhe immer nur ein Blatt am Stengel, und sämtliche Blätter eines Stengels sind daher nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung auseinandergerückt. Würde man sich die Knotenpunkte eines Stengels mit dekussierten Blättern so in die Länge verschoben denken, daß die Blätter nicht mehr zu zwei oder drei in gleicher Höhe, sondern sämtlich in bestimmten Abschnitten übereinander entspringen, so würde aus der dekussierten und der wirteligen die schraubige Stellung hervorgehen. Bei mehreren Weiden, Wegdornen, Korbblütlern und Ehrenpreisarten (z. B. *Salix purpurea*, *Rhamnus cathartica*, *Dahlia variabilis*, *Veronica spicata*) kommen an ein und demselben Stengel teilweise wirtelig, teilweise schraubig gestellte Blätter vor, und es geht die eine Stellung unzweifelhaft in die andere über; mit Rücksicht auf die Übersichtlichkeit empfiehlt es sich aber, sie auseinanderzuhalten und eine, wenn auch künstliche, Grenze zu ziehen.

Man kann, wie bereits erwähnt, an Stengeln mit schraubig gestellten Blättern gerade so wie bei denen, welche Blattwirtel tragen, beobachten, daß sie sich aus mehreren Stockwerken aufbauen, welche untereinander den gleichen Bauplan zeigen, so daß in jedem Stockwerke die Zahl, Stellung und Verteilung der Blätter sich wiederholen. Besonders häufig findet man die nachfolgenden Stellungen.

Erster Fall. In einem Stockwerk entspringen am Umfange des Stengels nur zwei Blätter. Diese beiden Blätter sind nicht nur in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung gegeneinander verschoben, und zwar beträgt ihr horizontaler Abstand die Hälfte des Kreisumfangs ( $180^\circ$ ), wie in Fig. 1 des auf S. 86 eingeschalteten Schemas zu sehen ist. Zieht man von dem Ansatzpunkte jedes unteren älteren zu jenem des nächstoberen jüngeren Blattes und von diesem zu dem dritten Blatt, also bis zum Beginn des nächsten höheren Stockwerkes, an der Stengeloberfläche eine fortlaufende Linie, so zeigt diese die Gestalt einer Schraube. Man hat sie die Grundspirale genannt. In dem hier erörterten ersten Falle bildet sie in jedem Stockwerke nur einen einfachen Schraubenumgang. Diese Anordnung wiederholt sich in einem zweiten, in einem dritten und in anderen Stockwerken, die an demselben Stengel übereinander folgen. Das untere Blatt des zweiten, dritten, vierten Stockwerkes kommt dabei immer genau über das untere Blatt des ersten Stockwerkes zu stehen. Dasselbe gilt von den oberen Blättern sämtlicher Stockwerke. So entstehen am Umfange des Stengels zwei geradlinige Zeilen oder Orthostichen aus übereinanderstehenden Blättern; die beiden Zeilen stehen sich gegenüber, oder, was dasselbe sagen will, sie sind um  $\frac{1}{2}$  des kreisförmigen Stengelumfangs voneinander entfernt. Diese Blattstellung, welche man z. B. bei Rüstern (*Ulmus*) und Linden (*Tilia*) bemerkt, wird die Einhalb-Stellung ( $\frac{1}{2}$ ) genannt.

Zweiter Fall. Jedes Stockwerk umfaßt drei Blätter, jedes Blatt steht in einer anderen Höhe, eins unten, eins in der Mitte und eins oben. In horizontaler Richtung erscheinen je zwei im Alter aufeinanderfolgende Blätter um den dritten Teil des Kreisumfangs gegeneinander verschoben (s. Fig. 2). Wenn der untere Blattanfaß mit dem mittleren und dieser mit dem oberen durch eine Linie verbunden werden und diese Linie bis zum Beginn des nächsten Stockwerkes fortgeführt wird, so ergibt sich ein einmaliger Schraubenumgang um den Stengel.

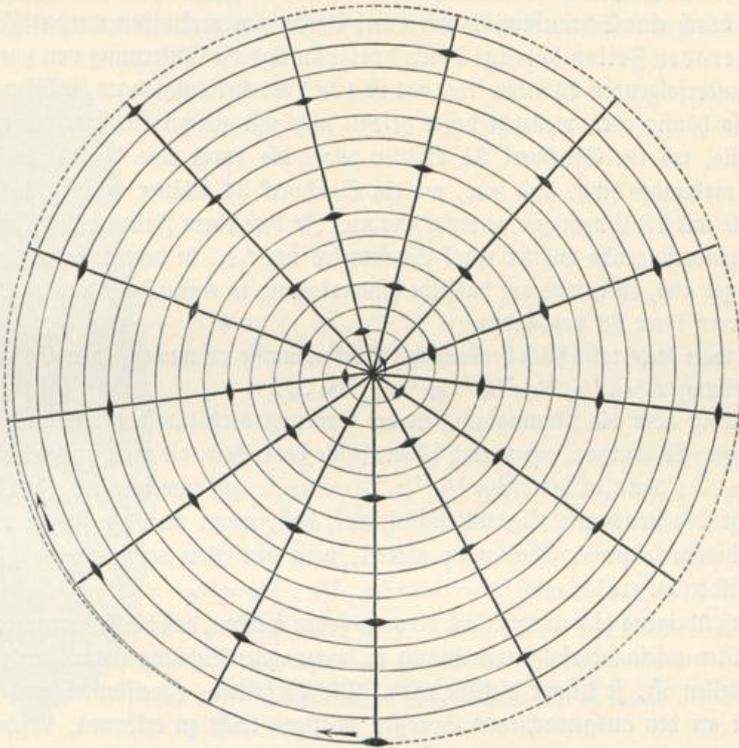


Schema für schraubige Blattstellungen: 1) Einhalb-Stellung, 2) Ein Drittel-Stellung, 3) Zweifünftel-Stellung, 4) Dreiachtel-Stellung. Die kegelförmigen Stengel in der Horizontalprojektion; die Ausgangspunkte der Blätter am Umfange des Stengels sind durch Punkte markiert. (Zu S. 87.)

Nun folgt über dem eben beschriebenen Stockwerke, das wir als das unterste bezeichnen, ein zweites, und zwar wieder mit drei Blättern genau in derselben Anordnung. Das unterste Blatt des zweiten Stockwerkes steht senkrecht über dem untersten Blatte des ersten Stockwerkes, das mittlere über dem mittleren, das obere über dem obersten, und so geht das fort durch sämtliche Stockwerke. Auf diese Weise entstehen am Anfange des Stengels drei geradlinige Zeilen oder Orthostichen aus übereinanderstehenden Blättern. Diese Stellung, welche man an den aufrechten Zweigen der Erlen sowie an denen der Haselnußsträucher findet, wird als die Ein Drittel-Stellung ( $\frac{1}{3}$ ) bezeichnet.

Dritter Fall. In einem Stockwerk entspringen fünf Blätter, die dem Alter nach als

erstes, zweites, drittes, viertes und fünftes zu bezeichnen sind. Das unterste ist das älteste, das oberste das jüngste. Diese fünf Blätter weichen einander in horizontaler Richtung aus, und zwar beträgt die Verschiebung zweier im Alter aufeinanderfolgender Blätter  $\frac{2}{5}$  des Kreisumfanges (s. das Schema auf S. 86, Fig. 3). Verbindet man die fünf Blätter nach ihrer Altersfolge, so erhält man eine Schraubenlinie, die zwei Umgänge bildet, um alle fünf Blätter zu berühren. Die Grundspirale macht demnach hier zwei Touren um den Stengel. Wenn sich ein Stengel mit dieser Anordnung der Blätter aus zwei oder mehreren Stockwerken aufbaut,



Schema für die Fünfbreittheil-Stellung. (Zu S. 88.)

so kommen die gleichnamigen Blätter in geraden Zeilen übereinander zu stehen, die ersten (untersten) Blätter sämtlicher Stockwerke bilden zusammen eine gerade Zeile (Orthostiche), ebenso die zweiten, die dritten usw. Auf diese Weise entwickeln sich am Umfange des Stengels fünf Zeilen aus übereinanderstehenden Blättern. Man bezeichnet diese ziemlich häufig vorkommende Stellung, welche man z. B. bei den Eichen, bei den Salweiden und bei mehreren Wegdornen findet, als die Zweifünftel-Stellung ( $\frac{2}{5}$ ).

Vierter Fall. In jedem Stockwerke finden sich acht Blätter, die man wieder dem Alter nach mit Nr. 1—8 bezeichnen kann. Je zwei der aufeinanderfolgenden Blätter weichen sich in horizontaler Richtung um  $\frac{3}{8}$  des Kreisumfanges aus (s. das Schema auf S. 86, Fig. 4). Zieht man, vom untersten ersten Blatt angefangen, eine Linie, welche sämtliche acht Blätter des Stockwerkes in der Altersreihe verbindet, so stellt sich diese als eine Schraubenlinie oder Grundspirale dar, welche drei Umgänge um den Stengel macht. An einem Stengel, der sich

aus mehreren solcher Stockwerke aufbaut, kommen wieder die mit den gleichen Nummern versehenen Blätter in geraden Zeilen übereinander zu stehen, und man sieht daher acht geradlinige Zeilen am Stengel hinauflaufen. Diese Stellung, welche z. B. bei Rosen und Himbeeren, bei Birnen und Pappeln, beim Goldregen und Sauerdorn vorkommt, wird die Dreiachtel-Stellung ( $\frac{3}{8}$ ) genannt.

Besonders häufig findet man bei Bäumen und Sträuchern mit schmalen Blättern, so namentlich beim Mandelbaum, beim Bocksdorn, bei der Lorbeerweide, dem Sanddorn und mehreren Spierstauden, einen weiteren fünften Fall, in welchem ein Stockwerk 13 Blätter enthält, die durch eine Schraubenlinie mit fünf Umgängen verbunden werden können. Die Zahl der geraden Zeilen beträgt dann dreizehn und die Entfernung von zwei dem Alter nach aufeinanderfolgenden Blättern  $\frac{5}{13}$ , das ist  $138^\circ$  des Kreisumfanges (s. Schema, S. 87).

Nicht so häufig oder, vielleicht besser gesagt, nicht mit gleicher Bestimmtheit nachweisbar sind die Fälle, wo ein Stockwerk 21 Blätter zeigt, die durch eine Grundspirale mit acht Umgängen verbunden sind, und jene, wo ein Stockwerk 34 Blätter umfaßt, die durch eine Grundspirale mit 13 Umgängen verkettet werden. In dem einen Falle weichen sich je zwei im Alter aufeinanderfolgende Blätter eines Stockwerkes um  $\frac{8}{21}$ , in dem anderen um  $\frac{13}{34}$  des Kreisumfanges aus, oder, was auf dasselbe hinauskommt, in einem Falle sind 21 Orthostichen, in dem anderen ihrer 34 vorhanden.

Stellt man diese tatsächlich beobachteten Vorkommnisse zusammen, so ergibt sich die Reihe von Blattstellungen  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{5}$ ,  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{5}{13}$ ,  $\frac{8}{21}$ ,  $\frac{13}{34}$  . . .

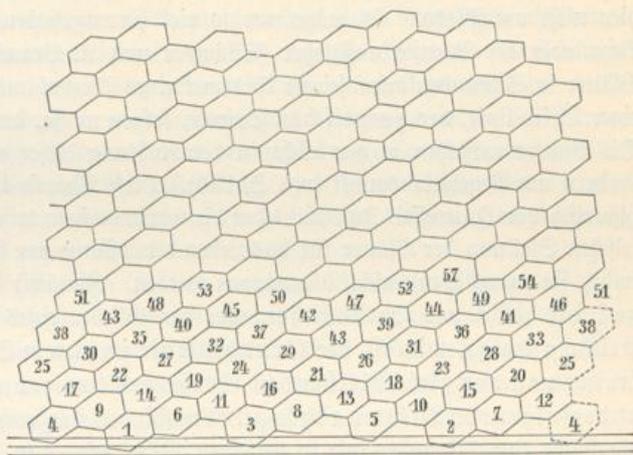
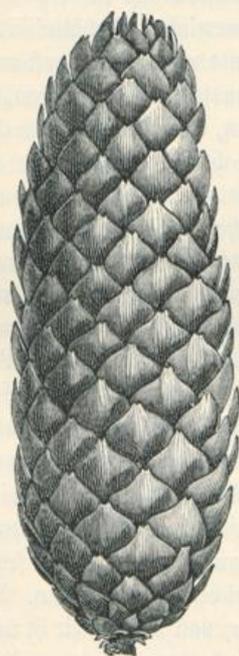
Hiermit ist aber die Mannigfaltigkeit der Stellungsverhältnisse der Blätter noch lange nicht erschöpft. Es wurden, wenn auch selten, Fälle beobachtet, die man in der Reihe  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{2}{9}$ ,  $\frac{3}{14}$ ,  $\frac{5}{23}$  . . ., dann in der Reihe  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{7}$ ,  $\frac{3}{11}$ ,  $\frac{5}{18}$  . . . zusammenstellte. In allen Reihen fällt die sehr beachtenswerte Eigentümlichkeit auf, daß, wenn man die Zähler und Nenner zweier aufeinanderfolgender Stellungen addiert, man den Wert der folgenden Blattstellung durch diese Addition erhält, also  $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{5}$ ,  $\frac{1}{3} + \frac{2}{5} = \frac{3}{8}$ .

Es muß übrigens hier ausdrücklich hervorgehoben werden, daß die Entfernung, um welche sich die im Alter aufeinanderfolgenden Blätter in horizontaler Richtung ausweichen, desto schwieriger festzustellen ist, je kleiner dieselbe wird. Die Eindrittel-, Zweifünftel- und Dreiachtel-Stellung ist an den ausgewachsenen Sprossen meistens leicht zu erkennen, obschon auch da mitunter Zweifel auftauchen, ob die drei, fünf oder acht Orthostichen vollkommen gerade Linien darstellen; der Nachweis der  $\frac{8}{21}$ - und  $\frac{13}{34}$ -Stellung ist aber, zumal an grünen, krautartigen Stengeln, stets sehr schwierig und unsicher.

Es gibt auch nur wenige Pflanzen, an deren Zweigen oder Achsen übereinander mehrere Stockwerke mit 21 oder 34 Blättern folgen. Dagegen kommt es vor, daß an manchen Sprossen nicht einmal ein Stockwerk ganz ausgebaut ist, oder, mit anderen Worten, daß unter mehr als 100 Blättern, die an einer Achse stehen, nicht zwei zu finden sind, welche genau senkrecht übereinanderstehen, so daß man dann von geradlinigen Orthostichen nicht sprechen kann. An manchen reichbeblätterten Nadelholzapfen sucht man z. B. vergeblich nach geradlinigen Zeilen und ist nicht imstande, auch nur annähernd anzugeben, wie viele Blätter ein Stockwerk umfaßt.

An solchen Sprossen ist es, zumal dann, wenn die Blätter sehr zusammengedrängt sind, auch nicht leicht, die Altersreihe festzustellen, d. h. die Blätter mit denjenigen Nummern zu bezeichnen, welche ihre Altersfolge angeben. Es ist das um so schwieriger, als sich an solchen sehr dicht und reich beblätterten Achsen die Blätter in andere schraubenförmige Reihen oder

Zeilen ordnen, welche weit mehr in die Augen fallen als die Altersreihe oder Grundspirale selbst. Man hat solche schraubenförmige Reihen, die man an den Sprossen vieler Fetztpflanzen (Sedum, Sempervivum), bei den Arten von Pandanus und Yucca, an den Zweigen von Bärlappen und Koniferen, besonders auffallend auch an Blütenständen der Korbblütler und Zapfen vieler Nadelhölzer beobachtet, und für welche als Beispiel ein Fichtenzapfen in der untenstehenden Abbildung vorgeführt werden mag, mit dem Namen Parastichen bezeichnet. Man sieht an dem Zapfen sehr deutlich zwei sich kreuzende Schrägzeilensysteme, von denen das eine nach rechts, das andere nach links aufsteigt. Man kann diese Schrägzeilen benutzen, um mit ihrer Hilfe zu ermitteln, welche Blätter dem Alter nach aufeinander folgen, und das



Parastichen eines Fichtenzapfens. Die acht nach links gewendeten steileren Parastichen gehen von den Punkten 1, 6, 3, 8, 5, 2, 7, 12, die fünf nach rechts gewendeten weniger steilen Parastichen von den Punkten 4, 1, 3, 5, 2 aus.

geschieht dadurch, daß man zunächst feststellt, wie viele solcher schraubiger Zeilen an der untersuchten Achse parallel nach links und wie viele nach rechts hinaufziehen. Es ist einleuchtend, daß diese Schrägzeilen durch die Anordnung der Blätter nach der „Grundspirale“ von selbst zustande kommen müssen, ähnlich, wie wenn beim Druck eines Tapetenmusters aus Längsreihen der Figuren des Musters solche Schrägzeilen entstehen. Dadurch wird es erklärlich, daß, wenn die Grundspirale bei dichtgestellten zahlreichen Blättern nicht zu erkennen ist, man aus den leichter sichtbaren Schrägzeilen die Grundstellung ableiten kann. Die Zahlen der Schrägzeilen enthalten den Wert der Divergenz, indem die kleinere Zahl den Zähler, die Summe beider den Nenner des Bruches bildet. Hat man z. B. 5 und 8 Schrägzeilen gefunden, so ist die daraus abgeleitete Blattstellung  $\frac{5}{5+8} = \frac{5}{13}$  und man kann danach die Blätter numerieren. An dem Fichtenzapfen z. B. (s. obenstehende Abbildung) laufen acht solche Zeilen oder Parastichen ziemlich steil schräg nach links und fünf etwas weniger steil schräg nach rechts hinauf. Um nun zu ermitteln, welche Blätter im Alter aufeinander folgen, bezeichnet man das unterste Blatt mit 1 und benutzt die Zahlen 8 und 5 in folgender Weise. Die Blätter der steileren

Parastiche, welche sich an 1 anschließen, werden durch Dazuzählen von 8 mit 9, 17, 25, 33, 41 usw. numeriert. Die Blätter der weniger steilen Parastiche, welche sich an 1 anschließen, numeriert man dagegen durch Dazuzählen von 5 mit 6, 11, 16, 21, 26 usw. Es läßt sich dann die Numerierung leicht durch Abziehen und Dazuzählen der Zahlen 8 und 5 auch an den anderen Parastichen ergänzen, und die so gewonnenen Nummern geben die Altersfolge der Blätter am Zapfen an. Am besten kann man diese etwas verwickelten Verhältnisse zur Anschauung bringen, wenn man sich die Oberfläche einer beblätterten, nahezu zylindrischen Achse, z. B. eines Fichtenzapfens, der Länge nach aufgeschnitten, auseinandergerollt und ausgebreitet denkt, so daß sämtliche Blattschuppen in eine Ebene zu liegen kommen, wie solches in der auf S. 89 stehenden schematischen Abbildung veranschaulicht ist.

Begreiflicherweise haben die hier übersichtlich dargestellten geometrischen Verhältnisse der Blattstellung von jeher das lebhafteste Interesse erregt, und es konnte nicht fehlen, daß man die verschiedensten Spekulationen an dieselben knüpfte. Auf diese ausführlich einzugehen, ist hier nicht am Platze. Es möge nur so viel hervorgehoben werden, daß die Annahme der Begründer der Blattstellungslehre (Schimper und A. Braun), die häufige Anordnung der Blätter in Schraubenlinien sei ein Ausdruck eines Wachstumsgesetzes, indem die Blattbildung einer Spirallinie, der genetischen Spirale, folgen müsse, durch nichts bewiesen werden kann. Die Blätter entstehen ja gar nicht in der Richtung dieser erst später hervortretenden Linie, sondern am Vegetationspunkt (vgl. S. 130). Diese Theorie ist demnach verlassen, wenn auch historisch von Interesse. Insofern aber die merkwürdigen tatsächlichen Verhältnisse der geometrischen Stellung der Blätter für das Leben der Pflanze von Bedeutung sind, können die Versuche, sie zu erklären, nicht übergangen werden. Zunächst ist auf den Befund hinzuweisen, daß die Zahl der Orthostichen oder der Glieder eines Stockwerkes sowie die Zahl, welche anzeigt, wie oft die Grundspirale in einem Stockwerke den Stengel umkreist, von der gleichbleibenden Größe des horizontalen Abstandes der aufeinanderfolgenden Blätter abhängt. Um sich das klarzumachen, ziehe man auf einer Kegeloberfläche eine Schraubenlinie in derselben Weise, wie es in den Figuren auf S. 86 zu sehen ist, und trage nun in diese Schraubenlinie Punkte in fortlaufend gleichen Abständen ein. Die Größe des Abstandes der Punkte kann ganz beliebig gewählt werden; von Wichtigkeit ist nur, daß die aufeinanderfolgenden Punkte den einmal gewählten Abstand einhalten. Gesezt den Fall, es würden die Punkte in der Entfernung von  $\frac{1}{10}$  des Kreisumfanges ( $36^\circ$ ) auf die Schraubenlinie eingetragen, so kommen auf je einen Umgang der Schraube zehn Punkte in gleichen Abständen zu liegen. Mit dem zehnten Zehntel hat aber die Schraubenlinie den Ke gel oder den Stengel einmal umkreist; der erste Punkt kommt über dem ersten Punkt zu liegen, und es beginnt mit ihm ein neuer Umgang und ein neues Stockwerk. Es werden sich an einem solchen Stengel notwendig zehn Orthostichen ergeben, und wenn wir an die Stelle der Punkte Blätter setzen, so wäre die Blattstellung durch  $\frac{1}{10}$  auszudrücken.

Tragen wir nun, um noch ein Beispiel zu bringen, die Punkte in horizontalem Abstände von  $\frac{2}{7}$  des Kreisumfanges auf die Schraubenlinie ein. Wie stellen sich da die Punkte? Punkt 2 ist gegen Punkt 1 um  $\frac{2}{7}$ , Punkt 3 um  $\frac{2}{7} + \frac{2}{7} = \frac{4}{7}$ , Punkt 4 um  $\frac{2}{7} + \frac{2}{7} + \frac{2}{7} = \frac{6}{7}$ , Punkt 5 um  $\frac{2}{7} + \frac{2}{7} + \frac{2}{7} + \frac{2}{7} = \frac{8}{7}$  auf der Grundspirale vorgerückt. Punkt 4 liegt noch nicht genau über dem Punkte 1, und Punkt 5 liegt schon über 1 hinaus, keiner von beiden kommt genau über 1 zu stehen. Man bringt nun weitere Punkte immer in dem gleichen Abstand auf dem zweiten Umgange der Schraubenlinie an, zunächst den Punkt 6, dieser ist

um  $\frac{10}{7}$ , dann Punkt 7, dieser ist um  $\frac{12}{7}$ , endlich Punkt 8, dieser ist um  $\frac{14}{7}$  gegen 1 auf der Grundspirale vorgeschoben. Punkt 8 kommt genau über Punkt 1 zu liegen. Dort endigt der zweite Umgang der Schraubenlinie, dort hört auch das erste Stockwerk auf, und es beginnt mit Punkt 8 ein neues Stockwerk. Es würden sich an einem Stengel, dessen Blätter dieselbe Verteilung wie die Punkte in dem eben erörterten Beispiele zeigen, und von denen je zwei und zwei um  $\frac{2}{7}$  des Kreisumfangs in horizontaler Richtung voneinander entfernt sind, sieben Orthostichen ergeben. Die Grundspirale, d. h. die Linie, welche die übereinanderfolgenden Blätter in ihrer Altersfolge verbindet, würde zwei Umgänge um den Stengel machen. Eine solche Blattstellung aber würde als Zweifliebentel-Blattstellung zu bezeichnen sein. Aus diesen Beispielen geht hervor, daß jedem beliebigen, wenn nur gleichbleibenden horizontalen Abstände der im Alter aufeinanderfolgenden Blätter eine bestimmte Blattstellung entspricht. Der am Kreisumfang des Stengels gemessene Abstand mag ein großer oder kleiner sein, immer wird sich schließlich eine gleichmäßige Verteilung der Blätter rings um den Stengel herausstellen, und die Blätter werden in gleicher horizontaler Entfernung nach so vielen Richtungen abstehen, als durch den Nenner des den Abstand angezeigenden Bruches angegeben werden. Die Schraubenlinie aber, welche alle durch den Nenner angegebenen Blätter miteinander verbindet, wird so viele Umgänge um den Stengel machen, wie durch den Zähler angezeigt werden. Mit anderen Worten: Die Größe des horizontalen Abstandes gibt immer auch schon die Blattstellung an. Der Nenner des die Blattstellung angezeigenden Bruches ist gleich der Zahl der Orthostichen, und der Zähler ist gleich der Anzahl der Umgänge, welche die Grundspirale in einem Stockwerke macht.

Es ist hier nochmals der schon oben (S. 88) berührten Beobachtung zu gedenken, wonach jene Bruchzahlen, durch welche die an den Pflanzen tatsächlich gefundenen Blattstellungen ausgedrückt werden, Glieder einer bestimmten Zahlenreihe sind. Man mag was immer für Horizontalabstände zwischen den aufeinanderfolgenden Blättern beobachtet haben, immer sind dieselben Näherungswerte eines unendlichen Kettenbruches von der Form:

$$\frac{1}{z + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 \dots}}}$$

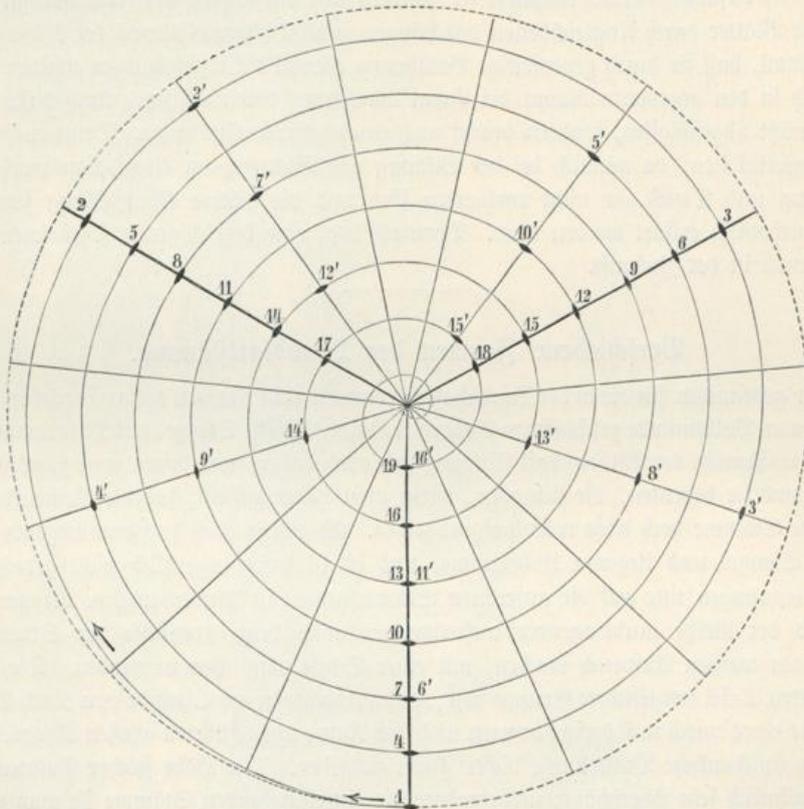
bei welchem  $z$  eine ganze Zahl ist. Setzt man nun für  $z$  die Zahl 1, so gelangt man durch Bildung der aufeinanderfolgenden Näherungswerte zu der Reihe  $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{5}{8}, \frac{8}{13}, \frac{13}{21} \dots$ ; setzt man  $z = 2$ , so erhält man  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21} \dots$ ; setzt man  $z = 3$ , so erhält man  $\frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{2}{7}, \frac{3}{11}, \frac{5}{18}, \frac{8}{29} \dots$ , und setzt man  $z = 4$ , so ergibt die Reihe  $\frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{2}{9}, \frac{3}{14}, \frac{5}{23}, \frac{8}{37} \dots$ . Das Merkwürdige hierbei ist, daß unter allen diesen Blattstellungen diejenigen, welche durch die Zahlen  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}$  ausgedrückt werden, am häufigsten vorkommen, während Blattstellungen, welche den anderen obenerwähnten Reihen angehören, nur äußerst selten beobachtet werden. Tatsächlich erscheint also jene Reihe am öftesten, in welcher für  $z$  die Zahl 2 substituiert wird. Man hat den Vorteil, welchen die aus dieser Zahl hervorgehende Reihe bietet, dahin erklärt, daß durch sie einerseits Blattstellungen zustande kommen, bei welchen durch die kleinstmögliche Zahl von Blättern in jedem Stockwerke schon eine gleichmäßige Verteilung derselben erreicht wird, und andererseits doch auch wieder Blattstellungen entstehen, welche ein Ausladen der Blätter vom Stengel weg nach sehr zahlreichen Richtungen ermöglichen.

Den Grund, warum jede Pflanzenart ganz unabhängig von äußeren Einflüssen, sozusagen ohne Kenntnis von den Verhältnissen, denen ihre Laubblätter in Zukunft ausgesetzt sein werden, schon in der Knospe die Blätter in vorteilhafter Weise anlegt, kennen wir im einzelnen nicht. Es handelt sich hier um Wachstumsäußerungen, die wir höchstens mit anderen beobachteten Erscheinungen einmal vergleichen können, nur um die Schwierigkeit des Problems zu erläutern, nicht aber, um es zu lösen. Gleichwie in der wässerigen Lösung eines Salzes Kristalle anschießen, die je nach der Konstitution dieses Salzes bald mit sechsseitigen, bald mit dreiseitigen Ecken sich erheben, Kristalle, deren Flächen immer dieselben Umrisse und deren Kanten immer eine genau bestimmte Größe der Winkel zeigen, so müssen die blattbildenden Gewebehügel gewissen Ursachen folgen, die im Inneren der Pflanze liegen, uns unbekannt sind und vorläufig mit dem Namen „erbliche Anlage“ od. dergl. zusammengefaßt werden. Die Stelle, wo am Umfange des Stengels ein Blatt entsteht, hängt gewiß nicht vom Zufall ab, sondern ist in dem molekularen Aufbau und in der Zusammensetzung des Protoplasmas der betreffenden Pflanzenart begründet; und wenn sich die Blätter an dem Zweige der Eiche immer nach  $\frac{2}{5}$  anordnen, so ist die Beständigkeit dieser Anordnung nicht mehr und nicht weniger merkwürdig als die Beständigkeit in der Größe der Kantenwinkel an einem Maunoktaeder.

Jede Knospe, welche die Anlage eines beblätterten Zweiges bildet, läßt an dem Umfange der noch sehr kurzen, kegelförmigen Achse schon die Ursprungsstätten der Blätter erkennen, und immer sind die Lage und der gegenseitige Abstand der Blattansätze geometrisch genau zu bestimmen. Hat sich dann die Achse verlängert und ist aus der Knospe ein gestreckter Zweig hervorgegangen, so stimmt die Stellung, welche die auseinandergerückten und ausgewachsenen Blätter zeigen, nicht immer mit jener in der Knospe überein. Die Blattstellung ist eben infolge des wechselseitigen Druckes der Zellgruppen bei dem Längen- und Dickenwachstum und infolge der hiermit zusammenhängenden Verschiebungen und Drehungen der Achse eine andere geworden. Hat sich die Drehung nur auf einen Teil des Stengels beschränkt, so sieht man, mitunter recht auffallend, ein förmliches Umspringen der einen Blattstellung in die andere.

Um sich die auf solche Art entstehenden Veränderungen anschaulich zu machen, braucht man nur einen krautartigen, beblätterten Stengel abzupflücken, an den beiden Enden zu fassen und so zu drehen, wie man etwa ein Bündel von Fäden zu einem Stricke drehen würde. Die Ansatzpunkte der Blätter werden dadurch gegeneinander verschoben; aus den Orthostichen werden Parastichen, und neue, oft sehr verwickelte Blattstellungen kommen zum Vorschein. Auch lassen sich die Veränderungen, welche durch die Drehung des Stengels erfolgen, durch die auf S. 93 eingeschaltete Abbildung ersichtlich machen. Gesezt den Fall, es würden an dem in dieser Abbildung in der Horizontalprojektion dargestellten jungen, kegelförmigen Stengel die schwarzen Punkte entlang den drei dickeren Linien Ansätze von Blättern bedeuten, welche sich um  $\frac{1}{3}$  des Kreisumfangs gegenseitig ausweichen. Dieser Stengel habe nun bei seiner Verlängerung auch eine Drehung erfahren, und zwar um eine ganz bestimmte, für alle Abschnitte des Stengels gleichbleibende Größe. Jedes zwischen zwei dem Alter nach aufeinander folgende Blätter eingeschaltete Stengelstück sei nämlich um  $\frac{1}{15}$  des Kreisumfangs ( $24^\circ$ ) gedreht worden, und infolgedessen betrage jetzt der gegenseitige Abstand der Blätter nicht mehr  $\frac{1}{3}$  des Kreisumfangs, d. h.  $120^\circ$ , sondern  $120 + 24 = 144^\circ$ , d. h. also soviel wie  $\frac{2}{5}$  des Kreisumfangs. Infolgedessen kommen die Ausgangspunkte der Blätter an die Punkte zu stehen, welche durch Striche neben den Ziffern bezeichnet wurden, und es ist aus der Eindrittel-Stellung die Zweifünftel-Stellung hervorgegangen. In ähnlicher Weise entsteht aus der

Eindrittel-Stellung die Dreiachtel-Stellung, wenn infolge der Drehung jeder der aufeinanderfolgenden Punkte um  $\frac{1}{24}$  des Kreisumfangs ( $15^\circ$ ) vorrückt und der horizontale Abstand nicht mehr  $\frac{1}{3}$ , sondern  $\frac{3}{8}$  des Kreisumfangs beträgt. In die Einhalb-Stellung wird die Eindrittel-Stellung umgewandelt, wenn in einem Stockwerke das zweite Blatt, welches in der Knospe von dem ersten um  $\frac{1}{3}$  des Kreisumfangs entfernt ist, infolge der Drehung des auswachsenden Stengels um  $\frac{1}{6}$  des Kreisumfangs ( $60^\circ$ ), also genau um so viel vorrückt, daß es nun um einen halben Kreisumfang ( $180^\circ$ ) von dem ersten entfernt ist. Gerade



Verschiebung der Blattansätze zufolge Drehung des Stengels. Umwandlung der Eindrittel-Stellung in die Zweifünftel-Stellung. Punkt 2 ist infolge der Drehung nach 2' versetzt; Punkt 3 nach 3' usw. (Zu S. 92.)

diese Veränderung ist namentlich an den auswachsenden Zweigen von Buchen und Hainbuchen, Haseln und vielen anderen Bäumen und Sträuchern zu sehen. In den Knospen der Seitenzweige sind die Blätter nach  $\frac{1}{3}$  gestellt, an den ausgewachsenen, holzig gewordenen Seitenzweigen erscheinen sie nach  $\frac{1}{2}$  gestellt. Da man überhaupt in den Knospen die einfachsten Fälle, zumal die Eindrittel-Stellung, am häufigsten beobachtet, so liegt der Gedanke nahe, daß die Zahl der ursprünglichen Blattstellungen eigentlich nur sehr gering ist, und daß kompliziertere Blattstellungen, welche durch Bruchzahlen ausgedrückt werden, in denen der Nenner eine zweizifferige Zahl darstellt, meistens durch Drehung der einzelnen Stengelglieder während ihres Wachstumes hervorgehen. Es ist hier noch darauf hinzuweisen, daß die Blattstellung desto verwickelter wird, je geringer die Drehung ist, welche ein Internodium erfährt.

was schon aus der obigen Darstellung ersichtlich wird; auch ist erwähnenswert, daß bei Pflanzen, deren Laubblätter zu zwei, drei oder mehr in ein und derselben Höhe am Stengel entspringen, bei Pflanzen also, die wirtelständige Blätter besitzen, solche Drehungen der Stengelglieder und dadurch bedingte Veränderungen der Blattstellung gleichfalls häufig vorkommen.

Diese Beobachtung von Veränderungen der Blattstellung deutet schon auf die Berechtigung von Versuchen hin, dieselbe mechanisch aufzuklären. Schwendener hat eine mechanische Blattstellungstheorie aufgestellt, welche beweisen will, daß die Blattstellung nicht durch innere Ursachen vorher bestimmt sei, sondern nur das Endergebnis von Verschiebungen, welche die Blätter durch Ungleichheiten des Längen- und Dickenwachstums der Achse erleiden. Dazu kommt, daß sie durch gegenseitige Berührung ebenfalls Verschiebungen erleiden können, da sie sich in den gegebenen Raum bei ihrem Wachstum teilen müssen. Auch diese Theorie ist aber nicht abgeschlossen, sondern bedarf noch eines besseren Ausbaues. Denn auch sie stößt auf Schwierigkeiten, da nämlich bei der Bildung von Blättern am Vegetationspunkt häufig Berührung und Druck gar nicht vorhanden sind und die spätere Blattstellung somit nicht immer mechanisch erklärt werden kann. Demnach liegt eine befriedigende Theorie der Blattstellung noch in der Zukunft.

### Verschiedene Formen der Laubblattstämme.

Wir gebrauchen für die in der Landschaft hervortretenden Formen des aufrechten Stammes die vom Volksmunde geschaffenen Ausdrücke Halm, Schaft, Stengel und Holzstamm, welche auch in die Sprache der Wissenschaft Eingang gefunden haben, von denen zwar jeder zu wissen glaubt, was sie bedeuten, die sich aber, wenn man näher zusieht, für die Nomenklatur der aufrechten Stämme doch nicht recht geeignet zeigen. Es gibt ja auch horizontalliegende Halme, liegende Stengel und liegende Holzstämme, und es ist daher eigentlich nicht gerechtfertigt, diese Benennungen nur auf die aufrechten Stammformen in Anwendung zu bringen.

Aus der Reihe laubtragender aufrechter Stämme kann jedenfalls der Stamm der Palme am meisten Anspruch machen, mit einer Säule verglichen zu werden. Die auf der beigehefteten Tafel vorgeführte Gruppe von „Palmyrapalmen am Strande von Nord-Ceylon“, eine Kopie eines durch v. Königsbrunn nach der Natur ausgeführten großen Aquarells, vermag eine anschauliche Vorstellung dieser Form zu geben. Die Höhe solcher Palmenstämme wird gewöhnlich sehr überschätzt; insbesondere die einzelnstehenden Stämme ist man versucht, viel höher zu veranschlagen, als sie wirklich sind. Es beruht das auf einer optischen Täuschung, ähnlich wie bei dem Abschätzen der Höhe von Bergen. Ein isolierter, mit steilen Wänden aufragender Berggipfel wird beim ersten Anblick immer für höher gehalten als ein langgezogener Rücken, der mit sanften Gehängen allmählich ansteigt, wenn beide auch genau dieselbe Elevation zeigen, und so geht es einem auch bei dem Abschätzen der Höhe von Stämmen. Die isoliert aus niederem Gestrüppe aufragende Palmyrapalme scheint bei flüchtiger Betrachtung weit höher als eine in betreff der Stammhöhe tatsächlich gleichhohe Baumart, die, im geschlossenen Bestande wachsend, mit ihren Wipfeln sich nur wenig über andere Baumkronen erhebt. Den höchsten säulenförmigen Stamm besitzt *Ceroxylon andicola*, eine in den Anden heimische Palme, von welcher Stämme von 57 m nachgewiesen sind. Der Stamm der Kokospalme (*Cocos nucifera*) erreicht die stattliche Höhe von 32 m, jener der auf der Tafel abgebildeten Palmyrapalme (*Borassus flabelliformis*) 30 m. Die meisten anderen



Palmyra-Palmen am Strand von Nord-Ceylon.

Nach Hagenhoff von H. Kählermann.

was schon aus der obigen Darstellung ersichtlich wird; auch ist erwähnenswert, daß bei Pflanzen, deren Laubblätter zu zwei, drei oder mehr in ein und derselben Höhe am Stengel entspringen, bei Pflanzen also, die wirtelständige Blätter besitzen, solche Drehungen der Stengelglieder und dadurch bedingte Veränderungen der Blattstellung gleichfalls häufig vorkommen.

Diese Beobachtung von Veränderungen der Blattstellung deutet schon auf die Berechtigung von Versuchen hin, dieselbe mechanisch aufzuklären. Schwendener hat eine mechanische Blattstellungstheorie aufgestellt, welche beweisen will, daß die Blattstellung nicht durch innere Ursachen vorher bestimmt sei, sondern nur das Endergebnis von Verschiebungen, welche die Blätter durch Ungleichheiten des Längen- und Dickenwachstums der Achse erleiden. Dazu kommt, daß sie durch gegenseitige Berührung ebenfalls Verschiebungen erleiden können, da sie sich in den gegebenen Raum bei ihrem Wachstum teilen müssen. Auch diese Theorie ist aber nicht abgeschlossen, sondern bedarf noch eines besseren Ausbaues. Denn auch sie stößt auf Schwierigkeiten, da nämlich bei der Bildung von Blättern am Vegetationspunkt häufig Berührung und Druck gar nicht vorhanden sind und die spätere Blattstellung somit nicht immer mechanisch erklärt werden kann. Demnach liegt eine befriedigende Theorie der Blattstellung noch in der Zukunft.

### Verschiedene Formen der Laubblattstämme.

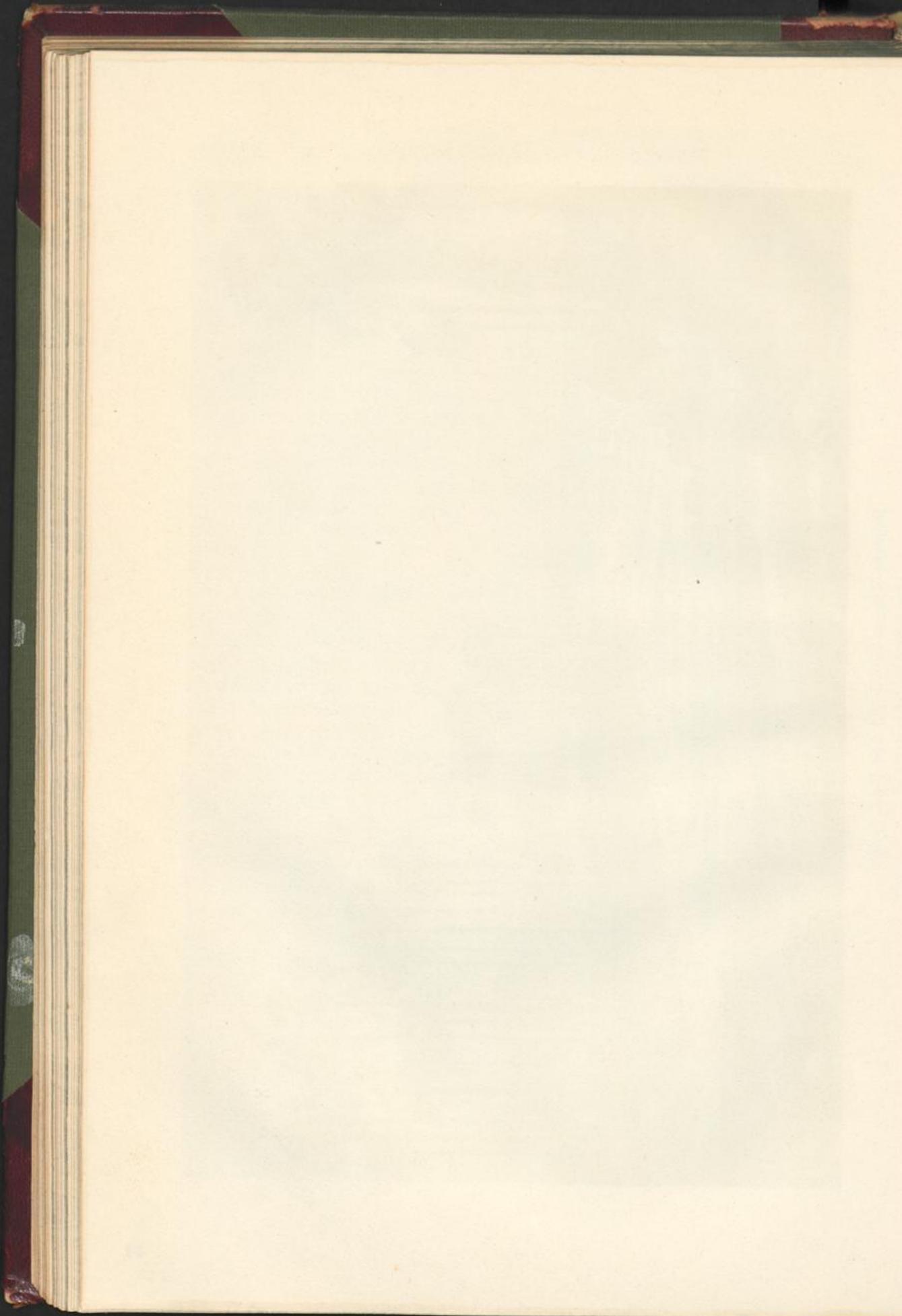
Wir gebrauchen für die in der Landschaft hervortretenden Formen des aufrechten Stammes die vom Volksmunde geschaffenen Ausdrücke *Halm*, *Schaft*, *Stengel* und *Holzstamm*, welche auch in die Sprache der Wissenschaft Eingang gefunden haben, von denen zwar jeder zu wissen glaubt, was sie bedeuten, die sich aber, wenn man näher zusieht, für die Nomenklatur der aufrechten Stämme doch nicht recht geeignet zeigen. Es gibt ja auch horizontalliegende Halme, liegende Stengel und liegende Holzstämme, und es ist daher eigentlich nicht gerechtfertigt, diese Benennungen nur auf die aufrechten Stammformen in Anwendung zu bringen.

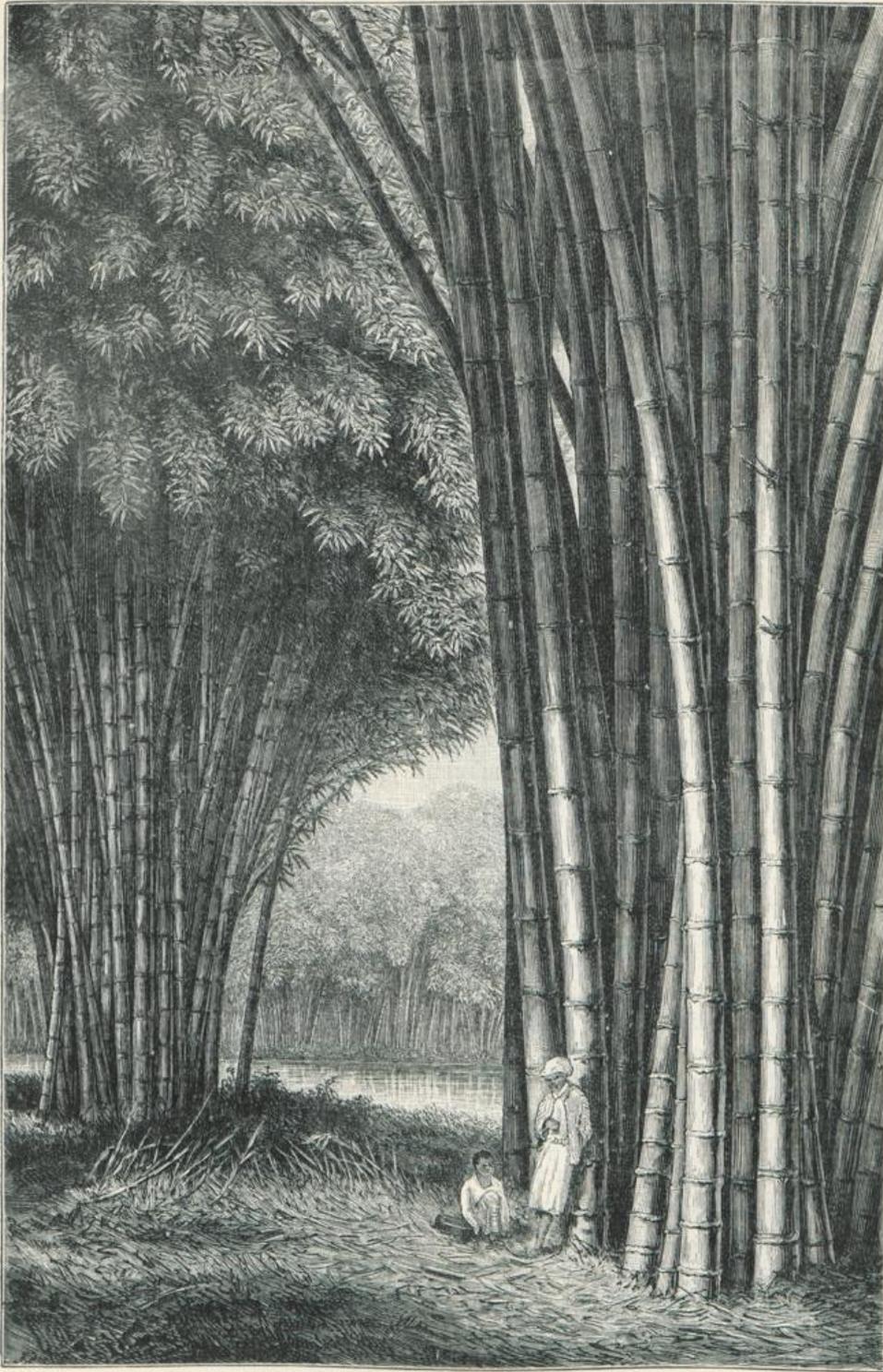
Aus der Reihe laubtragender aufrechter Stämme kann jedenfalls der Stamm der Palme am meisten Anspruch machen, mit einer Säule verglichen zu werden. Die auf der beigehefteten Tafel vorgeführte Gruppe von „Palmyrapalmen am Strande von Nord-Ceylon“, eine Kopie eines durch v. Königsbrunn nach der Natur ausgeführten großen Aquarells, vermag eine anschauliche Vorstellung dieser Form zu geben. Die Höhe solcher Palmenstämme wird gewöhnlich sehr überschätzt; insbesondere die einzelnstehenden Stämme ist man versucht, viel höher zu veranschlagen, als sie wirklich sind. Es beruht das auf einer optischen Täuschung, ähnlich wie bei dem Abschätzen der Höhe von Bergen. Ein isolierter, mit steilen Wänden aufragender Berggipfel wird beim ersten Anblick immer für höher gehalten als ein langgezogener Rücken, der mit sanften Gehängen allmählich ansteigt, wenn beide auch genau dieselbe Elevation zeigen, und so geht es einem auch bei dem Abschätzen der Höhe von Stämmen. Die isoliert aus niederem Gestrüppe aufragende Palmyrapalme scheint bei flüchtiger Betrachtung weit höher als eine in betreff der Stammhöhe tatsächlich gleichhohe Baumart, die, im geschlossenen Bestande wachsend, mit ihren Wipfeln sich nur wenig über andere Baumkronen erhebt. Den höchsten säulenförmigen Stamm besitzt *Ceroxylon andicola*, eine in den Anden heimische Palme, von welcher Stämme von 57 m nachgewiesen sind. Der Stamm der Kokospalme (*Cocos nucifera*) erreicht die stattliche Höhe von 32 m, jener der auf der Tafel abgebildeten Palmyrapalme (*Borassus flabelliformis*) 30 m. Die meisten anderen



Palmyra-Palmen am Strand von Nord-Ceylon.

Nach Agardel von v. Königsbrunn.





Bambus auf Java. (Nach einer Photographie.) Zu S. 96 und 97.

Palmen bleiben aber unter dieser Höhe zurück, und für eine große Zahl ist 20 m das Äußerste, was sie erreichen. Die Zwergpalme (*Chamaerops humilis*) wird nur 4 m hoch, und es gibt auch Palmen, deren Stamm sich kaum über den Boden erhebt.

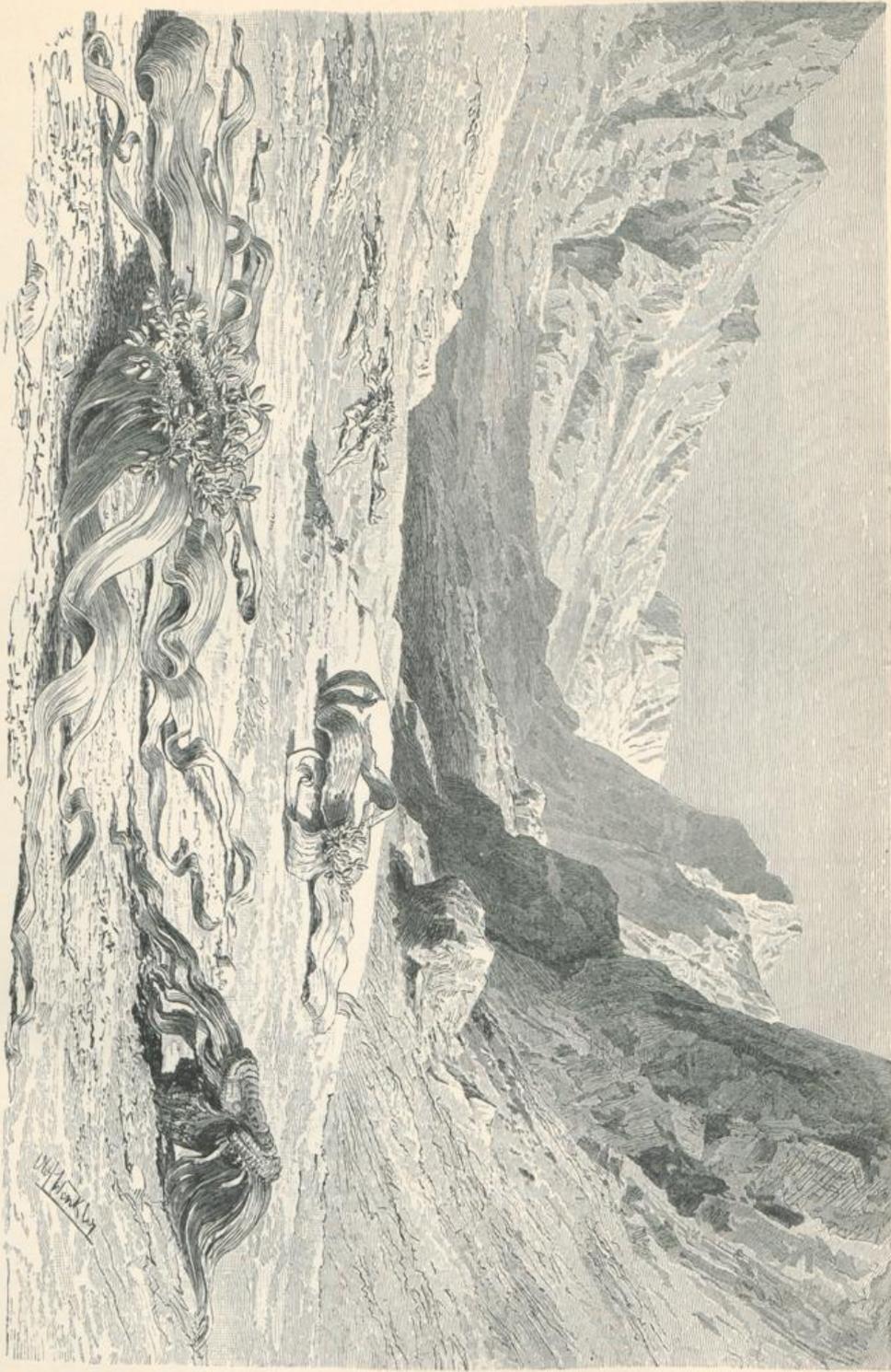
Auch die Stämme der Baumfarne und der Zykadeen bleiben verhältnismäßig niedrig. Wenn Reisende von den riesigen Baumfarnstämmen erzählen, so ist das eben nur im Vergleiche zu den Stämmen der in unseren europäischen Wäldern vorkommenden Farne gemeint, welche sich mit ihren Stämmen entweder gar nicht oder, wie jene des Straußfarnes (*Struthiopteris germanica*), nur 10 cm über den Boden erheben. Der neuseeländische Baumfarn *Balantium antarcticum* erreicht bei einem Durchmesser von 40 cm eine Höhe von 3 m, und der Stamm der *Alsophila excelsa* wird bei einer Dicke von 60 cm 22 m hoch. Die Zykadeen erreichen kaum jemals diese Höhe, ebensowenig wie die verschiedenen anderen Samenpflanzen, welchen eine ähnliche Stammform zukommt, wie namentlich die Arten der Gattungen *Yucca*, *Dracaena*, *Urania*, *Pandanus*, Aloë und *Xantorrhoea*. Der berühmte Drachenbaum (*Dracaena Draco*) von Drotava, dessen Alter auf 6000 Jahre geschätzt wurde, ehe er 1868 einem Sturm zum Opfer fiel, zeigte bei einem Umfange von 14 m die Höhe von 22 m.

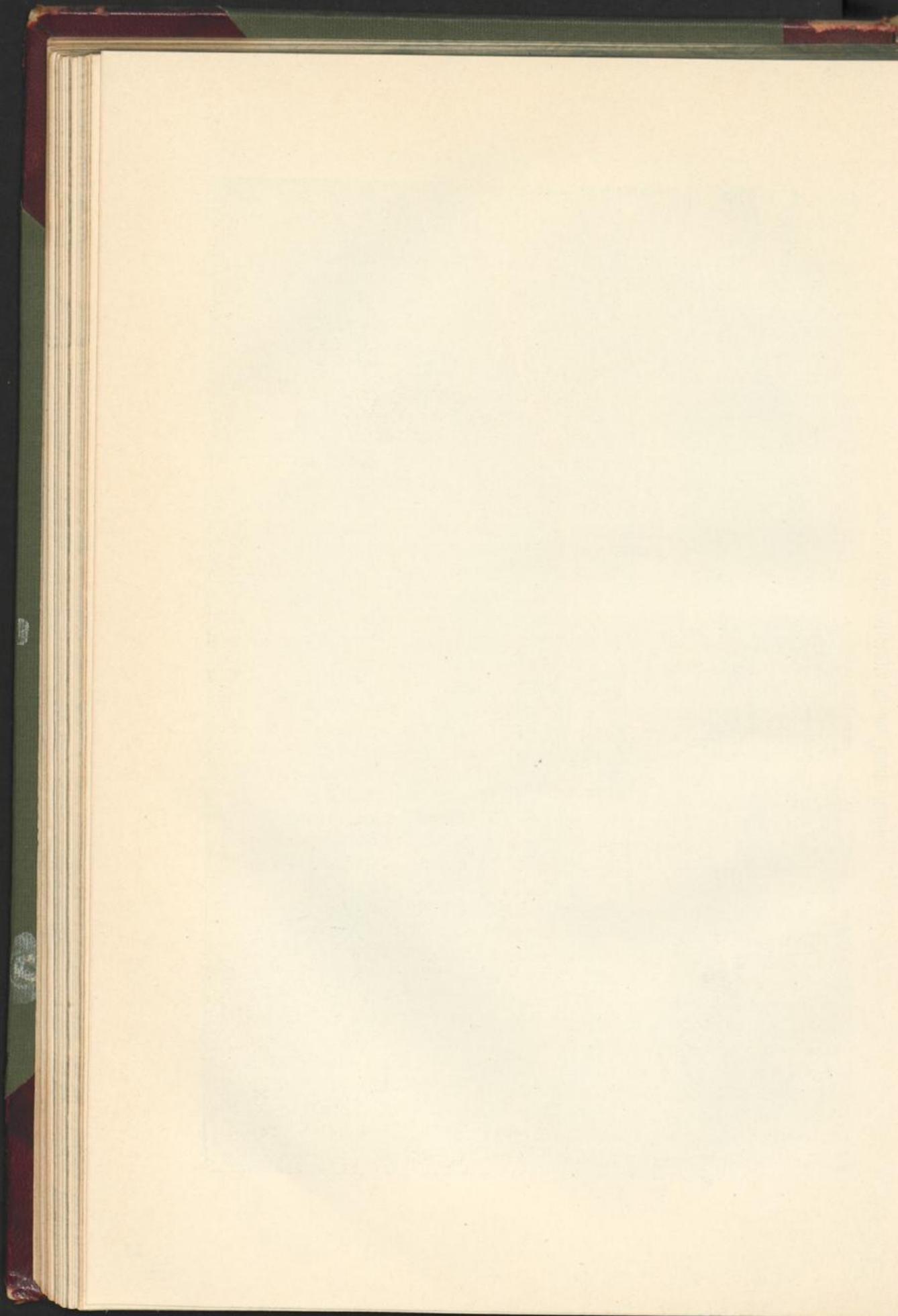
Den verhältnismäßig kürzesten Stamm zeigt die zu den Gnetazeen gehörende, in den Wüsten des südwestlichen Afrika heimische *Welwitschia mirabilis*. Der über den Boden sich erhebende Stamm dieser seltsamen Pflanze erreicht im ausgewachsenen Zustande bei einem Umfange von  $\frac{1}{2}$ —4 m nur die Höhe von 10—20 cm und hat ein tischförmiges Ansehen. Die von demselben ausgehenden lederigen Laubblätter, welche viele Jahre hindurch als Assimilationsorgane tätig sind, erreichen die Länge von ungefähr 3 m, sind wellenförmig gewunden und, indem sie der Länge nach durch den Wind einreißen, wie lange, breite Riemen über den Boden hingestreckt (s. die beigeheftete, nach einem von dem Entdecker Welwitsch gezeichneten Bild angefertigte Tafel „*Welwitschia mirabilis* in der Wüste Kalahari“).

In der Mehrzahl der Fälle ist der Säulenstamm (Schaft) einfach. Nur mehrere Pandana-zeen und Drachenbäume und von Palmen die im äquatorialen Gebiete Afrikas heimischen Dampalmen (*Hyphaene Thebaica*, *coriacea* usw.) gabeln sich und entwickeln einige kurze Äste, wenn ihr Hauptstamm ein höheres Alter erreicht hat. Die Stämme der Baumfarne *Alsophila* und *Podea* sind ganz mit kurzen Luftwurzeln überdeckt, wodurch ihre Oberfläche ein eigentümliches struppiges Aussehen erhält. Manche Stämme von Palmen sind auch mehr oder weniger reich mit stehenden Dornen besetzt. Der Palmenstamm kommt dadurch zustande, daß die älteren Blätter nach und nach abfallen, während das obere Ende etwas in die Länge wächst. So entsteht allmählich ein Stamm mit freier Oberfläche. Für das Aussehen der meisten ist es von Bedeutung, ob die abgestorbenen Blätter über der Basis abbrechen, so daß die Blattscheiden zurückbleiben, oder ob auch die Blattscheiden sich ablösen und eine Narbe am Stamme zurücklassen. Im ersteren Falle ist der Stamm mit Leisten, Schuppen, Fasern und trockenen Häuten oder auch mit kurzen starren Stummeln der verschiedensten Gestalt bekleidet, im letzteren Falle ringförmig oder schildförmig gezeichnet, wie z. B. bei der Kokospalme. Die Stämme der *Caryota* (s. Abbildung, Bd. I, S. 226) werden nach dem Ablösen der Blätter ganz glatt.

Der Halm ist in betreff seiner Größe fast noch verschiedenartiger als der säulenförmige Schaft. Man unterscheidet den Halm im engeren Sinne, welcher solche Formen umfaßt, deren Stammdurchmesser  $\frac{1}{2}$  cm nicht überschreitet, dann Halme, die nicht verästelt sind, deren Stengelglieder stets von langen Scheiden umschlossen werden, und deren Stamm einen Durchmesser von  $\frac{1}{2}$ —5 cm aufweist, wie beim Rohr. Beim Bambus, der sich in zahlreiche Äste teilt und kurze

Welwitschia mirabilis in der Wüste Kalahari.





Blattscheiden besitzt, erfährt der Halm seine großartigste Entwicklung. Manche Bambus, wie z. B. der, welcher auf S. 95 abgebildet ist, erreicht bei einer Dicke von ungefähr  $\frac{1}{3}$  m die Höhe von 30 m. Von diesem Extrem bis zu dem fadendünnen, 2—3 cm langen Hälmdchen mehrerer einjähriger Gräser läßt sich eine ununterbrochene Übergangsreihe herstellen, in deren Mitte ungefähr das südliche Rohr (*Arundo Donax*) mit einer Höhe von 4 m und einem Durchmesser von 5 cm zu stehen kommt.

Als Stengel bezeichnet man Sprosse, die nicht verholzen, sich nur eine Vegetationsperiode hindurch grün erhalten und dann absterben. Der Stengel der ein- und zweijährigen, unter dem Namen Kräuter begriffenen Pflanzen wird Krautstengel genannt. Unter dem Namen Stauden versteht man ausdauernde Gewächse, welche aus ihrem unterirdischen Stamm alljährlich Sprosse hervortreiben, die nicht verholzen, sondern mit Beginn des Winters verdorren, wie der Attich (*Sambucus Ebulus*), die Tollkirsche (*Atropa Belladonna*), die Nelkenwurz (*Geum urbanum*), der Wiesensalbei (*Salvia pratensis*) und viele andere.

Die Triebe der Holzpflanzen erscheinen im ersten Jahre grün und krautig und haben ganz das Ansehen von Sprossen einer Keimpflanze. Daher werden sie von den Botanikern in diesem Zustande auch Sprosse genannt. Nachträglich verholzen sie, wachsen in die Dicke, und man unterscheidet sie dann nach ihrem Alter als Äste und Zweige.

Der Holzstamm ist im ausgewachsenen Zustande bis zu einer bedeutenden Höhe unverzweigt und wird dann Baum genannt (vgl. die Tafel „Kiefer“ bei S. 98), oder er ist verhältnismäßig kurz, und auch im ausgewachsenen Zustande vom Grunde aus verästelt, so daß eine Anzahl gleichstarker Äste nebeneinander stehen, in welchem Fall er Strauch genannt wird. Für Sträucher, deren jährliche Triebe bis zur nächsten Vegetationsperiode nur an der Basis verholzen, an den Spitzen dagegen verdorren und absterben, die also einen Übergang zu den obenerwähnten Stauden bilden, wird der Ausdruck Halbstrauch angewendet.

Von diesen Formen des Holzstammes nimmt der durch seine Massenhaftigkeit besonders hervortretende Baum naturgemäß das Interesse am meisten in Anspruch. Und zwar erregt er nicht nur das wissenschaftliche Interesse des Botanikers, sondern auch das künstlerische des Landschaftsmalers, das praktische des Forstwirtes und Gärtners und das ästhetische jedes Naturfreundes. Das ist wohl sicher auch der Grund, warum unter allen Gestalten der Pflanzenwelt die Bäume am besten bekannt sind. Sie haben in allen Sprachen ihre besonderen Namen erhalten, die verschiedenen Völkerschaften haben sich einzelne Arten ihres Heimatlandes zu Lieblingen erkoren und sie als Nationalbäume in ihren Liedern verherrlicht, und selbst in den religiösen Anschauungen und Gebräuchen alter und neuer Zeit spielten und spielen Bäume eine hervorragende Rolle. Leute, welche sich niemals mit Botanik beschäftigten und niemals Blüten und Früchte genauer untersuchten, dabei aber einen entwickelten Formensinn haben, vermögen auf den ersten Blick und oft auf mehrere hundert Schritt Entfernung die verschiedenen Arten der Bäume genau zu unterscheiden und zu erkennen.

Wie ist das möglich? Die Erklärung ist sehr einfach. Wie das Antlitz jedes Menschen, zeigt auch das Antlitz jedes Baumes bestimmte Züge, die nur ihm eigentümlich sind, weil sie auf der Form, Folge und Anordnung seiner Sprosse beruhen; diese Züge prägen sich fast unbewußt dem ins Gedächtnis ein, der viel in und mit der freien Natur verkehrt, und sie sind es auch, an welchen die Art gleich einem auf der Straße uns entgegenkommenden Jugendfreunde schon von fern wiedererkannt wird. Dem Landschaftsmaler sind diese Züge, welche in ihrer Gesamtheit das ausmachen, was man den Baumschlag nennt, ganz besonders wichtig;

denn seine Aufgabe ist es, sie festzuhalten und künstlerisch zu verwerten. An uns aber tritt die Aufgabe heran, diese Züge im Antlitz des Baumes zu erklären, oder, sagen wir, eine wissenschaftliche Begründung des Baumstammes zu geben. Der Raum dieses Buches gestattet freilich nicht, dieses Thema ausführlich zu behandeln; aber es läßt sich ja auch mit wenigen Strichen ein Baum an die Wand zeichnen, und hier soll der Versuch gemacht werden, mit wenigen Worten die Grundsätze des Baumstammes zu entwickeln.

Zunächst hängt die Form des Baumes von dem Wachstumsverhältnis der Haupt- und Seitenzweige ab. Die Pyramidenform der meisten Nadelhölzer ist dadurch bedingt, daß der bei der Keimpflanze auftretende Haupttrieb auch später das größte Wachstum in Höhe und Dicke zeigt, während alle Seitentriebe auch später zurückbleiben. Bei den meisten Laubbäumen gibt die anfängliche Hauptachse ihr Wachstum im Laufe der Zeit auf oder stirbt ab, und einige Seitentriebe bilden sich zu gleichstarken Ästen aus. So entsteht als Gegensatz zu der pyramidalen Form der Nadelhölzer die breite, ausladende Krone der Laubbäume.

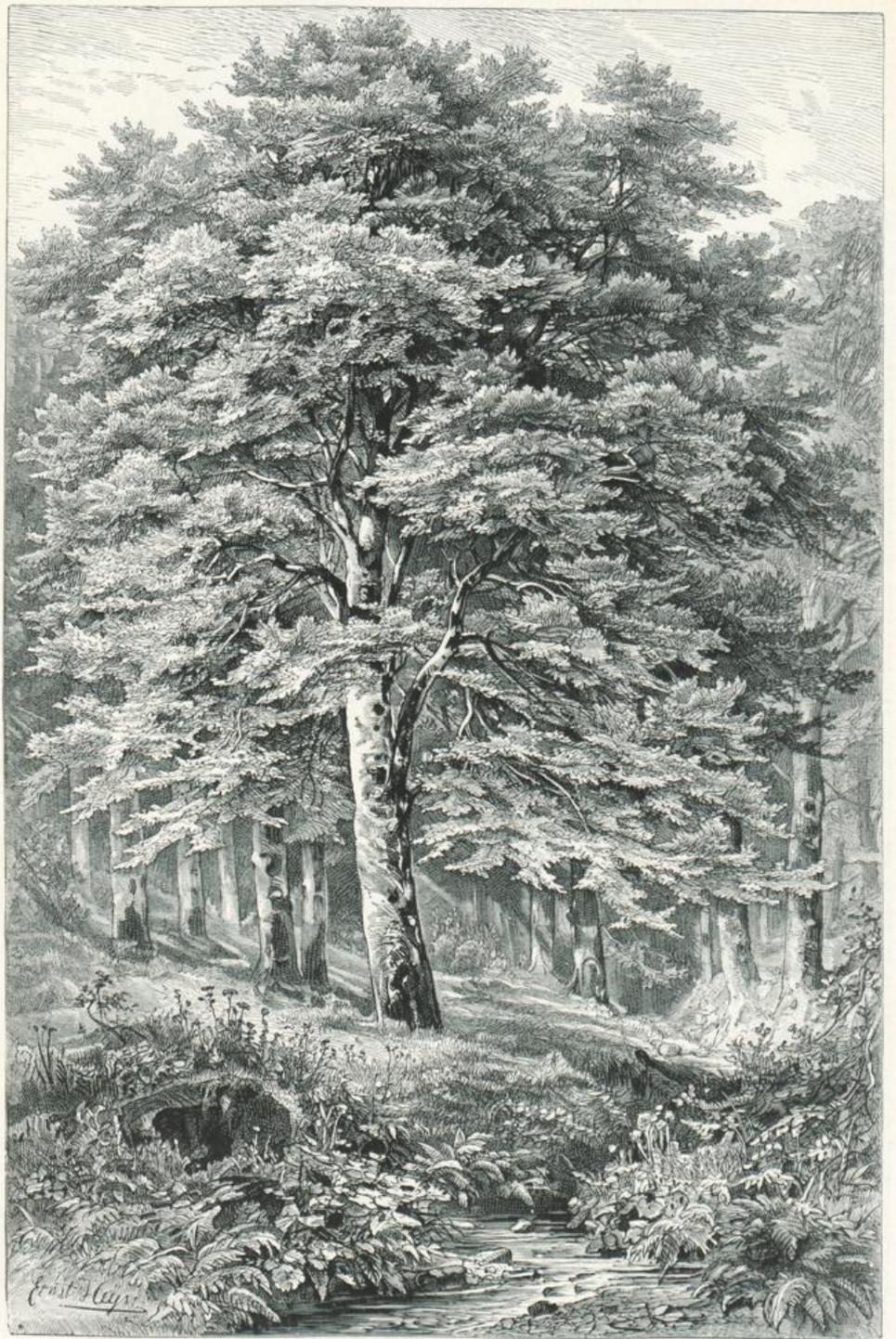
Da bei jedem Stamme die Lage der Knospen von der Lage der Laubblätter abhängt, so ist es selbstverständlich, daß auch die Verteilung der von einem Zweig ausgehenden Seitenzweige durch die Stellung der Blätter bedingt wird. Der Zusammenhang zwischen Blattstellung und Zweigstellung ist daher das erste, was bei der Erklärung des Baumstammes in Betracht zu ziehen ist. Gleich den Blättern sind auch die Zweige entweder wirtelig und dekussiert oder entlang einer Schraubenlinie gestellt. Wie von den Blättern kann man daher auch von den Zweigen sagen, daß sie geometrisch bestimmte Stellungen (vgl. S. 83 ff.) zeigen. Schon dieser Umstand verleiht jedem Baum ein eigentümliches Gepräge. Wie ganz anders präsentiert sich in der Winterlandschaft das des Laubes beraubte Gezweige bei den Ahornen und Eichen mit ihren dekussiert gestellten Zweigen im Vergleich zu den durch die Einhalb- und Eindrittelstellung ausgezeichneten Rüstern, Linden und Erlen und den durch die Zweifünftel- und Dreiachtelstellung charakterisierten Buchen, Eichen und Pappeln. Aber nicht nur, daß die entlaubten Bäume im Winter sofort an ihrer Verzweigung selbst aus der Ferne zu erkennen sind, auch die Gruppierung der einzelnen belaubten Partien der Krone gewinnt infolge dieser Verzweigung ihre besonderen Umrisse. Dabei spielt natürlich auch die Krümmung der Äste und ihre größere oder geringere Biegsamkeit eine Rolle.

Die Form der Astkrone hängt von dem regelmäßigen oder unregelmäßigen Austreiben der Knospen oder, wie man auch sagt, von der Sproßfolge ab. Treiben alle Knospen am Zweige im Frühling aus, so baut sich die Krone regelmäßig auf. Bei der Eiche treibt aus der Gruppe von Winterknospen am Ende der letzten Jahrestriebe meist nur eine seitliche Knospe aus. Der neue Trieb macht also mit dem alten einen Winkel, und da dies jedes Jahr wechselt, so kommt allmählich der knickige und „knorrige“ Wuchs der Eichenkrone zustande, in dem der Poet den Ausdruck der Kraft sieht. Es ist das aber ein bloßer Eindruck. Die Form der Eichenkrone hängt lediglich von ihrer eigentümlichen Sproßfolge ab.

In zweiter Linie ist bei der Erklärung des Baumstammes die Größe und Form und Stellung der Laubblätter zu berücksichtigen. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß es Aufgabe des Künstlers sei, die Form der einzelnen Blätter deutlich zur Ansicht zu bringen, was ja geradezu unschön sein würde. Die Bedeutung der Gestalt und des Umfangs der einzelnen Blätter liegt vielmehr darin, daß sie die Form des ganzen Baumes beeinflussen. Bäume mit schmalen und nadelartigen Blättern brauchen mit ihren Ästen und Zweigen bei weitem weniger auszuladen als die, welche mit flächenförmig ausgebreiteten großen Blattflächen geschmückt

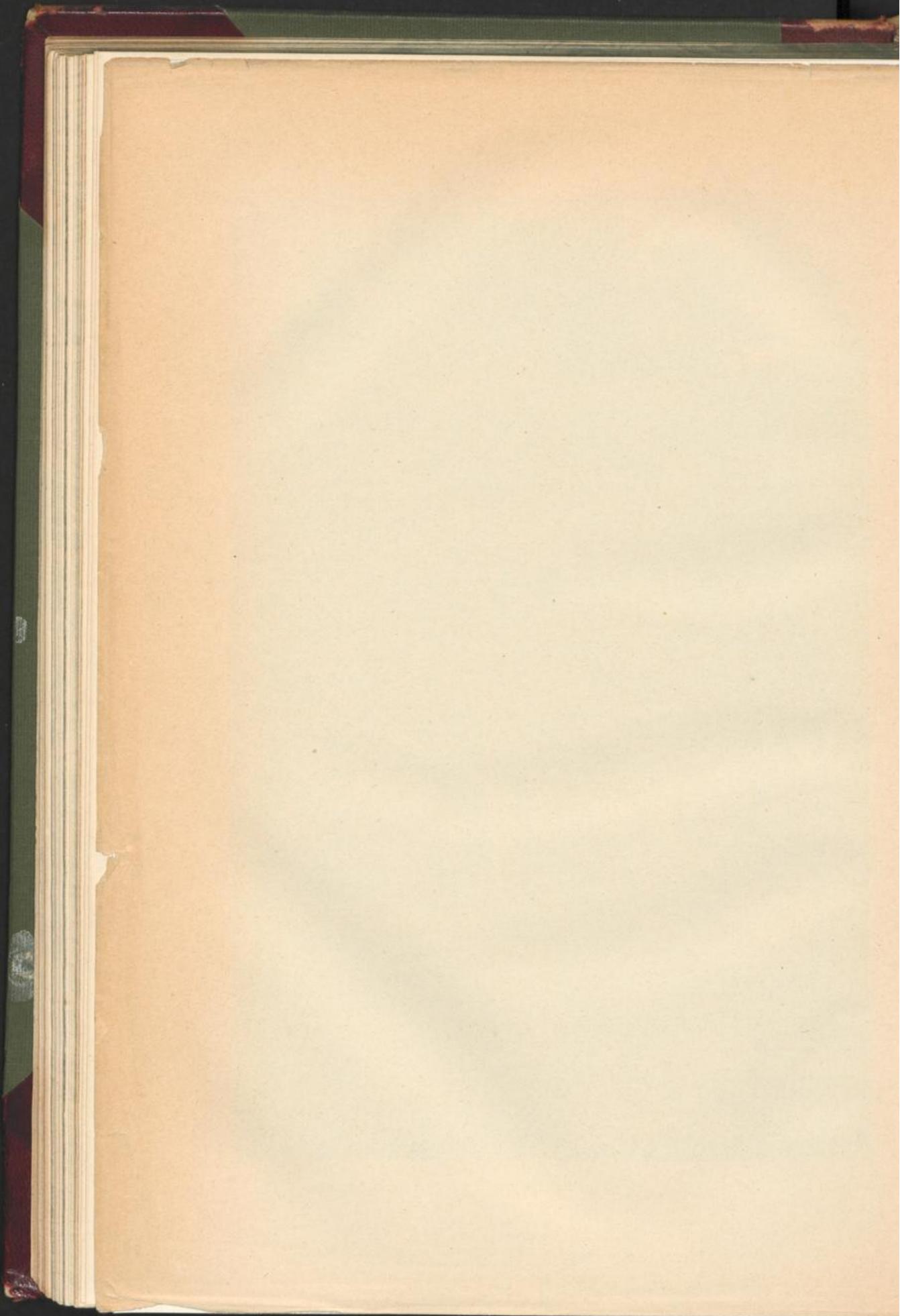


Kiefer.



Buche.







Tanne.



Eiche.

sind. Erstere strecken sich immer mehr in die Höhe, letztere mehr in die Breite, ein Gegensatz, welcher bei den Bäumen aller Zonen und Regionen hervortritt. Recht auffallend ist z. B. der Gegensatz in der Architektur der schmalblättrigen, schlanken Eukalypten und Weiden und der breitblättrigen, mit ihren Ästen weit ausgreifenden Paulownien, Katalpen und Platanen. Auch wenn man die hier nebeneinander gestellten Abbildungen der Eiche und der Tanne (s. die beigehefteten Tafeln „Eiche“ und „Tanne“) vergleicht, so fällt auf, daß die von den schlanken Stämmen der Tanne getragenen benadelten Äste und Zweige kaum den dritten Teil des Raumes überdecken wie jene der Eiche, deren Blätter viel breiter veranlagt sind, und deren Zweige dementsprechend eine ganz anders geformte Krone aufbauen.

Drittens ist es für den Baumschlag, zumal für jenen der Nadelhölzer, von maßgebendem Einfluß, ob es in der Art des Baumes liegt, nur Kurztriebe oder neben den Kurztrieben auch Langtriebe auszubilden, was bereits S. 80 u. f. erörtert und durch die Abbildungen der Lärche und Arve auf den dort beigehefteten Tafeln anschaulich gemacht worden ist.

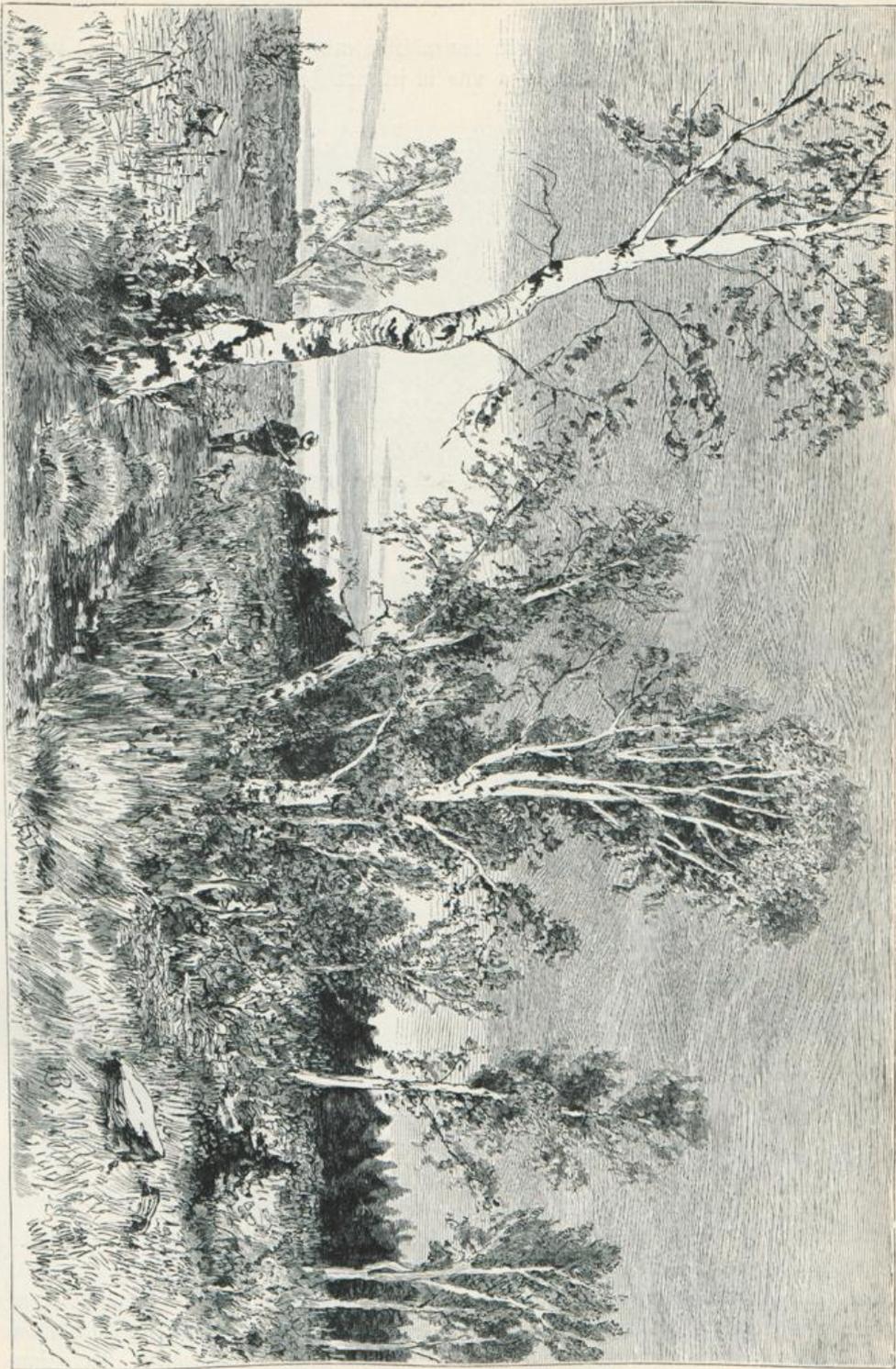
Der astlos gewordene untere Teil des Stammes nimmt in dem Grade an Umfang zu, als die Last, die er zu tragen hat, eine größere wird, und seine Dicke und Festigkeit steht bei jeder Art in einem genau geregelten Verhältnis zum Gewichte der Krone. Die Zunahme des Umfanges erfolgt vorzüglich dadurch, daß sich dem schon vorhandenen Holze alljährlich neue Holzmassen anlagern. In den Keimpflanzen der Bäume erscheint das Holz in Gestalt von Strängen, die rings um das zentrale Mark symmetrisch geordnet sind, schon im zweiten Jahr dicht aneinander schließen und einen nur von den Markstrahlen durchsetzten Zylinder bilden, der auf dem Querschnitt als „Holzring“ erscheint. Auch das alljährlich neugebildete, an der Peripherie des schon vorhandenen Holzzylinders sich anlagernde Holz präsentiert sich im Querschnitt als Ring und wird bekanntlich Jahresring genannt. Man stellt das Alter eines gefällten Baumes nach der Zahl dieser Jahresringe fest, und selbstverständlich ist der Umfang des Stammes desto größer, je größer die Zahl der Jahresringe ist. Mit der Zunahme des Umfanges ändert sich aber auch das äußere Aussehen des Stammes. Als junges Reis besitzt der Stamm eine Oberhaut (Epidermis), welche sich dem grünen Gewebe der Rinde anschmiegt. Diese Haut hält aber mit der Entwicklung des Stamminneren nur so lange gleichen Schritt, als der betreffende Stammteil sein Längenwachstum noch nicht abgeschlossen hat. Ist das geschehen und wächst der Stamm nun in die Dicke, so geht die erste Haut zugrunde und wird durch eine zweite Haut, das sogenannte Periderm, ersetzt, welches sich meistens schon gegen Ende des ersten Jahres am Umfange des Stammes zu entwickeln beginnt. Dieses Periderm besteht ganz aus Kork, einem Gewebe aus wasserdichten und nahezu luftdichten Zellen, welches sich als Hülle für die saftreichen inneren Stammteile vortrefflich eignet. Was außerhalb dieses Korkes liegt und durch ihn von den saftreichen inneren Stammteilen geschieden ist, verfällt dem Verrotten und Absterben. Hatte sich Periderm nur unter der Oberhaut ausgebildet, so geht nur diese Oberhaut zugrunde; wenn aber in den tieferen Schichten der Rinde auch noch ein inneres Periderm entstanden ist, so werden dickere Schichten der Rinde zum Absterben gebracht, und diese lagern dann dem Kork außen als eine trockene, tote Kruste auf. Das innere Periderm samt den daran haftenden abgestorbenen Rindenteilen bildet dann die Borke.

Die Entwicklung des Periderms hält mit der Entwicklung des Stammes gleichen Schritt. Sobald infolge der Entstehung eines neuen Jahresringes der Holzkörper des Stammes dicker geworden ist, erweitert sich der Peridermmantel und damit auch die Borke, welche den Stamm als Kruste umgibt. Bei manchen Arten erhält sich diese Borke lange Jahre an der Peripherie

des Stammes, zerklüftet aber bei dem weiteren Dickenwachstum. Dabei wird immer wieder neue Borke von innen her durch die Tätigkeit eines Kambiums eingeschoben; in anderen Fällen dagegen löst sich infolge der Verdickung des Stammes ein Teil der Borke ab, fällt zu Boden und wird von innen her durch neue Borke ersetzt. Da nun jede Baumart ihre besondere Borke entwickelt, so trägt die Gestalt und Farbe dieses Gewebes nicht wenig zum Aussehen des ganzen Baumes bei; sie bildet eben auch wieder einen der charakteristischen Züge, welche bei der Schilderung des Baumschlages nicht übersehen werden dürfen. Als die auffallendsten Formen der Borke sind folgende hervorzuheben. Zunächst die Schuppenborke, wie sie die Kiefer zeigt, welche sich bei manchen Bäumen alljährlich in Gestalt von Schildern und Platten ablöst, und die besonders schön an den Stämmen der Platanen, der Mandelweide und mehrerer neuholländischer Eukalyptusarten zu sehen ist (s. Abbildung, S. 103), dann die häutige Borke, welche sich in trockenen Häuten und Bändern abtrennt. Die Abbildung auf S. 101 zeigt diese Form der Borke bei der weißstämmigen Birke (*Betula verrucosa*). Mehrere Arten der neuholländischen Gattung *Melaleuca* zeigen eine Borke, welche, vom Stamm abgezogen, einem dünnen Seidenstoffe täuschend ähnlich sieht. Eine dritte Form ist die Ringelborke, welche sich in Gestalt von unregelmäßig geborstenen dünnen Röhren vom Stamm ablöst und besonders am Pfeifenstrauche (*Philadelphus*) entwickelt ist; eine vierte Form, für welche der Weinstock (*Vitis vinifera*) als Beispiel angeführt werden kann, ist die Faserborke, welche beim Ablösen in zahlreiche starre Fasern getrennt wird. Endlich ist noch die rissige Borke hervorzuheben, welche sich an den Stämmen der Eichen und zahlreicher anderer Laubhölzer zeigt. Bei dieser Form findet eine Ablösung in größeren Partien überhaupt nicht statt, sondern die Borke zerklüftet beim Dickerwerden des Stammes, und es bilden sich in ihr Längsriffe von geschlängeltem oder zickzackförmigem Verlauf, von welchen in dem einen Falle nur schmale Rämme und Riefen, in dem anderen Falle breite, eckige Schilder umrahmt werden. Auf dieser rissigen Borke siedeln sich mit Vorliebe Epiphyten, zumal Moose und Flechten an, und ältere mit dieser Borke versehene Stämme sind in den gemäßigten Zonen gewöhnlich mit Moospolstern, in den tropischen Gebieten mit Bromeliaceen und vorzüglich mit Orchideen überwuchert (s. Abbildung, S. 102). An den sich alljährlich ablösenden Borken ist eine solche Ansiedelung unmöglich, und die Stämme der Birken, Platanen und australischen Arten der Gattungen *Melaleuca* und *Eucalyptus* (s. Abbildung, S. 103) sind nicht nur nicht mit Epiphyten besetzt, sondern sehen im Frühjahr wie geschuert und geschält aus.

Die Gestalt der Borke ist so charakteristisch, daß man aus ihr allein schon die Baumart zu erkennen vermag; sie bildet daher gleichfalls einen wichtigen Zug in dem Bilde des Baumes, darf nicht nach Gutdünken abgeändert werden, und es ist unzulässig, daß Künstler ihre Studien, die nach verschiedenen Bäumen gemacht wurden, beliebig kombinieren und etwa die Krone einer Eiche auf den Stamm einer Platane setzen. Daß auch das Kolorit der Borke und die Farbe des Laubes von Bedeutung sind, und daß die Größenverhältnisse der verschiedenen nebeneinander stehenden Bäume berücksichtigt werden müssen, ist selbstverständlich. Eine junge Tanne, die neben einer alten Fichte aufwächst, wird zwar von der letzteren überragt werden; wenn aber beide gleichalterig sind, ragt die Tanne stets über die Fichte weit hinaus.

Die Höhe und das Alter der Bäume sind in ganz sicheren Zahlen nicht festzustellen; aber so viel ist gewiß, daß jede Baumart gleichwie jede Tierpezies an eine bestimmte Größe und an ein bestimmtes Alter gebunden ist, die nur selten überschritten werden. Was das Alter anlangt, so sind die Angaben aus älterer Zeit meistens zu hoch gegriffen. Wenn



Birkenhaine mit weißer häutiger Rinde. (Zu S. 100.)

in den Schilderungen der Urwälder von tausendjährigen Bäumen die Rede ist, so beruht die Angabe wohl nur auf Vermutungen und in seltenen Fällen auf wirklichen Messungen.



Borke tropischer Bäume, mit Orchideen (*Angraecum sesquipedale*) überwuchert. (Zu S. 100.)

Der berühmte Baobab (*Adansonia digitata*; s. Abbildung einer *Adansonia*, Bd. III) wurde von Adanson auf Grund der Dicke des jährlichen Zuwachses auf 5000 Jahre berechnet; ob aber dabei nicht ein Rechnungsfehler untergelaufen ist, mag dahingestellt bleiben. Der schon einmal erwähnte berühmte Drachenbaum von Drotava wurde sogar auf 6000, die Platane von Bujukdere bei Konstantinopel auf 4000, die mexikanische Sumpfsypresse (*Taxodium*



Eucalyptusbäume in Australien. (Nach einer Zeichnung von Selleny.) Zu S. 100 und 104.

mexicanum) auf 4000 Jahre geschätzt. Auch für diese Angaben möchte es schwer halten, die Bürgschaft zu übernehmen. Mit ziemlicher Sicherheit wurde dagegen als Altersgrenze berechnet für die Zypresse (*Cupressus fastigiata*) 3000, Eibe (*Taxus baccata*) 3000, Kastanie (*Castanea vesca*) 2000, Stieleiche (*Quercus pedunculata*) 2000, Libanon-Zeder (*Cedrus Libani*) 2000, Fichte (*Picea excelsa*) 1200, Sommerlinde (*Tilia grandifolia*) 1000, Zirbelfiefer (*Pinus Cembra*) 500—700, Lärche (*Larix europaea*) 600, Föhre (*Pinus silvestris*) 570, Silberpappel (*Populus alba*) 500, Buche (*Fagus silvatica*) 300, Eiche (*Fraxinus excelsior*) 200—300, Hainbuche (*Carpinus Betulus*) 150 Jahre.

Nachfolgende Tabelle enthält die beglaubigten Angaben über die Höhe der Bäume:

Name	Höhe in Metern	Name	Höhe in Metern
Fieberheilbaum ( <i>Eucalyptus amygdalina</i> ) . . . . .	140—152	Sumpfszypresse ( <i>Taxodium mexicanum</i> ) . . . . .	38,7
Mannmutbaum ( <i>Wellingtonia gigantea</i> ) . . . . .	79—142	Wintereiche ( <i>Quercus sessiliflora</i> ) . . . . .	35
Weißtanne ( <i>Abies pectinata</i> ) . . . . .	75	Platane ( <i>Platanus orientalis</i> ) . . . . .	30
Fichte ( <i>Picea excelsa</i> ) . . . . .	60	Eiche ( <i>Fraxinus excelsior</i> ) . . . . .	30
Lärche ( <i>Larix europaea</i> ) . . . . .	53,7	Baobab ( <i>Adansonia digitata</i> ) . . . . .	23,1
Zypresse ( <i>Cupressus fastigiata</i> ) . . . . .	52	Zirbelfiefer ( <i>Pinus Cembra</i> ) . . . . .	22,7
Föhre ( <i>Pinus silvestris</i> ) . . . . .	48	Götterbaum ( <i>Ailanthus glandulosa</i> ) . . . . .	22
Rotbuche ( <i>Fagus silvatica</i> ) . . . . .	44	Stieleiche ( <i>Quercus pedunculata</i> ) . . . . .	20
Zeder des Libanon ( <i>Cedrus Libani</i> ) . . . . .	40	Hainbuche ( <i>Carpinus Betulus</i> ) . . . . .	20
Silberpappel ( <i>Populus alba</i> ) . . . . .	40	Eibe ( <i>Taxus baccata</i> ) . . . . .	15

Unter allen bisher bekanntgewordenen Bäumen erreicht demnach der *Eucalyptus amygdalina*, welchen die Abbildung auf S. 103 nach einer Zeichnung Sellenys zur Anschauung bringt, die größte Höhe. Die höchsten dieser Stämme, neben den 135 m hohen Turm der Stephanskirche in Wien aufgestellt, würden diesen noch um 17 m überragen und von dem 157 m hohen Kölner Dome nur um 5 m überragt werden.

Höhe und Dicke der Bäume nehmen nicht im gleichen Maße zu, wie ein Vergleich der nachfolgenden Tabelle mit der vorhergehenden zeigt.

Name	Stamm- durch- messer in Metern	Name	Stamm- durch- messer in Metern
Kastanie ( <i>Castanea vesca</i> ) . . . . .	20	Zypresse ( <i>Cupressus fastigiata</i> ) . . . . .	3,2
Mexikanische Sumpfszypresse ( <i>Taxodium mexicanum</i> ) . . . . .	16,5	Ulm ( <i>Ulmus campestris</i> ) . . . . .	3
Platane ( <i>Platanus orientalis</i> ) . . . . .	15,4	Weißtanne ( <i>Abies pectinata</i> ) . . . . .	3
Virginische Sumpfszypresse ( <i>Taxodium distichum</i> ) . . . . .	11,9	Silberpappel ( <i>Populus alba</i> ) . . . . .	2,8
Mannmutbaum ( <i>Wellingtonia gigantea</i> ) . . . . .	11	Rotbuche ( <i>Fagus silvatica</i> ) . . . . .	2
Baobab ( <i>Adansonia digitata</i> ) . . . . .	9,5	Fichte ( <i>Picea excelsa</i> ) . . . . .	2
Sommerlinde ( <i>Tilia grandifolia</i> ) . . . . .	9	Zirbelfiefer ( <i>Pinus Cembra</i> ) . . . . .	1,7
Fieberheilbaum ( <i>Eucalyptus amygdalina</i> ) . . . . .	8	Eiche ( <i>Fraxinus excelsior</i> ) . . . . .	1,7 *
Stieleiche ( <i>Quercus pedunculata</i> ) . . . . .	7	Lärche ( <i>Larix europaea</i> ) . . . . .	1,6
Eibe ( <i>Taxus baccata</i> ) . . . . .	4,9	Korneläpfel ( <i>Cornus mas</i> ) . . . . .	1,4
Wintereiche ( <i>Quercus sessiliflora</i> ) . . . . .	4,2	Föhre ( <i>Pinus silvestris</i> ) . . . . .	1
		Hainbuche ( <i>Carpinus Betulus</i> ) . . . . .	1
		Götterbaum ( <i>Ailanthus glandulosa</i> ) . . . . .	0,9

Nach diesen beglaubigten Angaben gibt es also wirklich Pflanzen, deren Stamm einen Durchmesser von 20 m erreicht, und solche, deren Stamm sich 152 m über den Boden erhebt.

### Die Festigkeitsrichtungen der Stämme.

Wenn man die zuletzt geschilderten Riesenbäume mit Rücksicht auf das Gewicht ihrer einzelnen Teile abschätzt, so begreift man kaum, wie der verhältnismäßig nicht dicke Hauptstamm eine Krone im Gewichte von mehreren tausend Kilogramm zu tragen vermag, und wie es möglich ist, daß die vom Hauptstamm ausgestreckten Äste unter der Wucht der von ihnen getragenen Zweige und Blätter nicht bersten und zusammenbrechen. Der Stamm der Bäume besteht aus dem von der Rinde bedeckten Holzkörper, einer Säule, die sich ganz und gar aus harten, unbiegsamen Geweben, die wir Holz nennen, aufbaut. Die Tragfähigkeit des Baumstammes ist also um so leichter zu begreifen, als wir unseren Gebäuden eben durch die aus den Stämmen geschnittenen Balken Festigkeit verleihen. Viel merkwürdiger ist es, daß die Holzsäule des lebenden Baumes sich auch bis zum gewissen Grade biegen läßt, ohne zu brechen. Das liegt in den ganz anderen Elastizitätsverhältnissen des Lebenden Holzes im Gegensatz zum ausgetrockneten Holzbalken. Vor allem ist es der Wassergehalt des Stammes, der hier in Betracht kommt, danach spielt auch die den Stamm umgebende Rinde bei der Biegungsfähigkeit des Stammes eine Rolle. Aber auch Grashalme sowie die Stengel der Stauden und Kräuter sind so belastet, daß man sich beim Anblicke derselben verwundert fragt, wie sie sich aufrechtzuerhalten imstande sind, und wie es kommt, daß sie, aus dem Gleichgewicht gebracht, nach kurzer Zeit ihre aufrechte Ruhelage wieder einnehmen. Forcht man den Einrichtungen nach, welche es diesen Gewächsen möglich machen, ihre Stämme ohne fremde Stütze in ihrer Lage zu erhalten, so wird man zunächst den untersten Teil des aufrechten Hauptstammes als denjenigen in Betracht ziehen müssen, von welchem zu erwarten steht, daß er die schwerste Last zu tragen hat. Vorausgesetzt, daß der durch die Belastung bedingte Druck genau in der Richtung der Achse des Hauptstammes wirken würde, müßte derselbe Einrichtungen zeigen, welche ihn befähigen, dem vertikalen Drucke zu widerstehen. Einige Palmen ausgenommen, welche mit kerzengradem Stamme säulenförmig vom Boden emporragen, und deren Blätter nach allen Richtungen der Windrose gleichmäßig ausladen, dürfte nur bei wenigen Pflanzen ein solcher Druck genau in der Richtung der Achse des Stammes zur Geltung kommen. In der Regel wird eine wenn auch noch so geringe Ungleichheit des Stammes oder der Krone eine Ablenkung des Druckes von der Mittelachse zur Folge haben. Winde und Stürme, welche von der Seite her einen aufrechten Stamm und seine Blätter treffen, werden nicht nur infolge des unmittelbaren Anpralles, sondern auch insofern, als sie den Schwerpunkt der von dem unteren Teil des Stammes getragenen Last verschieben, eine Biegung bewirken. Die Beobachtung lehrt nun, daß diese Biegung nur selten ein Zerbrechen des Stammes im Gefolge hat. Nicht nur Gras- und Rohrhalm, sondern in der Regel auch rutenförmige aufrechte Zweige der Bäume, Sträucher und Stauden, ja selbst Palmenstämme können bei Stürmen tief zur Erde niederbeugt werden, kehren aber rasch wieder in ihre aufrechte Lage zurück, ohne den geringsten Schaden erlitten zu haben.

Man sehe einmal auf die Halme, Stengel, Zweige und Laubblätter einer Wiese oder eines Waldes zur Zeit der Gewitterschwüle, welche dem Ausbruche eines Sturmes vorausgeht.

Kein Blättchen regt sich, selbst die schwanken Halme sind unbewegt, und alle Teile der Pflanze nehmen jene Lage zum Licht ein, welche für sie, die wahren Kinder des Lichtes, die günstigste ist. Nun bricht das Gewitter los, der Wind faust über die Flur, die Blätter zittern, schaukeln und flattern, die Blattstiele schwanke, die Halme neigen und beugen sich, die Stengel und Zweige werden gekrümmt und niedergedrückt, daß sie mit ihren Spitzen fast den Boden berühren; zudem wird das Laubwerk vom Regen gepeitscht und durch jeden anprallenden Tropfen erschüttert und aus der Lage gebracht. Eine Stunde später ist der Sturm vorüber; hier und da liegt vielleicht noch eine Gruppe von Stengeln und Blättern unter der Last der Regentropfen auf den Boden hingestreckt, und ein Teil der erschütterten krautigen Stengel ist gegen den Windschatten bogenförmig gekrümmt, aber die anderen stehen schon wieder aufrecht und unbewegt, als ob sie nie von einem Lüftchen berührt worden wären; schließlich erheben auch die durch die Erschütterung gekrümmten und von den Regentropfen so arg niedergedrückten Stöcke ihr Zweig- und Laubwerk, und alles hat wieder denselben Stand und dieselbe Lage wie vor dem Ausbruche des Gewittersturmes angenommen. Nur die Getreidehalme, welche sich durch das eigentümliche Wachstum ihrer Knoten erheben, brauchen dazu einige Tage.

Es wurde diesen Erscheinungen früher nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt, vielleicht aus dem Grunde, weil sie gar so gewöhnlich und alltäglich sind, oder möglicherweise auch darum, weil man eine wissenschaftliche Erläuterung und Begründung des Schwankens der Zweige im Winde nicht für möglich hielt. Erst der neueren Zeit war es vorbehalten, den Mechanismus, welcher diesem Zurückkehren der gebogenen Stämme in eine bestimmte Ruhelage zugrunde liegt, und die Einrichtungen, welche es bewirken, daß solche Stämme selbst bei bedeutender Belastung und bei starkem Drucke zwar sich biegen, aber nicht brechen, genau zu verstehen und äußerst einleuchtend zu erklären.

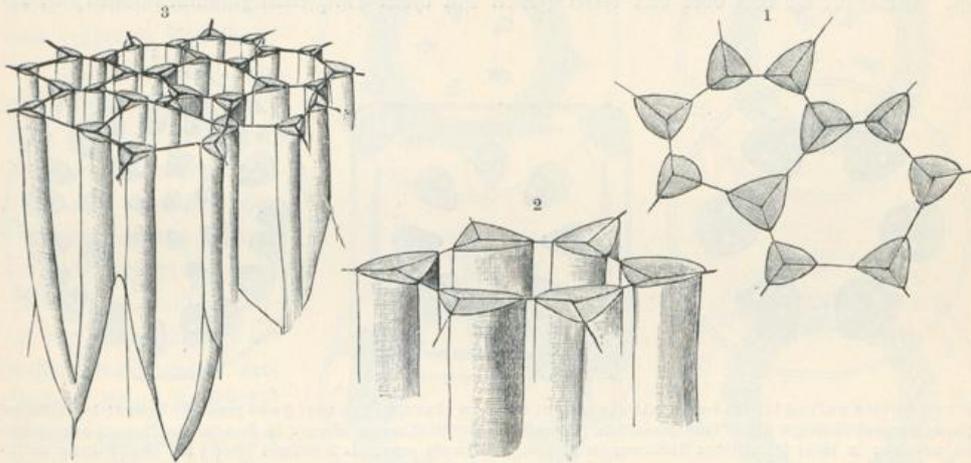
Die einschlägigen Untersuchungen, welche von Schwendener herrühren, haben nämlich ergeben, daß in den Pflanzenstämmen die Tragfähigkeit und Biegefestigkeit durch ganz ähnliche Konstruktionen erreicht werden, wie sie der Mensch bei der Überspannung der Flüsse mit Brücken, bei der Herstellung von Dachstühlen, Miegelwänden und anderen Bauten in Anwendung bringt, und daß auch der für jeden Werkmeister so wichtige Grundsatz: mit dem geringsten Aufwande von Material die größtmögliche Festigkeit des Gebäudes zu erzielen, bei dem Aufbau der Stämme zum Ausdruck kommt.

Das Gerüst, welches dem ganzen Bau die nötige Festigkeit zu geben hat, wird aus Teilen gebildet, welche der Werkmeister eines von Menschen herzustellenden Gebäudes Konstruktionssteile nennen würde, und diese Teile sind bei den Pflanzen aus besonderen Zellen zusammengesetzt, die man mechanische Zellen genannt hat. Die mechanischen Zellen sind schon bei früherer Gelegenheit, nämlich bei der Besprechung der Leitungsvorrichtungen, erwähnt worden (Bd. I, S. 297). Es wurde dort darauf aufmerksam gemacht, daß die Röhren und Zellen, welche der Ableitung und Zuleitung flüssiger Stoffe dienen, regelmäßig zu einem Bündel, dem sogenannten Leitbündel, vereinigt sind. Wenn die Bestandteile dieser Leitbündel sich in Organen finden, die der Gefahr des Geknickwerdens ausgesetzt sind, erscheinen jedesmal mechanische Zellen (Bauffasern) als Begleiter der ab- und zuleitenden Zellen und Röhren.

Als das in beiden Fällen am häufigsten zur Befestigung in Anwendung gebrachte mechanische Gewebe ist der Hartbast hervorzuheben. Die Zellen des Hartbastes erscheinen dem freien Auge als Fasern, sie sind langgestreckt, spindelförmig, an beiden Enden zugespitzt und mit den spitzen Enden verchränkt und verzahnt, wie es in der Abbildung in Bd. I, S. 46

und 296, dargestellt ist. Sie haben meist eine Länge von 1—2 mm, einzelne erreichen aber auch ein viel bedeutenderes Längenmaß, und für die des Hanfes werden 10, jene des Leines 20—40, die der Kessel 77 und jene der *Boehmeria nivea* sogar 220 mm angegeben. Die Wände der Bastfasern sind immer sehr verdickt, die Zellenhöhle ist sehr eng, oft auf einen äußerst feinen Kanal reduziert und in einzelnen Fällen, wie z. B. bei den Zellen des als Jute bekannten Hartbastes von *Corchorus olitorius*, stellenweise ganz verschwunden, so daß aus der Zelle eine solide Faser geworden ist.

Ist die Bastfaser vollständig ausgebildet, so ist in ihrem Inneren das lebendige Protoplasma verschwunden, der enge Raum der Zellenhöhle ist mit Luft, seltener mit wässriger Flüssigkeit gefüllt, und eine solche Zelle ist dann nicht mehr geeignet, weiter zu wachsen, kann auch weder zur Aufnahme und Leitung der Nahrung noch zur Erzeugung organischer Ver-



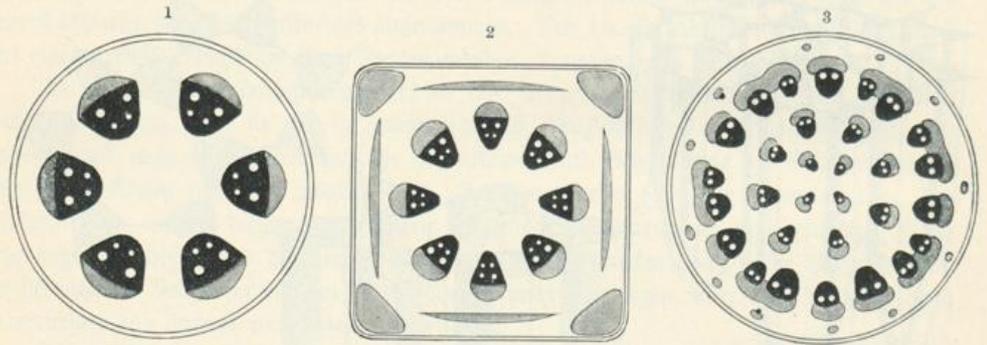
Sclerenchymgewebe: 1) Sclerenchymzellen im Querschnitt mit Verdickungen in den Ecken der Zellen; 2) Sclerenchymzellen in der Längsansicht; 3) zehn miteinander verbundene Sclerenchymzellen in der Längsansicht. (Zu S. 108.)

bindungen, ebensowenig zur Wandlung und Wanderung der Stoffe Verwendung finden, sondern hat ausschließlich eine mechanische Bedeutung. Der ihr in dieser Beziehung gestellten Aufgabe entspricht sie aber in vorzüglicher Weise. Ihre Festigkeit und Elastizität ist außerordentlich groß. Man hat berechnet, daß das Tragvermögen des Hartbastes für das Quadratmillimeter Querschnittsfläche zwischen 15 und 20 kg beträgt, also jenem des Schmiedeeisens gleichkommt, und daß das Tragvermögen des Bastes mancher Arten sogar jenem des Stahles gleichzustellen ist. Dabei hat der Hartbast vor dem Eisen noch den Vorteil einer weit größeren Dehnbarkeit, vermag darum dem Zerreißen auch viel länger zu widerstehen als das Eisen, und es wird bei Berücksichtigung aller dieser Eigenschaften erklärlich, warum von den Menschen seit uralter Zeit der Hartbast vieler Pflanzen zu Geweben, Bindfäden, Tauen und dergleichen, also gerade da, wo es besonders auf Zugfestigkeit ankommt, mit Vorteil verwendet wird.

Von den Bastfasern verschieden, wenn auch von ähnlicher Form, sind die Holzfasern, welche man auch Librisformzellen genannt hat (s. Abbildung, Bd. I, S. 46, 6). Während die Bastfasern einen der wichtigsten Bestandteile der Rinde ausmachen, bilden die Holzfasern ein wesentliches Element im Holzkörper jener Stämme, welche alljährlich auf das schon vorhandene Holz eine neue Schicht von Holz durch das Kambium ansetzen, auf diese Weise an

Umfang zunehmen und auf dem Querschnitte sogenannte Jahresringe zeigen. Die Länge der Holzfasern schwankt zwischen 0,3 und 1,3 mm, und im allgemeinen zeigen sie daher eine geringere Länge als die Bastfasern. Auch sind ihre Wände verholzt, daher sind sie nicht biegsam wie die Bastfasern. Wenn ein holzbildender Stamm in die Dicke gewachsen ist und an seinem Umfang eine Borke ausgebildet hat, so ist begreiflicherweise die Rolle, welche der Hartbast in der Rinde gespielt hat, zu Ende; dann übernehmen die Holzfasern jene Aufgabe, welche in den jungen Trieben dieses Stammes dem Hartbast zufiel.

Als besondere Form mechanischen Zellgewebes wird von vielen Pflanzen Kollenchym entwickelt. Die Zellen, welche das Kollenchym zusammensetzen, sind langgestreckt und in ähnlicher Weise miteinander verbunden wie die Hartbastzellen; sie unterscheiden sich aber von diesen und auch von den Holzfasern dadurch, daß die Verdickung ihrer Wände keine gleichmäßige ist. Nur dort, wo drei oder vier dieser Zellen mit ihren Langseiten zusammenstoßen, ist die

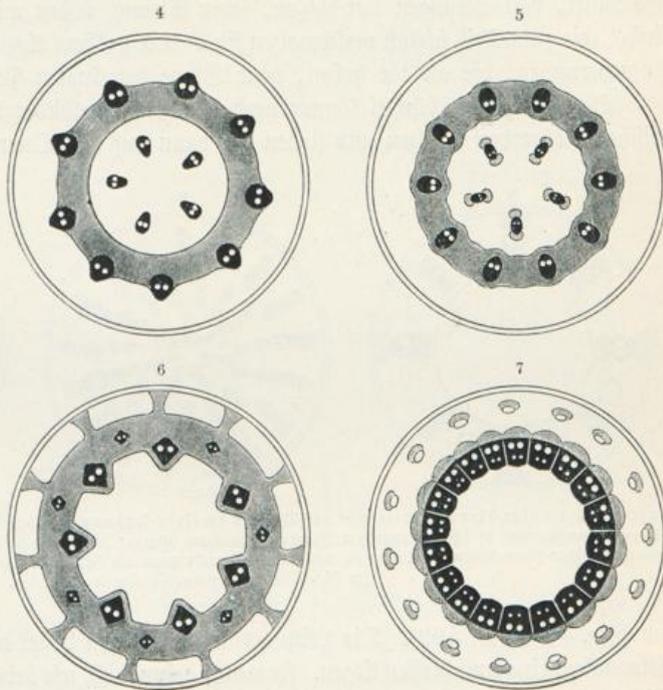


Querschnitte aufrechter Stämme mit einfachen, nicht zu einer Röhre verschmolzenen Trägern: 1) einjähriger Zweig der großblättrigen Linde (*Tilia grandifolia*); 2) weiße Taubnessel (*Lamium album*); 3) Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten. (Zu S. 109—112.)

Wandung sehr verdickt, stellenweise aber bleibt die Wand, welche zwei benachbarte Zellkammern gemeinsam haben, wieder dünn (s. Abbildung, S. 107), das ganze Gewebe läßt sich einem Bauwerke vergleichen, in welchem dicke Hauptmauern mit dünnen Zwischenwänden abwechseln und die dünnen Mauern, stellenweise durch Pilaster verdickt, große Tragfähigkeit erreichen. Ein weiterer Unterschied von den Hartbastzellen und Holzfasern liegt darin, daß sich im Inneren der Kollenchymzellen das Protoplasma lebendig erhält, daß in diesem nicht selten Chlorophyllkörper vorhanden sind, daß dasselbe einen Teil der zum Wachstum notwendigen Stoffe durch die dünneren Stellen der Wände aus der Nachbarschaft beziehen und zu Baustoffen verarbeiten kann, daß mit einem Worte das Kollenchym wachstumsfähig bleibt. Damit ist aber auch der Vorteil, welchen die Kollenchymzellen vor den Hartbastzellen und Holzfasern oder Libriformzellen voraushaben, erklärt. Der Hartbast und das Libriform, einmal fertiggestellt, haben die weitere Entwicklungsfähigkeit eingebüßt und würden daher in einem Stamme, welcher noch in die Länge wachsen soll, als architektonische Elemente schlecht am Platze sein; sie würden entweder das Längenwachstum der anderen Gewebe hindern oder durch die Kraft der in die Länge wachsenden anderen Zellen zerreißen, in beiden Fällen daher eine schlechte Rolle spielen. Die Kollenchymzellen dagegen sind noch entwicklungsfähig, vermögen Hand in Hand mit den anderen Geweben sich zu strecken und weiterzuwachsen und sind dem Gerüst

eines mehrstöckigen Gebäudes zu vergleichen, das man immer nur in dem Maße erhöht, als es zum Weiterbau des Ganzen notwendig ist. Gegen den Hartbast und das Libriform hat das Kollenchym allerdings den Nachteil, daß seine absolute Festigkeit etwas geringer ist, indem sich das Tragvermögen für das Quadratmillimeter Querschnittsfläche nur auf 10—12 kg stellt. Ebenso ist die Elastizitätsgrenze des Kollenchyms bedeutend geringer. Wo aber der Hartbast oder das Libriform aus den oben angeführten Gründen nicht passend wären, tritt das Kollenchym an seine Stelle. Man kann darum auch nicht sagen, daß Hartbast und Libriform wichtiger seien als das Kollenchym; jedes ist in seiner Art von hervorragender architektonischer Bedeutung, und bald ist dieses, bald jenes von größerem Vorteil.

Was nun die Anordnung des bald als Hartbast, bald als Libriform, bald als Kollenchym ausgebildeten mechanischen Gewebes anlangt, so ist sie im allgemeinen die von Strängen, welche parallel zur Längsachse des betreffenden Stammes verlaufen. Wenn sie sich bei diesem Verlaufe in der Mitte des Stammes halten würden, so wäre das für den aufrechten Stamm keine zweckmäßige Anordnung; denn dort können sie für die Biegefestigkeit desselben so gut wie nichts leisten. Der Stamm wird



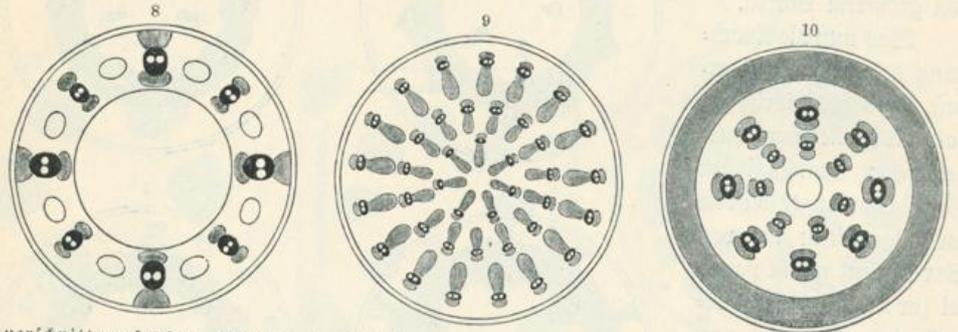
Querschnitte aufrechter Stämme mit einfachen, zu einer zylindrischen Röhre verschmolzenen Trägern: 4) Weinbergslauch (*Allium vineale*); 5) quirlblättriges Raiglöschchen (*Convallaria verticillata*); 6) blaues Pfeifengras (*Molinia coerulea*); 7) Sumbulstaude (*Euryangium Sumbul*). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten. (Zu S. 110—112.)

um so steifer und unbiegsamer werden, je mehr die Steifungsgewebe an die Peripherie rücken. Das lehrt schon die Festigkeit hohler Säulen. Liegen die Steifungsstränge symmetrisch nahe der Peripherie, so werden sie einer Verbiegung nach jeder Seite einen Widerstand entgegensetzen. Wir finden wirklich auch eine vollkommen symmetrische Verteilung der Stränge, wie sich aus den abgebildeten Querschnittsansichten erkennen läßt. Allgemein ist zu beachten, daß die Steifungsgewebe (in den Figuren grau) in der Regel mit den Leitungssträngen (schwarz) fest verbunden sind, was nachher noch mechanisch erklärt werden wird.

Fig. 1, S. 108, ist ein Stammquerschnitt, bei welchem die mechanischen Stränge des Hartbastes (Sklerenchym), möglichst nach außen gerückt, den Leitungssträngen anliegen. Eine Verbindungslinie zweier gegenüberliegender Stränge würde durch den Mittelpunkt des Stammes gehen, was ergibt, daß immer zwei solcher Stränge sich in ihrer Steifheit bei Verbiegungen

unterstützen. So sind die allermeisten Stengel gebaut, auch die Keimspresse aller Bäume, bei denen, wenn sie älter werden, an Stelle dieser Stränge dann der feste Holzkörper tritt. Zuweilen treten auch außerhalb des Gefäßbündelkreises noch besondere Stränge hinzu. 3. B. bei den vierkantigen Stengeln der Labiaten (Fig. 2, S. 108) läuft innerhalb jeder Kante des Stengels ein Kollenchymbündel herab. Diese Ausrüstung der Stengellanten mit einem steifen Strang macht es begreiflich, daß die dünnen und langen Labiatenstengel steif aufrecht stehen. Fig. 3 ist der Querschnitt einer Palme (*Phoenix dactylifera*). Hier ist auch die Mitte des Stengels, das Mark, von Strängen durchzogen, jeder Strang außen mit einem Steifungsstrang bekleidet, die zum Teil seitlich verschmolzen sind. Die größere Anzahl der Stränge entspricht den Anforderungen, die an die hohen, vom Winde bedrängten Palmenstämme gestellt werden.

Die Sklerenchymbündel können auch bei ihrer Ausbildung miteinander zu einer zylindrischen Röhre verschmelzen und stellen sich dann auf dem Querschnitt als geschlossener Ring



Querschnitte aufrechter Stämme mit als Träger zweiter Ordnung ausgebildeten Gurtungen: 8) raufige Binse (*Scirpus caespitosus*); 9) schwarztengeliger Bambus (*Bambusa nigra*); 10) gemeines Rohr (*Phragmites communis*). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten. In Fig. 8 sind die ovalen Luftkanäle angegeben.

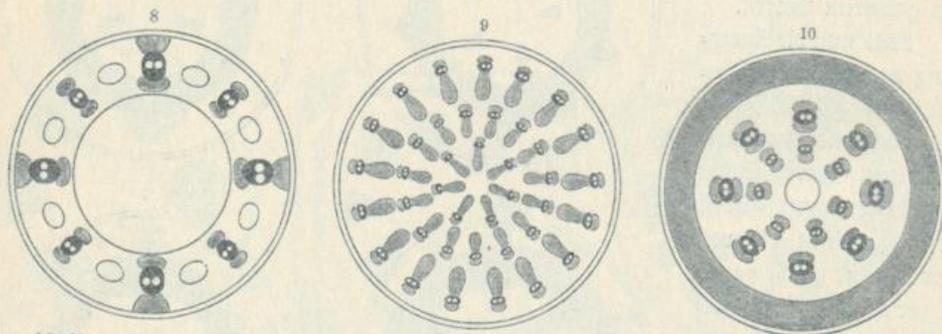
dar (Fig. 4—7, S. 109). Die Leitungsstränge können dabei außen, innen oder ganz vom Sklerenchymring umschlossen liegen. Zuweilen gehen auch, wie bei dem Grase *Molinia coerulea* (Fig. 6), von dem Sklerenchymring Vorsprünge an die Peripherie, die den Umfang des Stengels wie Strebepfeiler gegen Verbiegung stützen. In anderen Fällen ist die Rinde des Stengels durch einen Kreis selbständiger Steifungsbündel befestigt, wie bei der stattlichen Doldenpflanze *Euryangium Sumbul* (Fig. 7), welche auch auf der beigehefteten Tafel „Orientalische Doldenpflanzen“ abgebildet ist. Man erkennt die stattliche Höhe des Blütenstengels, der den Winden der Steppe gewachsen sein muß. Das in Fig. 6 gewählte System, den Umfang des Stengels zu stützen, wird auch häufig in etwas anderer Weise verwirklicht, 3. B. bei der Binse (*Scirpus caespitosus*, s. obenstehende Fig. 8), wo die Strebepfeiler aus zwei durch das Leitungsbündel zusammengehaltenen Steifungssträngen gebildet werden. Durch diese Abweichung von dem in Fig. 6 gegebenen Beispiel wird für die Sumpfpflanze der Vorteil erreicht, noch für große Luftkanäle zwischen den Bündeln den nötigen Raum zu gewinnen. Wo solche Einrichtungen nicht verlangt werden, 3. B. beim gemeinen Rohr, *Phragmites communis* (Fig. 10), kann eine vollständig geschlossene Sklerenchymröhre ganz an die Peripherie des Stengels gelegt werden. Beim Bambus (Fig. 9), welcher wie das Rohr zu den Gräsern gehört, ist die Anzahl der Stränge bedeutend vermehrt, dafür aber sind die Stränge dünner. Jedes Leitbündel ist von zwei Sklerenchymsträngen flankiert, von denen der innere stärker entwickelt ist.



Orientalische Doldenpflanzen (Turkistan).

unterstützen. So sind die allermeisten Stengel gebaut, auch die Keimspresse aller Bäume, bei denen, wenn sie älter werden, an Stelle dieser Stränge dann der feste Holzkörper tritt. Zuweilen treten auch außerhalb des Gefäßbündelkreises noch besondere Stränge hinzu. Z. B. bei den vierkantigen Stengeln der Labiaten (Fig. 2, S. 108) läuft innerhalb jeder Kante des Stengels ein Kollenchymbündel herab. Diese Ausrüstung der Stengelkanten mit einem steifen Strang macht es begreiflich, daß die dünnen und langen Labiatenstengel steif aufrecht stehen. Fig. 3 ist der Querschnitt einer Palme (*Phoenix dactylifera*). Hier ist auch die Mitte des Stengels, das Mark, von Strängen durchzogen, jeder Strang außen mit einem Steifungsstrang bekleidet, die zum Teil seitlich verschmolzen sind. Die größere Anzahl der Stränge entspricht den Anforderungen, die an die hohen, vom Winde bedrängten Palmenstämme gestellt werden.

Die Sklerenchymbündel können auch bei ihrer Ausbildung miteinander zu einer zylindrischen Röhre verschmelzen und stellen sich dann auf dem Querschnitt als geschlossener Ring

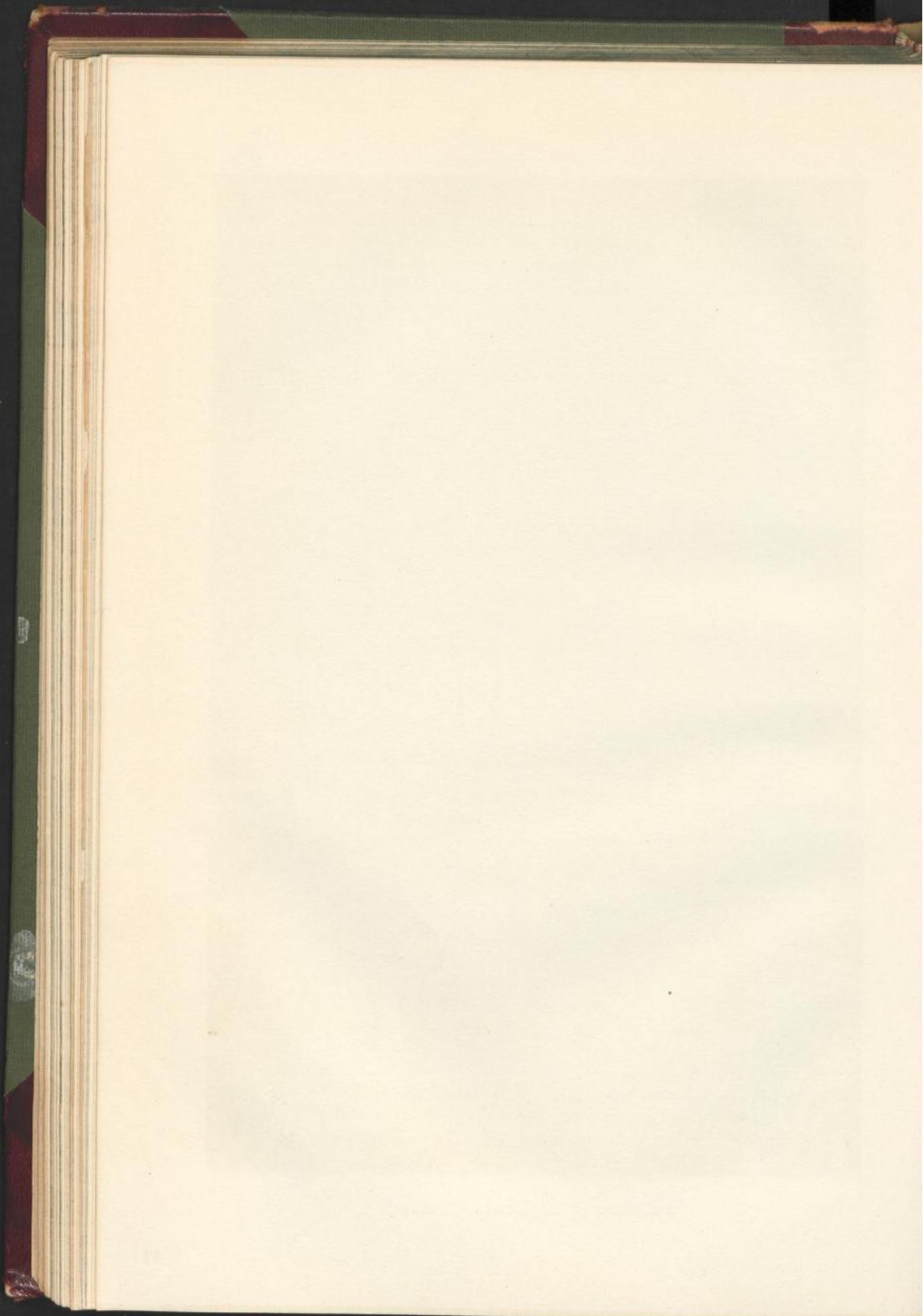


Querschnitte aufrechter Stämme mit als Träger zweiter Ordnung ausgebildeten Gurtungen: 8) raufige Winse (*Scirpus caespitosus*); 9) schwarzstengelliger Bambus (*Bambusa nigra*); 10) gemeines Rohr (*Phragmites communis*). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten. In Fig. 8 sind die ovalen Luftkanäle angegeben.

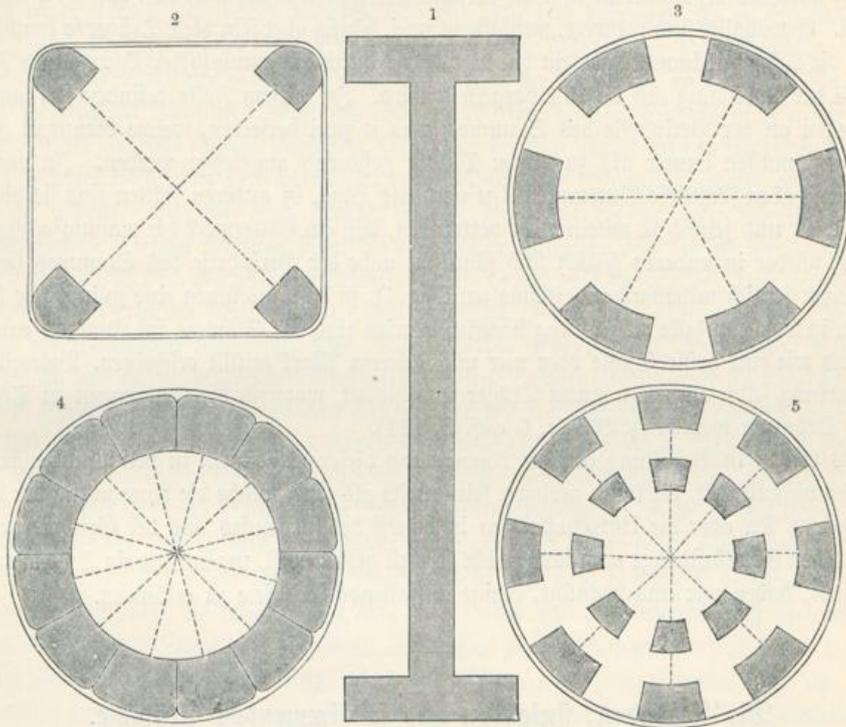
dar (Fig. 4—7, S. 109). Die Leitungsstränge können dabei außen, innen oder ganz vom Sklerenchymring umschlossen liegen. Zuweilen gehen auch, wie bei dem Grase *Molinia coerulea* (Fig. 6), von dem Sklerenchymring Vorsprünge an die Peripherie, die den Umfang des Stengels wie Strebenpfeiler gegen Verbiegung stützen. In anderen Fällen ist die Rinde des Stengels durch einen Kreis selbständiger Steifungsbündel befestigt, wie bei der stattlichen Doldenpflanze *Euryangium Sumbul* (Fig. 7), welche auch auf der beigehefteten Tafel „Orientalische Doldenpflanzen“ abgebildet ist. Man erkennt die stattliche Höhe des Blütenstengels, der den Winden der Steppe gewachsen sein muß. Das in Fig. 6 gewählte System, den Umfang des Stengels zu stützen, wird auch häufig in etwas anderer Weise verwirklicht, z. B. bei der Winse (*Scirpus caespitosus*, s. obenstehende Fig. 8), wo die Strebenpfeiler aus zwei durch das Leitungsbündel zusammengehaltenen Steifungssträngen gebildet werden. Durch diese Abweichung von dem in Fig. 6 gegebenen Beispiel wird für die Sumpfpflanze der Vorteil erreicht, noch für große Luftkanäle zwischen den Bündeln den nötigen Raum zu gewinnen. Wo solche Einrichtungen nicht verlangt werden, z. B. beim gemeinen Rohr, *Phragmites communis* (Fig. 10), kann eine vollständig geschlossene Sklerenchymröhre ganz an die Peripherie des Stengels gelegt werden. Beim Bambus (Fig. 9), welcher wie das Rohr zu den Gräsern gehört, ist die Anzahl der Stränge bedeutend vermehrt, dafür aber sind die Stränge dünner. Jedes Leitbündel ist von zwei Sklerenchymsträngen flankiert, von denen der innere stärker entwickelt ist.



Orientalische Doldenpflanzen (Turkifan).



Die oben geschilderten anatomischen Einrichtungen wirken ganz so, als ob sie nach den Regeln unserer Bautechnik eingerichtet wären, was aus einigen Hindeutungen auf technische Mechanik klar hervorgehen wird. Die Ingenieurwissenschaft hat gefunden, daß die Festigkeit eines Tragbalkens abhängt von der Festigkeit der Grenzflächen, weil diese am meisten in bezug auf Druck und Zug in Anspruch genommen werden und den größten Widerstand leisten müssen. Darum braucht solch ein Balken in der Mitte nicht so stark wie an den Grenzflächen



Schematische Darstellung verschieden kombinierter Träger: 1) ein einzelner Träger; 2) zwei kombinierte kreuzweise gestellte Träger; 3) drei kombinierte Träger; 4) sechs kombinierte Träger; die Gurtungen schließen seitlich so aneinander, daß eine zylindrische Hölre hergestellt ist; 5) vier kombinierte Hauptträger; die Gurtungen derselben werden aus Trägern zweiter Ordnung gebildet. In Fig. 2—4 ist die Füllung der Träger durch gestrichelte Linien angedeutet. (Zu S. 111 u. 112.)

zu sein, man konstruiert vielmehr die Tragebalken in der bekannten Form der „Träger“ (s. obenstehende Fig. 1). Die beiden Endflächen nennt man Gurtungen und das Zwischenstück Füllung. Die Füllung kann aus einem leichteren Material hergestellt werden oder auch nur aus Gitter- oder Fachwerk bestehen. Das bedeutet Raum- und Materialersparnis. Betrachtet man die abgebildeten Stengelquerschnitte Fig. 8, 9 u. 10, so erkennt man leicht, daß in jedem einzelnen Bündel das (schwarze) Leitbündel der Füllung, die (grauen) Sklerenchymbündel den Gurtungen eines Trägers gleichen und die Stengel also gegen Verbiegen von außen durch lauter Träger gestützt sind. Aber auch in dem Querschnitt Fig. 1, S. 108, wo die Leitbündel nur einseitig von einem Sklerenchymstrang begleitet sind, braucht man nur zwei gegenüberliegende Bündel durch eine Linie zu verbinden, um das Bild des Trägers, wie in obenstehender Fig. 3, zu finden. Überall bestehen die Gurtungen aus mechanischem Gewebe (Sklerenchym, Kollenchym), die Füllungen aus Leitbündeln oder Parenchym. In den flächenförmig ausgebreiteten Laubblättern

sind die Träger so eingefügt, daß deren Gurtungen den Blattseiten parallel, die Füllungen quer dazu liegen, und diese Anordnung macht die Blätter in der Blattebene biegungsfest. Diese Konstruktion, welche an den Blattquerschnitten der Abbildungen in Bd. I, S. 257, Fig. 1 und 4, und S. 258, Fig. 3 und 6, zu sehen ist, wäre für aufrechte Stämme sehr unpassend. Der aufrechte Stamm, auf welchen bald von dieser, bald von jener Seite her der Wind einströmt, muß nach verschiedenen Richtungen ohne Nachteil gebogen werden können, und dieser Anforderung entsprechend erscheinen in ihm die verschiedenartigsten Kombinationen von Trägern ausgebildet. Gewöhnlich sind mehrere, wenigstens zwei, häufig aber sehr viele Träger so kombiniert, daß sie die Achse miteinander gemein haben, wie das durch die schematischen Querschnitte Fig. 2, 3 und 4 der Abbildung auf S. 111 dargestellt wird. In diesem Falle befinden sich sämtliche Gurtungen an der Peripherie des Stammes, und je zwei derselben, welche diametral gegenüberliegen, müssen immer als zu einem Träger gehörend angesehen werden. In manchen Stämmen haben sämtliche Gurtungen eine parallele Lage, in anderen Fällen sind sie hin und her gebogen und seitlich so miteinander verbunden, daß ein Gitterwerk der mannigfachsten Art entsteht; wieder in anderen Fällen sind sämtliche nahe der Peripherie des Stammes liegende Gurtungen seitlich miteinander verschmolzen (Fig. 4), so daß aus ihnen eine zylindrische Röhre entsteht, in welchem Falle die Füllung überflüssig wird und die Stämme im Inneren entweder hohl sind wie eine hohle Säule oder nur mit lockerem Mark erfüllt erscheinen. Bisweilen ist jede Gurtung selbst wieder zu einem Träger umgestaltet, wodurch die Gurtungen zu Trägern zweiter Ordnung werden (z. B. Fig. 5 auf S. 111).

Es besteht in Beziehung auf die Anwendung dieser Prinzipien in den Pflanzenstengeln eine Mannigfaltigkeit, die kaum geringer sein dürfte als jene, welche die Anordnung der Blattadern zeigt. Da aber die Untersuchungen in betreff des Verlaufes und der Gruppierung der mechanischen Gewebestränge noch lange nicht so weit gediehen ist, um daraus ein System machen zu können, haben wir uns begnügt, einige auffallende Beispiele zu erläutern.

### Die liegenden, stulenden und schwimmenden Stämme.

Einen auffallenden Gegensatz zu den aufrechten Stämmen bilden die horizontal am Erdboden hinkriechenden Sprosse von Pflanzen, die auf Torfmooren, auf den sandigen Flächen der Niederungen, auf steinigten Terrassen des Hügellandes und in den Felsritzen windgepeitschter Berg Höhen wurzeln, im allgemeinen also einen Boden bewohnen, welcher nicht als fruchtbar gilt, auf welchem die Stürme freies Spiel treiben, und wo hochstrebende Pflanzen einen schweren Stand haben würden. Die Blätter, welche liegende Stämme schmücken, sind meistens ungeteilt, klein und an jedem Jahrestrieb in großer Zahl vorhanden. Wo nicht unüberwindliche Hindernisse im Boden vorhanden sind, breiten sich die liegenden Stämme von der Stelle, wo der Stock zuerst Wurzel gefaßt hat, nach allen Seiten aus, und wenn die betreffenden Arten zu den geselligen gehören, überziehen sie den Boden, der ihnen zur Unterlage dient, in verhältnismäßig kurzer Zeit mit einem geschlossenen Teppich. In den jüngsten Entwicklungsstufen sind die Sprosse noch nicht auf den Boden hingestreckt, namentlich ist die Achse des Sprosses, welcher unmittelbar über dem Keimblattstamm entspringt, immer aufrecht; alsbald aber, nachdem eine Streckung in die Länge stattgefunden hat, neigt sich der Sproß zur Seite, schmiegelt sich dem Erdbreich an oder bildet wohl auch einen nach oben zu konvergen Bogen, um

mit seinem freien Ende den Boden zu erreichen. Die Spitze erscheint allerdings immer wieder etwas aufgerichtet, und die meisten liegenden jungen Sprosse haben daher die Gestalt eines  $\sim$ . In dem Maße, wie ein solcher Stamm sich verlängert, schmiegt sich das hinter der fortwachsenden Spitze liegende Stück der Unterlage an.

In vielen Fällen sind diese Stämme nicht fähig, sich aufrecht zu erhalten. Der Boden, auf dem sie hinkriechen, ist für sie tatsächlich Liegestatt und Stütze, und sobald ihnen diese entzogen wird, werden sie nickend und überhängend, wie das beispielsweise bei Erdbeerpflanzen (*Fragaria*) beobachtet wird, die über den Rand einer Felsstufe hinauswachsen. Daß es aber nicht immer das eigene Gewicht und das Gewicht der Blätter ist, welches diese Wachstumsweise unmittelbar veranlaßt, oder, mit anderen Worten, daß die Sprosse nicht unter der Last ihrer Blätter auf den Boden hinsinken, sieht man deutlich genug an den liegenden Stämmen der Ausläufer treibenden Habichtskräuter (z. B. *Hieracium pilosella*), welche, abgeplückt und aufrecht gestellt, ganz steif und gerade bleiben und nicht die geringste Biegung erfahren. Niederliegende Stengel kommen schon bei einjährigen Pflanzen vor, die sich nur durch Samen fortpflanzen, z. B. dem Burzeldorn (*Tribulus*), dem Gauchheil (*Anagallis*), dem efeublätterigen Ehrenpreis (*Veronica hederifolia*), dem Portulak (*Portulaca oleracea*) und zahlreichen Arten der Gattungen Knöterich, Klee, Schneckenklee (*Polygonum*, *Trifolium*, *Medicago*). Andere dauern mit unterirdischen Rhizomen aus und treiben jährlich neue oberirdische Stengel wie der Schötentklee (*Tetragonolobus siliculosus*), der gewöhnliche Ehrenpreis (*Veronica officinalis*) und mehrere nelkenartige Gewächse (*Saponaria ocymoides*, *Telephium Imperati*).

Bei den ausdauernden kriechenden Pflanzen entwickeln die Stämme alljährlich End- und Seitentriebe, welche sämtlich dem Boden parallel verlaufen. Auch die aus ihren Knospen hervorstwachsenden Triebe sind dem Boden angepreßt und wiederholen überhaupt die Wachstumsweise ihrer Mutterstämme. Die neuen Triebe sind stets beblättert, die älteren verlieren dagegen die Blätter; sie erhalten sich aber noch Jahre hindurch lebenskräftig und dienen der Zuleitung des Wassers aus dem Boden. Bei vielen dieser Pflanzen verholzen die älteren Stammteile, erhalten sich dann gewöhnlich sehr lange Zeit, können auch an Umfang zunehmen und zeigen mitunter zahlreiche Jahresringe, wie z. B. die den Felsplatten der Hochalpen angepreßten Stämme der liegenden Weiden (*Salix serpyllifolia*, *retusa*, *Jacquiniana*, *reticulata*), von welchen auf S. 114 eine Abbildung eingeschaltet ist.

Häufig wurzeln die sich verlängernden Stämme auf weiter Erstreckung ihrer Unterlage nicht an. Faßt man sie an den belaubten Spitzen und hebt sie vom Boden ab, so überzeugt man sich, daß die Triebe mehrerer, oft vieler Jahre noch immer keine Wurzeln geschlagen haben. Wenn solche Stämme sich verzweigt und mit ihren Ästen über den Boden in weiterem Umfang ausgebreitet haben, so entstehen förmliche Teppiche, welche sich von der Erde oder von den Felsstufen als ein zusammenhängendes Ganze abheben lassen, wie das beispielsweise bei der Bärentraube (*Aretostaphylos Uva ursi*) und der Silberwurz (*Dryas octopetala*) beobachtet wird. Es fällt auf, daß eine so große Zahl der hierher gehörigen Arten wintergrünes Laub besitzt, und es sei in dieser Beziehung auf die liegende Azalea (*Azalea procumbens*; s. Tafel in Bd. I, S. 216), dann auf die Moosbeere (*Oxycoccus palustris*) und die herzblätterige Kugelblume (*Globularia cordifolia*) hingewiesen.

Bei anderen Kriechpflanzen mit nicht verholzenden Stämmen halten sich die älteren Triebe nicht so lange Zeit, sondern sterben schon nach drei, vier Jahren ab, wodurch die Pflanze in der Richtung des wachsenden Endes gewissermaßen fortwandert. In den Gelenken entwickeln diese

Stämme reichlich Wurzelfasern, welche in den Boden eindringen und den Stamm oft förmlich in die Erde oder wie bei *Hydrocotyle vulgaris* (s. Abbildung, S. 115) in den Schlamm hineinziehen können. Wenn an älteren Stammstücken jene Stellen, wo früher Blätter gewesen hatten, durch querlaufende Narben und Leisten bezeichnet sind, so sehen solche Stämme kriechenden,



Dem Boden angelehnte Stämme und Zweige von Alpenweiden auf der Nordseite des Blasers in Tirol. (Zu S. 113.)

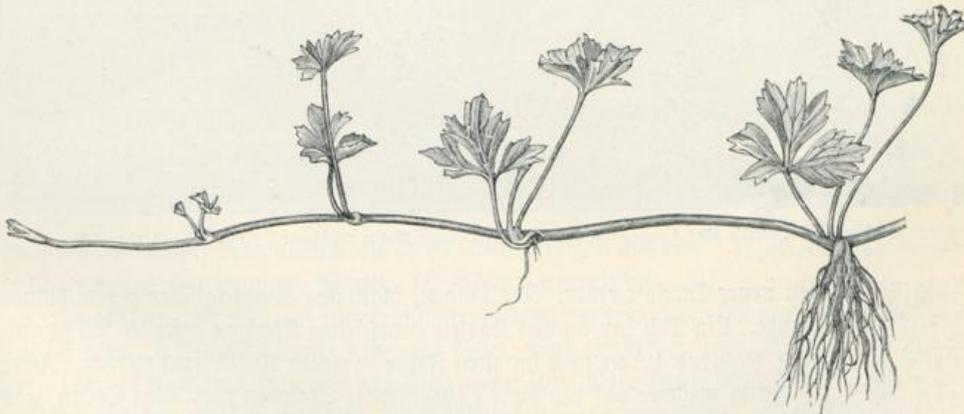
geringelten Wurmern und Raupen nicht unähnlich. Recht auffallend sind in dieser Beziehung die über feuchtes Gestein am Rande der Quellen hinkriechenden braunroten Stämme der kalifornischen *Saxifraga peltata*. Aber auch die Stämme der Haselwurz (*Asarum*), des sumpfbewohnenden Bitterklee (*Menyanthes trifoliata*), der Schlangenzwurz (*Calla palustris*) und mehrerer Arten von Klee (z. B. *Trifolium repens*) rufen den Eindruck hervor, als ob Gewürm über dem Boden hinkrieche.

Mit dem besonderen Namen Ausläufer (*stolo*) bezeichnet man einen liegenden, nach

Jahr und Tag absterbenden Seitenproß, welcher aus den Knospen der unteren Blätter eines aufrechten Hauptproßes entsteht. Ausläufer haben in der Regel sehr dünne, oft fadenförmige Achsen und sind in kleineren oder größeren Abständen mit Blättern besetzt. In den Achseln vieler dieser Blätter werden keine Knospen ausgebildet oder es sind oftmals nur die Enden der Ausläufer, an welchen aus den Achseln sehr verkleinerter Blätter anwurzelnde Knospen entstehen. Hierher gehören von bekannten Pflanzen das Sinngrün (*Vinca*) und der rotblaue Steinjame (*Lithospermum purpureo-coeruleum*). Die von einem älteren Stoß ausgehenden Triebe dieser Arten bilden einen flachen, mit Laubblättern reichlich besetzten Bogen, der sich mit seinem freien Ende auf die Erde niederstreckt, sich dort verdickt, in eine dunkle Ritze oder in den schwarzen Humus hineinwächst, Wurzel schlägt und durch diese noch tiefer in den Boden hineingezogen wird. Dieses in die Erde gezogene Ende des Ausläufers stellt sich dann im nächsten Jahre sozusagen auf eigene Füße; es wächst zu einem neuen Stoße heran, während der bogen- oder spangenförmige Teil des Ausläufers früher oder später abstirbt und gewöhnlich schon im nächsten oder zweitnächsten Jahre spurlos verschwunden ist. Die Ausläufer des Pfennigkrautes (*Lysimachia Nummularia*) sind ähnlich gebaut, aber bei dieser Pflanze liegen die Sprosse



*Hydrocotyle vulgaris*, mit kriechendem Stamme.  
(Zu S. 114.)

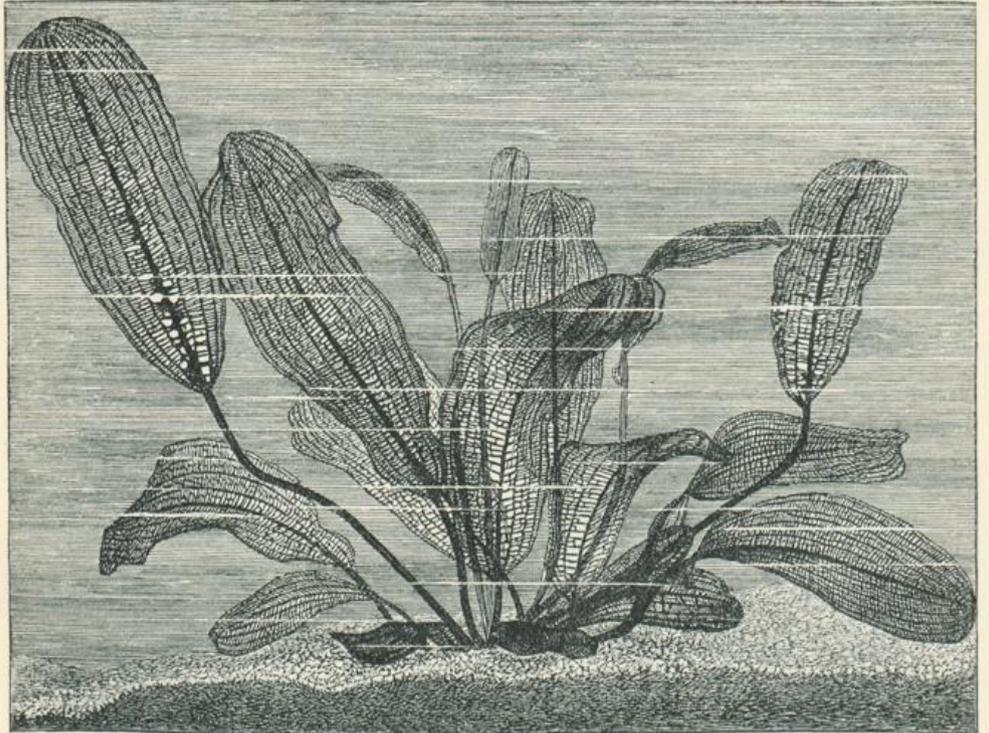


Ausläufer von *Ranunculus repens*. Die Knoten, an denen die Blätter und Seitenprosse entstehen, bewurzeln sich. Später sterben die fadenförmigen Teile des Ausläufers ab, wodurch die anfänglichen Seitenprosse zu selbständigen Pflanzen werden. (Zu S. 115 u. 116.)

platt dem Boden auf, eine Verdickung des Endes findet nicht statt, die Spitzen sind nicht lichtscheu und werden auch nicht weit in die Erde hineingezogen. In den Achseln der kleinen Blätter nahe an der Spitze des Ausläufers entstehen Knospen, welche anwurzeln und im nächsten Jahre zum Ausgangspunkte für neue Stöcke werden. Mehrere Arten der Gattungen

Steinbrech und Hauswurz (*Saxifraga* und *Sempervivum*), der kriechende Günsel (*Ajuga reptans*), einige Habichtskräuter (z. B. *Hieracium pilosella* und *Auricula*) und zahlreiche andere Gewächse entwickeln reichbeblätterte Ausläufer, welche an dem freien Ende zu Kurztrieben werden und dort auch anwurzeln. Die Blätter sind an diesen Kurztrieben rosettenförmig gruppiert; der Kurztrieb wächst im nächsten Jahre zu einem neuen Pflanzenstock heran, während der Ausläufer selbst zugrunde geht.

Zuweilen sind, wie gesagt, die Ausläufer sehr lang und fadenförmig, wobei sich nur in weiteren Abständen an denselben Blätter und Knospen ausbilden, welche anwurzeln und zu



*Ouvirandra fenestralis* oder *Aponogeton fenestrale*, eine unter Wasser wachsende Pflanze. (Zu S. 119—120.)

Ausgangspunkten neuer Stöcke werden. Die langen, blattlosen Stengelglieder gehen binnen Jahresfrist zugrunde. Ein Teil der an den Knoten entwickelten Knospen gestaltet sich zu aufrechten Kurztrieben, während andere noch im alten Jahre zu neuen Ausläufern werden. Jeder Stock sendet gleichzeitig mehrere auf den Boden hingestreckte Stolonen nach allen Seiten, was dazu führt, daß in kurzer Zeit Strecken mit fadenförmigen Ausläufern kreuz und quer übersponnen sind und die Pflanze sich auf diese Weise reichlich vermehrt.

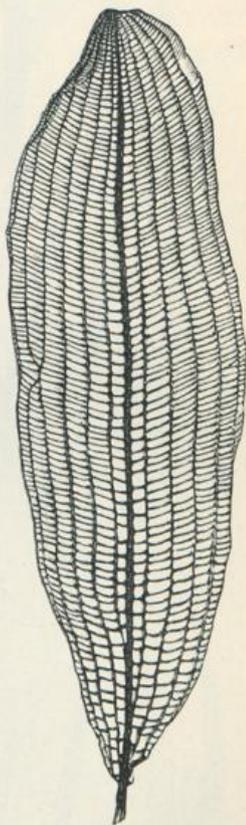
Bekannte Beispiele für diese Form des liegenden Stammes liefern die Erdbeerpflanzen (z. B. *Fragaria vesca* und *indica*), der auf Wiesen verbreitete, S. 115 abgebildete Hahnenfuß *Ranunculus repens*, mehrere Fingerkräuter (z. B. *Potentilla reptans* und *anserina*), die kriechende Nesselwurz (*Geum reptans*), die Felsenbrombeere (*Rubus saxatilis*), der Gundermann (*Glechoma hederacea*) und der japanische Steinbrech (*Saxifraga sarmentosa*).

Ein gar seltsames Ansehen bietet eine im Himalaja heimische Art der Gattung Mannsschild (*Androsace sarmentosa*). Alle ihre Blätter sind an einem aufrechten Kurztriebe zu einer zierlichen Rosette zusammengedrängt. Aus den Achseln mehrerer dieser Rosettenblätter kommen im Laufe des Sommers dünne, lange, rote Schößlinge in strahlenförmiger Anordnung hervor, legen sich dem steinigen Boden an, und jeder dieser Schößlinge bildet an seinem Ende nur einen einzigen anwurzelnden Kurztrieb, der sich zu einer Rosette ausgestaltet. Die roten Fäden gehen im zweiten Jahre zugrunde, aber man sieht dann um eine ältere Rosette fünf oder sechs neue angewurzelte Rosetten sehr regelmäßig in einem Kreise herumstehen.

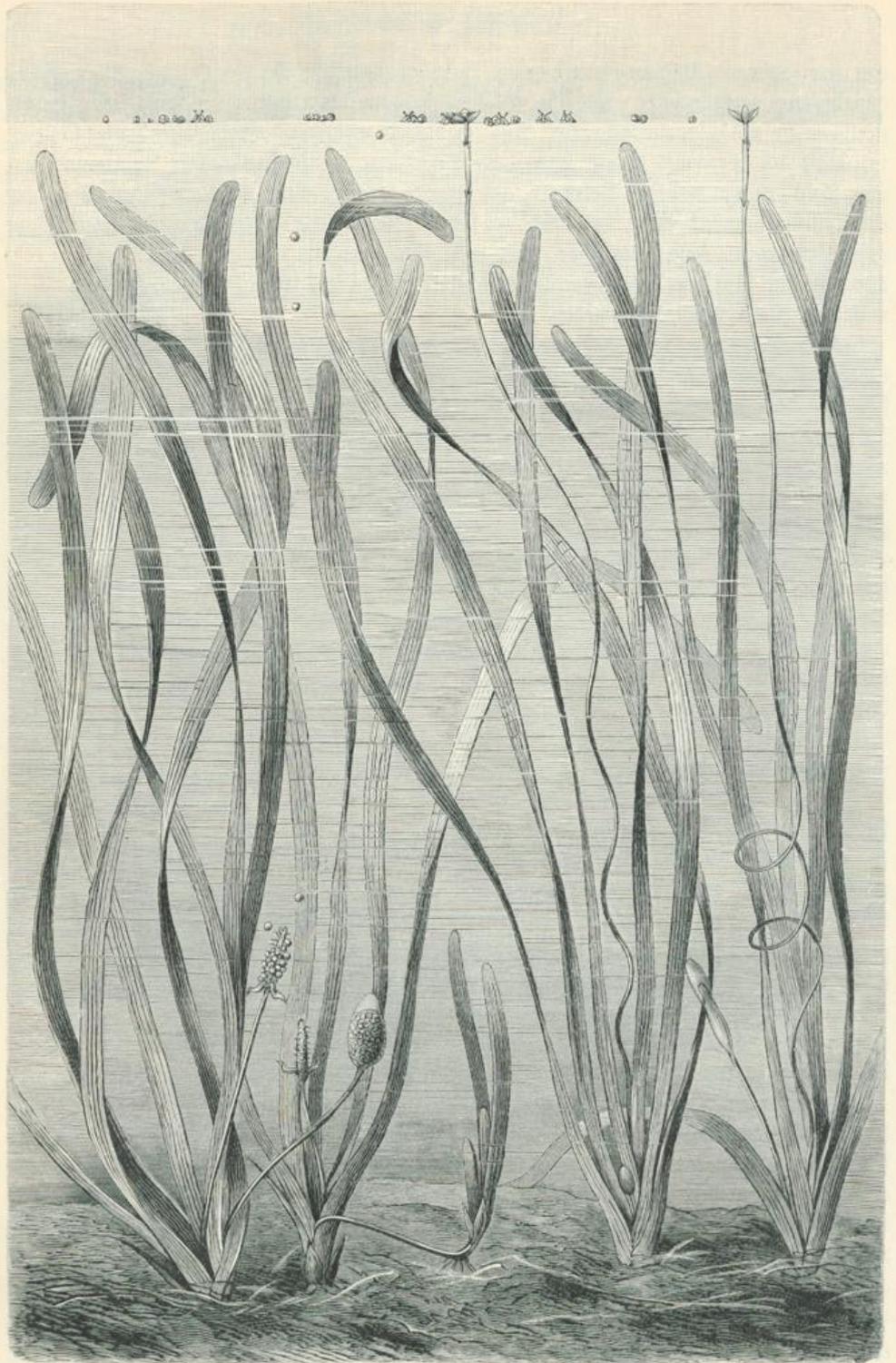
Die Stämme der Wasser- und Sumpfpflanzen entbehren, wie schon früher gesagt, des Holzes und Bastes entweder vollständig, oder enthalten diese Elemente nur in sehr geringer Menge. Dagegen sind sie mit auffallend großen Luftkanälen durchzogen und infolgedessen ungemein leicht und schwimmfähig. Schneidet man den versenkten Stamm einer im Seegrunde wurzelnden Wasserpflanze nahe über seinen Wurzeln ab, so steigt er sofort zur Wasseroberfläche empor, nimmt dort eine horizontale Lage an, erhält sich schwimmend und kann unter Umständen noch weiter wachsen und vielleicht, an den feuchten Strand getrieben, wieder anwurzeln. Und wenn man aus einem vollen Teiche, der mit Wasserranunkeln, Laichkräutern und anderen Gewächsen erfüllt ist, das Wasser abfließen läßt, so sinken die genannten Pflanzen schlaff auf den Boden hin, ihre Stämme haben nicht die Fähigkeit, sich selbst und ebensowenig ihre Blätter in aufrechter Lage zu erhalten.

Das Wasser also, von dem sie rings umgeben sind, stützt und trägt sie, und sie sind in dieser Beziehung mit den klimmenden Stämmen zu vergleichen, welche auch einer besonderen Stütze bedürfen, wenn sie vom Erdboden zur Höhe gelangen wollen. Auch insofern ist die Analogie mit den genannten Pflanzen nicht zu verkennen, als in beiden Fällen das Bedürfnis nach Licht die Richtung und die Dauer des Wachstums beeinflusst und die Stämme der Wasserpflanzen aus dem gedämpften Lichte des Seegrundes zum Wasserspiegel hinaufführt, ähnlich wie es die Kletterpflanzen aus dem Waldgrunde zu den sonnigen Wipfeln der Bäume emporträgt.

Eine kleinere Anzahl von Wasserpflanzen gelangt am einfachsten dadurch zum Lichtgenuß, daß sie nahe der Oberfläche oder selbst auf dieser, ohne am Boden durch Wurzeln befestigt zu sein, frei schwimmen und nur zur Zeit, wenn ihre chlorophyllhaltigen Blätter die Arbeit einstellen, in den lichtarmen Grund hinabsinken und dort überwintern. So schwimmen die in Bd. I, S. 329 abgebildeten *Aldrovandia* und die dort S. 305—307 besprochenen und abgebildeten Wasserfischlauchgewächse ohne Spur einer Wurzelbildung im Wasser. Die hübsche, S. 72 abgebildete *Salvinia natans* treibt mit ihren Stengeln, die zierliche eirunde Blättchen besitzen, auf dem Wasser, während lange Wurzeln ins Wasser herabzuhängen scheinen. Aber dies ist nur Schein, vielmehr sind die fadenförmigen Organe keine Wurzeln, sondern nur anders geformte sogenannte Wasserblätter, wie wir sie auch bei anderen Wasserpflanzen finden. Auch



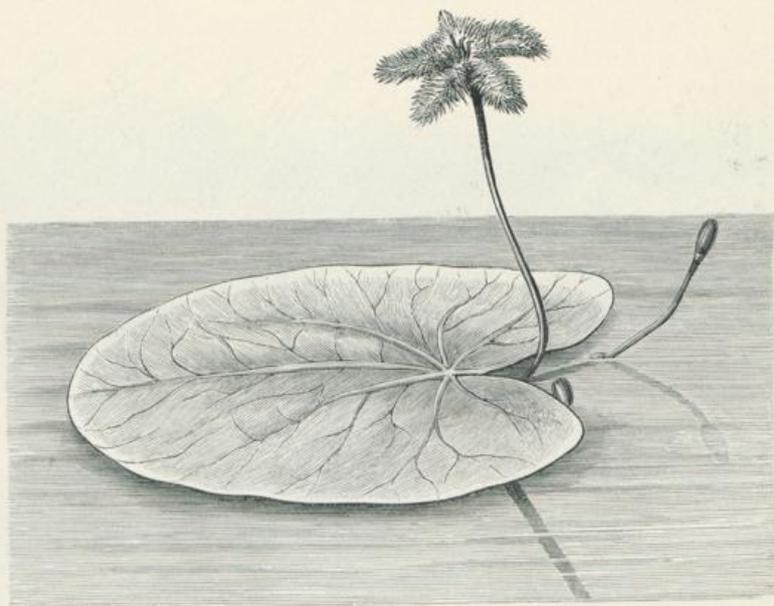
Blatt von *Aponogeton fenestrata*. (Zu S. 119—120.)



*Vallisneria spiralis.* (Zu S. 119 und zu späteren Kapiteln.)

die zu den Lebermoosen gehörigen zierlichen *Riccia*-Arten schwimmen auf dem Wasser, gerade wie die jedermann bekannten Wasserlinsen (S. 55). Es gehören auch dahin mehrere den tropischen Gewässern angehörige Arten der Gattung *Pistia* und *Pontederia* und endlich die zu den Farnen gehörige nordamerikanische *Azolla*, eine Verwandte von *Salvinia*. In fließenden Gewässern wäre für solche nicht festwurzelnde Pflanzen ein schlechter Platz: sie finden sich auch ausschließlich in den stillen Buchten der Teiche und Seen und in den ruhigen, von Binsen und Röhricht umgebenen Tümpeln, wo niemals heftige Bewegung des Wassers die Pflanze stören kann.

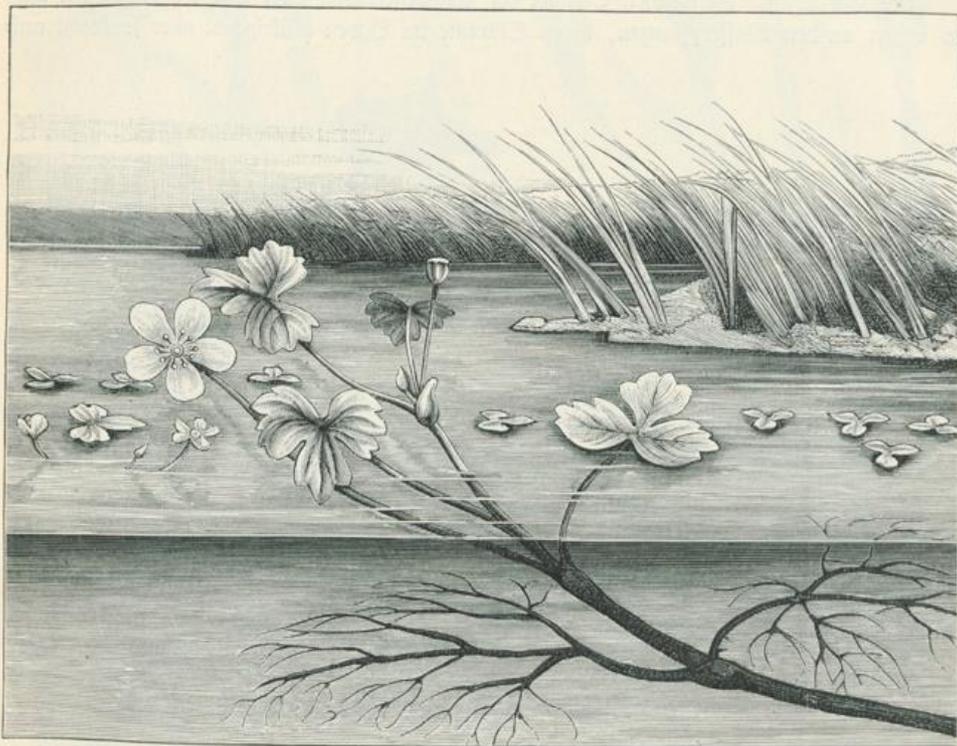
Wie das Wasser die weichen Stengel der Wassergewächse stützt und trägt, erkennt man am besten an den Wasserpflanzen, deren Stämme im Boden hinkriechen oder senkrecht auf-



*Nymphaea* Humboldt. (Nach Goebel, Biolog. Skizzen.) Zu S. 121—122.

wärts wachsen, aber durch ein ausgiebiges Wurzelsystem im Boden befestigt sind. Auch von diesen Pflanzen wachsen viele ganz untergetaucht, dringen zwar bis zur Oberfläche des Wasserpiegels, erheben sich aber nicht darüber empor. Manchmal sind die Stämme der Wasserpflanzen so kurz, daß sie kaum merklich aus dem Schlamm des Seegrundes hervorragen. Dann pflegen die Blätter zu langen Bändern ausgestaltet zu sein, welche mit ihren freien, im Wasser flutenden Enden in die besser beleuchteten Wasserschichten hinauffragen, wie die auf S. 118 abgebildete *Vallisneria spiralis*, deren merkwürdige Befruchtung wir später kennen lernen werden. An sie reiht sich die seltsame, in Madagaskar heimische Gitterpflanze (*Ouvirandra fenestralis* oder *Aponogeton fenestrale*, s. Abbildung, S. 116 und 117). Ihr Stamm ist kurz, die Wurzeln stecken im Schlamm der Gewässer, die gestielten Blätter breiten sich rosettenförmig im Wasser aus. Das Blattparenchym, welches sonst die Maschen der netzförmig verbundenen Stränge auszufüllen pflegt, fehlt, und die Stränge, welche das Grundgerüst der Blätter bilden, sind nur mit einer dünnen Lage Chlorophyllführender Zellen belegt, so daß das Ganze einem im Herbst vom Baume gefallenen und unter Wasser mazerierten Blatte ähnelt, von welchem

nach dem Herausfallen des verwitternden Parenchyms nur das Adernetz übriggeblieben ist (vgl. Abbildung des einzelnen Blattes, S. 117). Diese merkwürdige Gitterung hängt offenbar zusammen mit dem Fehlen aller Interzellularräume, welche sonst bei den Wasserpflanzen eine so große Rolle spielen. Die Gittermaschen halten die Luft fest, welche Kohlenäure und vor allem Sauerstoff zum Atmen liefert. In unseren Gewässern wachsen mit aufstrebenden zierlichen Stengeln *Nitella*- und *Chara*-Arten und eine Anzahl Formen von *Najas*, *Zanichellia*, *Ceratophyllum*. Bei einer Reihe von Wasserpflanzen erheben sich aus dem im Schlamm hinfriedenden



*Ranunculus aquatilis*, mit schwimmenden flachen und untergetauchten, fadenförmig geteilten Blättern. (Zu S. 121.)

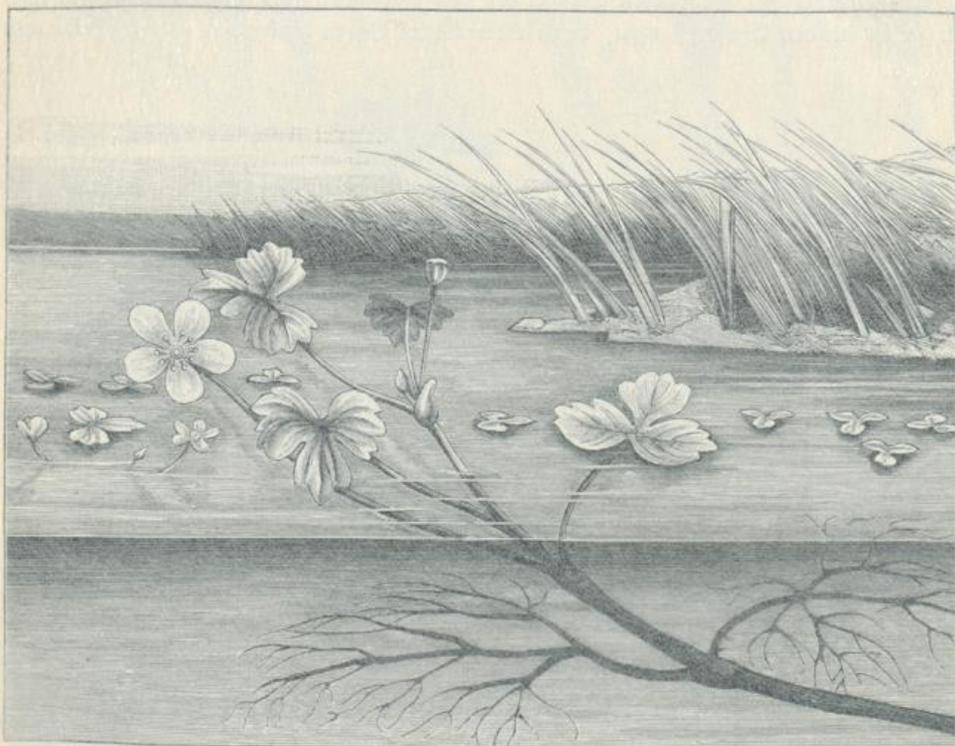
Stamme Blätter mit großen Blattspreiten, deren langgestreckte Stiele so lange fortwachsen, bis die scheibenförmigen Spreiten auf dem Wasserpiegel schwimmen, um dort das volle Tageslicht zu genießen. Die Blüten werden von ihren Stielen noch über das Wasser emporgehoben, damit die Insekten sie besuchen. Beispiele sind unsere schönen weißen Seerosen (*Nymphaea alba*), die gelbe Teichrose (*Nuphar luteum*) und die *Victoria regia* mit ihren metergroßen Blättern, die die stillen Buchten der südamerikanischen Ströme bedeckt (siehe die beigeheftete Tafel).

Die im fließenden Wasser angesiedelten Wasserpflanzen müssen der Strömung Widerstand leisten. Sie sind daher zunächst immer am Boden festgewurzelt, bilden meistens in der Richtung des Stromes langgestreckte, schweifähnliche Vegetationen wie *Ranunculus fluitans* und *divaricatus* und die *Potamogeton*-Arten. Die bezeichneten Ranunkeln haben in schmale, fadenförmige Zipfel geteilte untergetauchte Blätter und erheben nur ihre Blüten über das Wasser, die bei den weißblühenden Wasserranunkeln eine Zierde der Flüsse bilden.



Victoria Regia im Amazonenflrome.

nach dem Herausfallen des verwitternden Parenchyms nur das Adernetz übriggeblieben ist (vgl. Abbildung des einzelnen Blattes, S. 117). Diese merkwürdige Gitterung hängt offenbar zusammen mit dem Fehlen aller Interzellularräume, welche sonst bei den Wasserpflanzen eine so große Rolle spielen. Die Gittermaschen halten die Luft fest, welche Kohlenäure und vor allem Sauerstoff zum Atmen liefert. In unseren Gewässern wachsen mit aufstrebenden zierlichen Stengeln *Nitella*- und *Chara*-Arten und eine Anzahl Formen von *Najas*, *Zanichellia*, *Ceratophyllum*. Bei einer Reihe von Wasserpflanzen erheben sich aus dem im Schlamm hinfriedenden



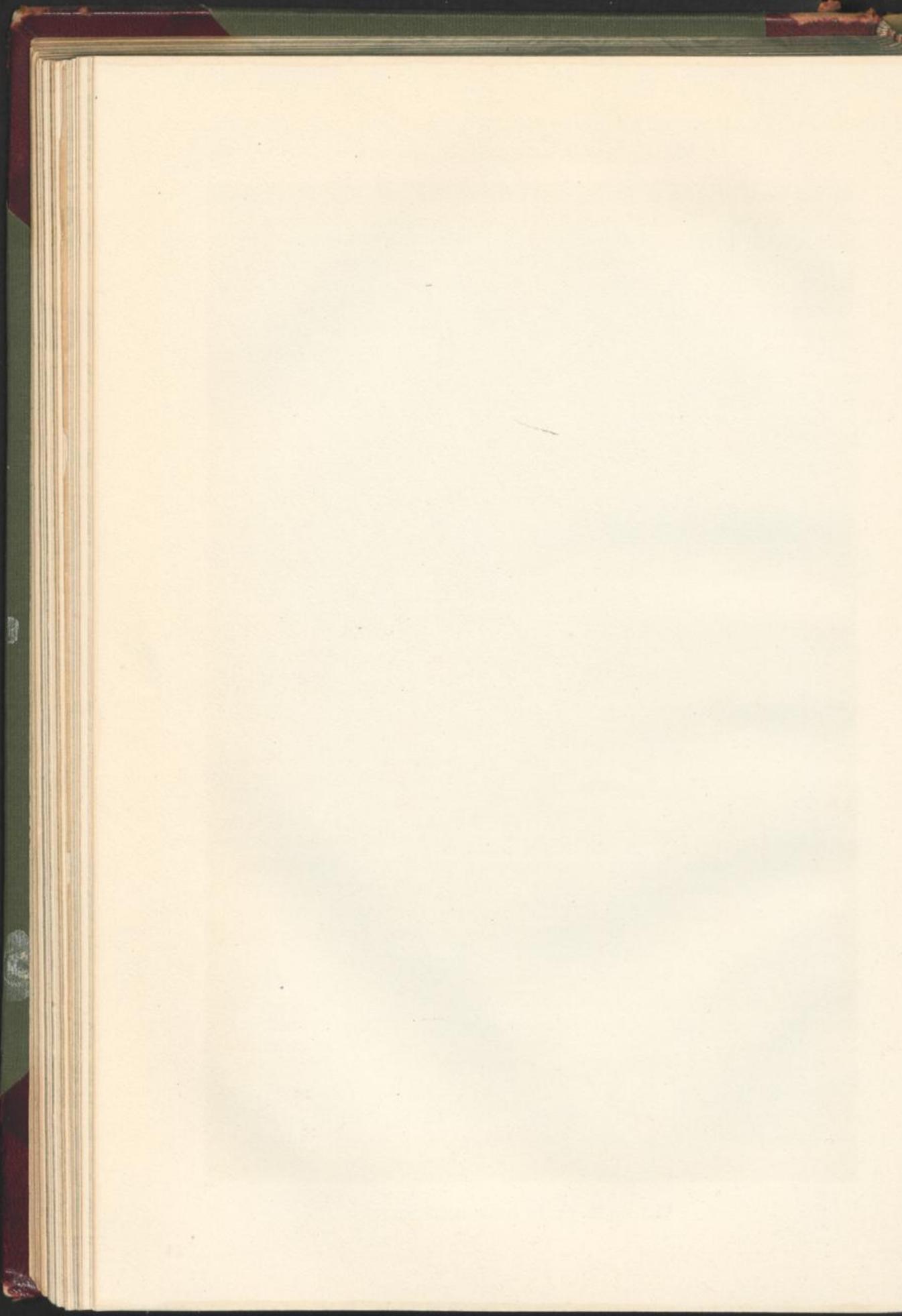
*Ranunculus aquatilis*, mit schwimmenden flachen und untergetauchten, fadenförmig geteilten Blättern. (Zu S. 121.)

Stamme Blätter mit großen Blattpreiten, deren langgestreckte Stiele so lange fortwachsen, bis die scheibenförmigen Spreiten auf dem Wasserspiegel schwimmen, um dort das volle Tageslicht zu genießen. Die Blüten werden von ihren Stielen noch über das Wasser emporgehoben, damit die Insekten sie besuchen. Beispiele sind unsere schönen weißen Seerosen (*Nymphaea alba*), die gelbe Teichrose (*Nuphar luteum*) und die *Victoria regia* mit ihren metergroßen Blättern, die die stillen Buchten der südamerikanischen Ströme bedeckt (siehe die beigeheftete Tafel).

Die im fließenden Wasser angesiedelten Wasserpflanzen müssen der Strömung Widerstand leisten. Sie sind daher zunächst immer am Boden festgewurzelt, bilden meistens in der Richtung des Stromes langgestreckte, schweifähnliche Vegetationen wie *Ranunculus fluitans* und *divaricatus* und die *Potamogeton*-Arten. Die bezeichneten Ranunkeln haben in schmale, fadenförmige Zipfel geteilte untergetauchte Blätter und erheben nur ihre Blüten über das Wasser, die bei den weißblühenden Wasserranunkeln eine Herde der Flüsse bilden.

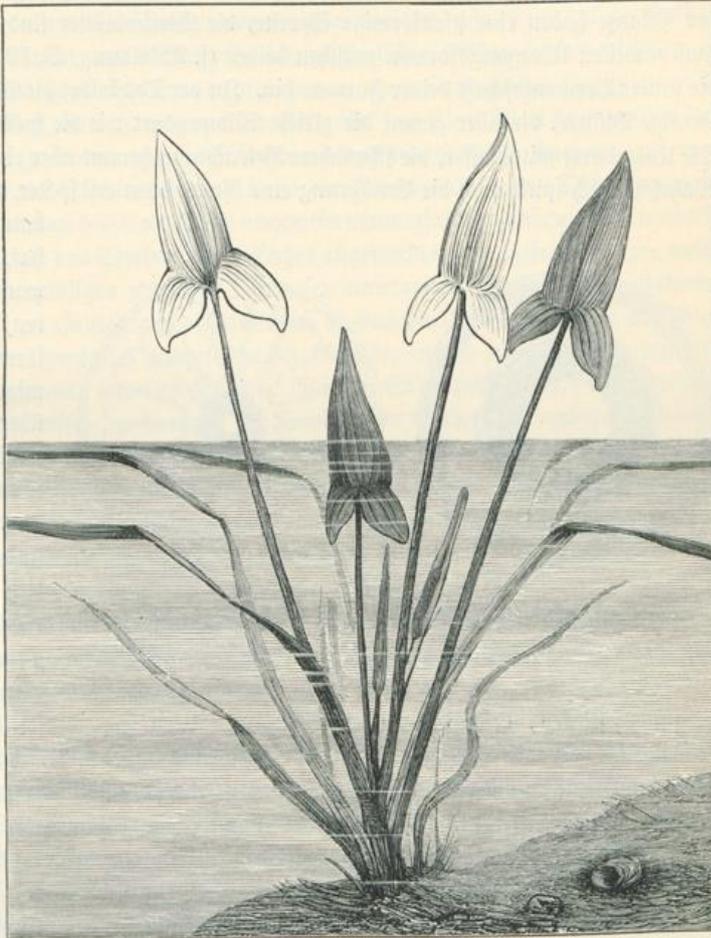


Victoria Regia im Amazonenflrome.



Schon bei *Salvinia* wurde auf die Verschiedenheit der untergetauchten und der Schwimmblätter hingewiesen. Solche verschiedenblättrige Wasserpflanzen gibt es aber eine ganze Anzahl. Immer sind die untergetauchten Blätter schmal, oft in dünne, fadenförmige Zipfel gespalten, während sich auf der Wasseroberfläche breite, scheibenförmige Blätter wiegen. Beispiele bieten mehrere Laichfräuter (*Potamogeton heterophyllus*, *rufescens*, *spathulatus*) und besonders Wasser-

ranunkeln (*Ranunculus aquatilis*, s. Abbildung, S. 120) u. a. Die Form der Wasserblätter ist eine Anpassung an das Wasserleben, welches den Assimilationsorganen ganz andere Bedingungen bietet als die Luft. Die feine Verzweigung der Wasserblätter bedeutet eine Vergrößerung der Oberfläche zum Zwecke der besseren Ausnutzung der im Wasser verteilten Kohlensäure und des Sauerstoffes. Die Bedeutung der Schwimmblätter dagegen besteht, abgesehen davon, daß sie wie alle Blätter der Ernährung dienen, doch noch besonders darin, den Blüten als Stütze zu dienen. Eine Benetzung der Blüten mit Wasser würde die Pollenkörner zerstören und die Bestäubung durch die In-



*Sagittaria sagittifolia*. (Zu S. 122.)

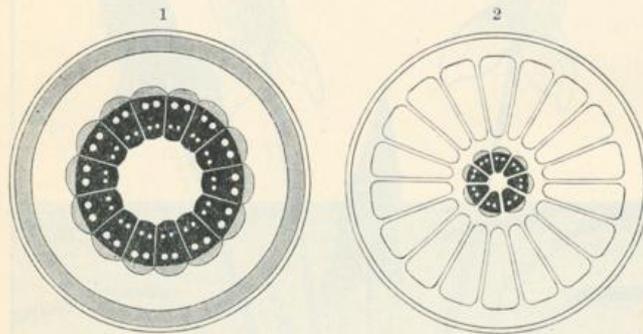
sekten zum Zwecke der Befruchtung sehr beeinträchtigen. Schon bei *Ranunculus aquatilis* beobachtet man leicht, daß Schwimmblätter meistens nur an blühenden Sprossen, den Blüten gegenüber, entstehen. Besonders anschaulich ist das bei einigen *Limnanthemum*-Arten, die, obwohl sie zu den Gentianeen gehören, nymphäaähnliche Schwimmblätter besitzen. Die Blätter von *Limnanthemum Humboldti*, welche auf langen Stielen aus dem im Grunde des Wassers wurzelnden Stamme zur Oberfläche aufsteigen, scheinen zur Blütezeit auch die Blütenstände zu erzeugen. Aber die Sache liegt so, daß der lange vom Wassergrunde aufsteigende Stiel dem Blütenstande selbst gehört und das Schwimmblatt nur seitlich daran sitzt. So erhält es das kurze

Ende, welches die Blüten trägt, in fester Lage. Es kommt noch hinzu, daß die enge Verbindung von Blatt und Blütenstand den Weg für die Zuwanderung der im Blatt gebildeten Nährstoffe für den sich in der Blüte bildenden Samen verkürzt (vgl. Abbildung, S. 119).

Auch bei einigen Sumpfpflanzen, die mit ihren Blättern sich über das Wasser in die Luft erheben, findet man außer diesen auch noch Wasserblätter von einfacherer Form. Lange bekannt und viel beschrieben sind sie bei unserem Pfeilkraut (*Sagittaria sagittifolia*). Die Luftblätter der Pflanze haben eine pfeilförmige Spreite, die Wasserblätter sind bandförmig, zeigen aber auch zuweilen Übergangsformen zwischen beiden (s. Abbildung, S. 121). Das deutet schon auf die innere Verwandtschaft beider Formen hin. In der Tat bildet die Pflanze anfangs nur bandförmige Blätter, die aber genau die gleiche Bildungsart wie die späteren pfeilförmigen haben. Die Umgebung mit Wasser, die schwächere Beleuchtung hemmt aber eine weitere Ausgestaltung. Wahrscheinlich spielt auch die Ernährung eine Rolle, denn erst später, nachdem die Pflanze viele

bandförmige Blätter erzeugt hat, die nicht über das Wasser wachsen, beginnen die späteren, anfangs gleichfalls bandförmigen Blätter, pfeilförmige Spreiten zu bilden, die über dem Wasser erscheinen.

Die Stämme der Wasserpflanzen sowohl wie die, welche in Erde eingebettet sind, und endlich auch die der Oberfläche des Erdreiches aufgelagerten Stammbildungen sind nur wenig auf



1) Querschnitt durch den dem Boden aufliegenden Ausläufer der Gartenerdbeere (*Fragaria grandiflora*); 2) Querschnitt durch den Stamm des ährigen Tausendblattes (*Myriophyllum spicatum*). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingestreuten weißen Punkten.

Biegungsfestigkeit, desto mehr aber auf Zug- und Druckfestigkeit in Anspruch genommen. Für die Stämme aller dieser Gewächse bildet das Erdreich oder die umgebende Wassermasse die unmittelbare Stütze, und es ist für sie eine Anordnung der Gewebe, deren die frei in den Luftraum hineinwachsenden aufrechten Stämme bedürfen, überflüssig. Es fehlen ihnen in der Tat auch oft die trägerähnliche Anordnung der Hartbast- und Kollenchymstränge, welche für aufrechte Stammgebilde so charakteristisch sind. Der Gefäßbündelzylinder nimmt den Mittelpunkt des Stammes ein und schließt meistens nur einen kleinen Markkörper ein. Gegen den seitlichen Druck, der von der umgebenden Erde oder dem umgebenden Wasser ausgeht, sind die hier in Betracht kommenden Stämme durch eine Schicht dickwandigen Parenchyms (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1) oder durch die Gewebespannung in der Umgebung größerer, der Länge nach außerhalb des Gefäßbündelkreises im Stamme hinauslaufender Luftkanäle (Fig. 2) geschützt. Den unterirdischen Stämmen des Studentenröschens (*Parnassia palustris*) und anderer krautartiger Pflanzen fehlt das Mark, sie zeigen einen zentralen Strang aus zusammengedrängten Gefäßbündeln und stimmen in ihrem Bau mit den in Erde eingelagerten Wurzeln überein. Bei den Wasserpflanzen ist der Gefäßbündelkörper sehr wenig ausgebildet, weil Leitungsbahnen bei ihnen unnötig sind.

## 7. Die Gestalten der Blattgebilde.

### Die Definition des Blattes.

Wenn ein Botaniker des 16. und 17. Jahrhunderts bei der Beschreibung von Pflanzen das Wort Blatt gebrauchte, so geschah das ausschließlich im Sinne der Sprache des Volkes, er verstand unter Blatt ein flächenförmig ausgebreitetes Gebilde, wie es mit grüner Farbe als Laubblatt, mit roten, blauen und anderen Farben geschmückt als Blumenblatt erscheint. Erst im 18. Jahrhundert, und zwar nicht zum wenigsten unter dem Einflusse der Goethischen Metamorphosenlehre (vgl. Bd. I, S. 11), wandten die Botaniker das Wort Blatt auch auf die dicken, fleischigen Schalen der Zwiebeln, auf die Schuppen der überwinternden Knospen, auf manche Dornen und Ranken, auf Staubfäden und Teile der Fruchtgehäuse an. Der Beweggründe hierzu waren mehrere: einmal der Wunsch, die ungemein mannigfaltigen Erscheinungen übersichtlich zusammenzufassen, und das Streben, ein einfaches allgemeines Naturgesetz zu finden, welchem sich die Gestalten der unzähligen einzelnen Lebewesen unterordnen; weiterhin die Erkennung der Analogie in betreff der Entstehung, die tatsächlich beobachtete Übereinstimmung der jüngsten Zustände später so abweichend sich ausgestaltender Gebilde; endlich auch noch der bemerkenswerte Umstand, daß mitunter aus den Dornen, Ranken, Staubgefäßen und Fruchtgehäusen, durch abnorme äußere Einflüsse, z. B. durch den Einfluß von Milben und anderen Wirkungen, wirklich grüne Blätter werden. Manche Botaniker dachten sich eine Ur- oder Grundform des Blattes, wobei die am häufigsten zur Ansicht kommende Gestalt des grünen Laubblattes maßgebend war, und stellten sich vor, daß die anderen aufgezählten Gebilde, welche zwar nicht ihrer Gestalt, wohl aber ihrem Ursprunge nach mit den grünen Blättern übereinstimmen, aus diesen durch Umwandlung hervorgegangen seien, daß sie gleichfalls als Blätter zu gelten haben, freilich als umgestaltete oder metamorphosierte Blätter. Die Zwiebelschalen, die Staubfäden, die Teile des Fruchtgehäuses sind entsprechend dieser Auffassung metamorphosierte Blätter, wenn sie auch in ihrer fertigen Gestalt der Vorstellung, welche sich der Nichtbotaniker von einem Blatte macht, nicht entsprechen. In neuerer Zeit bringt man richtiger die Metamorphose mit der Teilung der Arbeit und mit der Änderung der Funktion der Glieder des betreffenden Pflanzenkörpers in Zusammenhang und hat erkannt, daß die Metamorphosen nicht bloß ein gedachter, sondern ein wirklicher Umwandlungsvorgang gleicher Blattanlagen ist. Die grünen Laubblätter besorgen im Sonnenlichte die Bildung organischer Stoffe aus unorganischer Nahrung, sie eignen sich aber nicht gleichzeitig zur Ausbildung von Samen, noch weniger zur Erzeugung von Pollen oder Blütenstaub, würden auch als unterirdische Vorratskammern für Reservestoffe schlecht passen. Werden diese Aufgaben gefordert, so nehmen gewisse Blätter der Pflanze während ihrer Ausbildung für die eben genannten Aufgaben besser geeignete Gestalten an, oder mit anderen Worten, sie metamorphosieren sich entsprechend der ihnen nun zukommenden anderen Funktion. Wir sehen daher zur Erzeugung des Pollens keine grünen Blätter, sondern Staubgefäße oder Pollenblätter, als Speicher für Reservestoffe im dunkeln Schoße der Erde kein grünes, flächenförmig ausgebreitetes Laub, sondern dicke, weiße, fleischige Schuppen sich entwickeln. Dem Ursprunge nach und in den ersten Entwicklungsstadien gleichen sich aber die den Pollen erzeugenden Staubgefäße, die grünen, im Sonnenlichte organische Stoffe zubereitenden Laubflächen und noch verschiedene andere bestimmten Aufgaben nachkommende Organe ein und derselben Pflanze so vollständig, daß man sie unter einem allgemeinen Begriffe

zusammenfaßt und für diesen das Wort Blatt in Anwendung gebracht hat. Wie in einem Bienenstocke die ausgewachsenen Arbeitsbienen, die Drohnen und die Königin, entsprechend den durch Teilung der Arbeit bedingten verschiedenen Aufgaben, von verschiedener Gestalt sind, so erhalten auch die in den ersten Entwicklungsstadien übereinstimmenden Blätter ein und desselben Pflanzenstockes im ausgewachsenen Zustande, je nach der ihnen zukommenden Funktion, einen anderen Bau, und wir kommen daher zu dem Schluß: die Verschiedenheit der zum Gedeihen und zur Erhaltung des ganzen Stockes zu leistenden Aufgaben und die dadurch veranlaßte Teilung der Arbeit veranlassen an einem Pflanzenstocke die Metamorphose seiner Blätter.

Aus dem Gesagten geht nun hervor, daß eine Definition des Blattes an die ersten Entwicklungsstufen anknüpfen muß. Auf frühester Stufe erscheint jedes Blatt als ein seitlicher Wulst oder Höcker unter dem fortwachsenden Scheitel des Stammes. Sein Wachstum ist begrenzt, und es lassen sich die Pflanzenblätter mit Rücksicht auf diese Merkmale definieren als in geometrisch bestimmter Reihenfolge aus den äußeren Gewebeschichten unter der fortwachsenden Spitze des Pflanzenstammes entspringende, seitliche Glieder mit begrenztem Wachstum.

Die Aufgabe der grünen Laubblätter ist die Bildung von Stärke, welche in Band I ausführlich geschildert wurde. Auf das Zusammenstimmen von Form und Aufgabe ist damals so ausführlich hingewiesen, daß es hier genügt, das Notwendigste über Formverhältnisse zur Ergänzung nachzutragen. An vielen Laubblättern unterscheidet man deutlich einen flächenförmig ausgebreiteten grünen, von hellen Adern durchzogenen Teil, die Spreite (lamina), dann einen stiel förmigen festen Träger der Spreite, den Blattstiel, und endlich noch ein Stück, welches die Verbindung zwischen dem Blattstiel und dem betreffenden Teile des Stammes herstellt, den Blattgrund. Bei vielen Pflanzen ist dieses letztere Stück verbreitert, rinnenförmig vertieft, mitunter auch von einem häutigen Saume berandet, und der Stengel wird dann, wie die Messer Klinge von der Scheide, von diesem Stück umfaßt. Dort, wo das Blatt vom Stengel abbiegt, findet man häufig noch zwei Auswüchse, einen rechts, einen links am rinnigen Scheidendeile. Dieselben haben meist die Gestalt häutiger Schuppen (s. Abbildung, Bd. I, S. 269, Fig. 6), sind manchmal auch blasig aufgetrieben, wie z. B. beim Tulpenbaume (s. Abbildung, Bd. I, S. 267, Fig. 1—3), und fallen, wenn das Blatt, dessen Basis sie schmücken, ausgewachsen ist, häufig ab (Fig. 4). An anderen Pflanzen haben sie die Form kleiner Lappen, sind grün gefärbt und erhalten sich so lange, wie das ganze Blatt in Verbindung mit dem Stamme bleibt. Es wurde für diese Gebilde die Bezeichnung Nebenblätter (stipulae) gewählt.

Blätter, an welchen die Spreite, der Stiel und die Nebenblättchen deutlich ausgebildet sind, trifft man seltener als solche, wo der eine oder andere dieser Teile fehlt. Von den Nebenblättchen ist häufig keine Spur zu sehen. Manchmal ist nur die Blattscheide in Gestalt einer konkaven Schuppe oder Schale vorhanden, in anderen Fällen fehlt der Blattstiel, und die Spreite sitzt dann unvermittelt dem Stamme auf (s. Abbildung, Bd. I, S. 82), oder es kommt auch vor, daß das grüne Gewebe der Spreite den ganzen Stengel wie ein Kragen umgibt, so daß man meinen könnte, es sei der Stengel durch dieses Blatt durchgesteckt oder durchgewachsen. Bilden zwei oder mehrere solcher Blätter mit sitzender Spreite einen Wirtel, so können sie, teilweise oder ganz verbunden, eine Schale oder einen Becher bilden, und auch dann macht es den Eindruck, als ob der Stengel durch die Mitte der verwachsenen Blattgruppe durchgewachsen wäre (s. Abbildung, Bd. I, S. 180). Mitunter sieht man das grüne Gewebe sitzender Blattspreiten in Form zweier grüner Leisten oder Flügel am Stengel herablaufen. Man hat für

diese Formen in der botanischen Kunstsprache die Ausdrücke: sitzende Blätter, durchwachsende Blätter, zusammengewachsene Blätter und herablaufende Blätter eingeführt, zu welcher Terminologie die Aufklärung gegeben werden muß, daß man in früherer und wohl auch noch in neuester Zeit bei dem Beschreiben der Pflanzen die Blattspreiten als den auffallendsten Teil des Blattes auch kurzweg Blatt (*folium*) genannt hat.

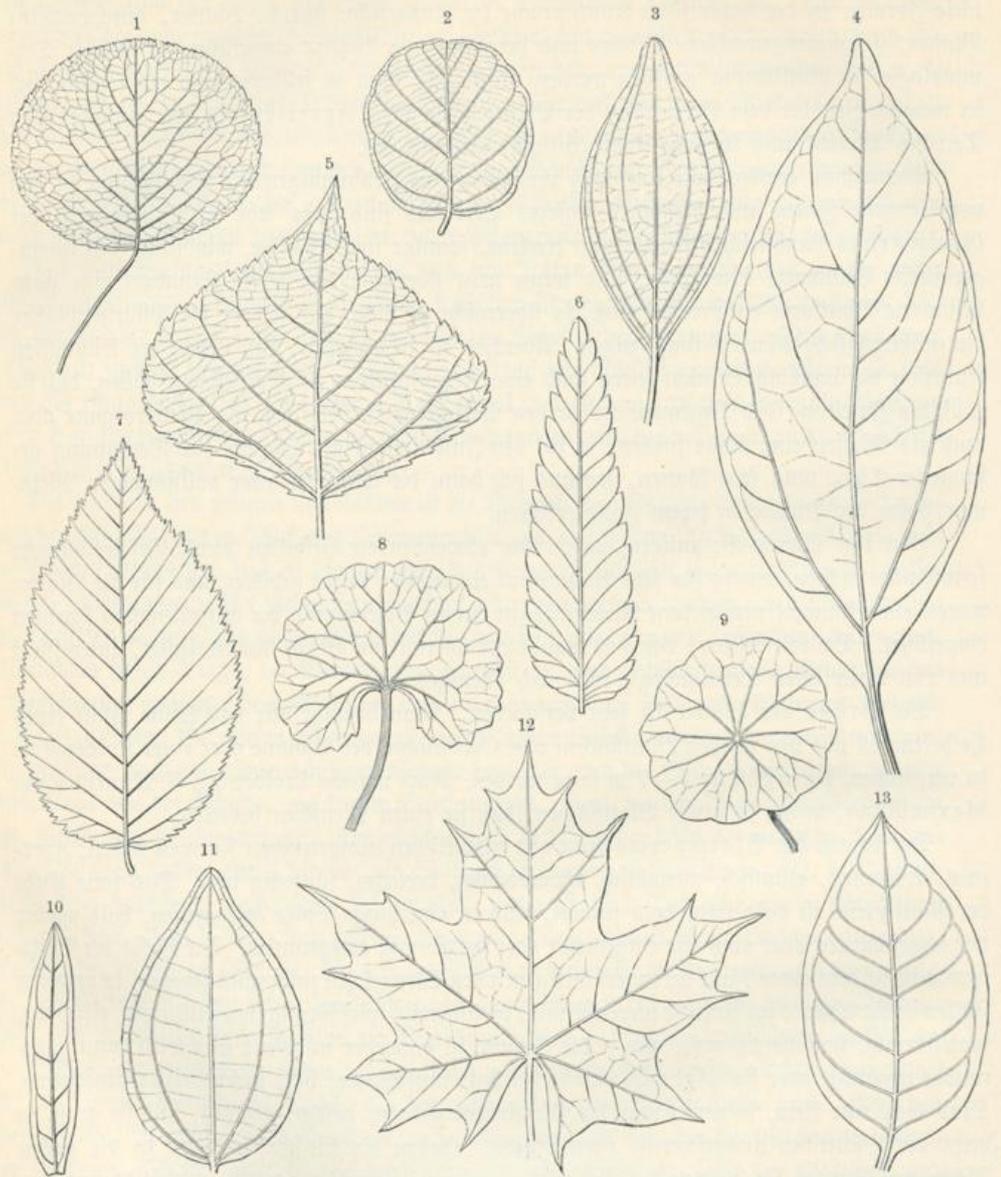
Wenn man erwägt, wie unendlich verschieden die Bedingungen der Assimilation in den verschiedenen Zonen und Regionen unseres Erdballes sind, wie sehr selbst innerhalb der Grenzen eines Landstriches feuchte und trockene, sonnige und schattige, windstille und sturmgepeitschte Standorte abwechseln, und wenn man überlegt, daß jedem Standort eine ganz bestimmte Blattform entsprechen muß, so überrascht es nicht, daß gerade die Pflanzenblätter die größtmögliche Abwechslung zeigen. Überdies ist zu erwägen, daß neben der wichtigsten Funktion die Laubblätter nicht selten auch eine Nebenfunktion zu übernehmen haben, daß sie z. B. die Zuleitung des Regenwassers zu den Saugwurzeln besorgen, als Kletterorgane oder auch als Waffen eine Rolle spielen, ja bei den Insektivoren als Organe zur Verdauung gefangener Tiere tätig sein können, woraus sich dann die teilweisen oder vollständigen Metamorphosen der Blätter in jedem Falle erklären.

Von den älteren Botanikern, welche die abweichenden Gestalten durch Beschreibungen festzuhalten suchten, wurde für jede Blattgestalt ein eigener Name gebildet, und für die Blätter waren etwa hundert verschiedene Ausdrücke zur kurzen Bezeichnung der auffallendsten Formen eingeführt. Da wir wissen, daß das Laubblatt überall die gleiche Arbeit leistet, interessiert uns von dieser alten Terminologie nur noch Weniges.

Die Größe der Blätter ist sehr verschieden. Man braucht nur das kleine Blatt eines Heidekrautes mit den großen Blattflächen von *Coccoloba*, der Banane oder einer Kofospalme zu vergleichen, deren Blätter 5—7 m lang werden. Auch manche Aroideen, z. B. *Xanthosoma Maximiliana*, haben so große Blattflächen, daß sie einen Menschen bedecken.

Der Umriss der Blattspreite kann alle erdenklichen geometrischen Formen haben: quere oval, kreisrund, elliptisch, rhombisch, rhomboidisch, dreieckig, fünfeckig usw. Das freie Ende der Blattspreite ist bald spitz, bald stumpf, bald in eine lange Spitze ausgezogen, bald wieder wie abgeknitten oder auch wie eingedrückt oder herzförmig ausgerandet. Die Basis der Blattspreite ist in dem einen Falle verengert und gegen den Stengel hin zusammengezogen, in anderen Fällen ist die Spreite im Umriss nierenförmig, pfeilförmig, spießförmig, lanzettförmig, eiförmig, spatelförmig, halbmondförmig usw. Die Spreite ist entweder ungeteilt und wird dann ganzrandig genannt, oder sie zeigt vom Rande her bald auffallende, bald unscheinbare Einschnitte. Sind diese nur klein, so nennt man die Blattspreite geferkelt, gesägt, gezähnt; sind sie groß, so heißt der Blattrand ausgeschweift oder buchtig. Gehen die Einschnitte tiefer in die grüne Fläche der Spreite, so werden die Ausdrücke: gelappt, gespalten, geteilt, zerschligt und zerschnitten gebraucht. Es kann ein geteiltes Blatt den Eindruck machen, als wäre dasselbe aus mehreren Blättchen zusammengesetzt, und solche Blätter hat man auch zusammengesetzte Blätter genannt, zumal dann, wenn an der Basis der einzelnen Teilblättchen sich jene merkwürdigen Gelenkwülste ausgebildet finden, die in Band I auf S. 478 beschrieben wurden.

Mit dem Bau und der Gestalt der Blattspreite steht auch die Verteilung der Blattnerven im engsten Zusammenhang. Wenn man dem Ursprung der Stränge einer Blattspreite nachgeht, so wird man stets auf den Stamm hingelenkt, an welchem das Blatt sitzt, mit anderen Worten: die ersten Spuren jener Stränge, welche als ein reichgegliedertes System



Verteilung der Stränge in den Spreiten der Laubblätter. Formen mit einem Hauptstrange: 1) netzläufig (*Pirus communis*); 2) schlingenläufig (*Rhamnus Wulfenii*); 3) bogenläufig (*Cornus mas*); 4) bogenläufig, die zwei untersten Seitennerven viel kräftiger als die übrigen (*Laurus Camphora*); 5) unvollkommen strahläufig (*Populus pyramidalis*); 6) randläufig, in den Ausbuchtungen des Blattrandes endigend (*Alectrolophus*); 7) randläufig, in den Sägezähnen des Blattrandes endigend (*Ostrya*); 8) netzläufig (*Hydrocotyle asiatica*); 9) netzläufig in der Spreite eines schildförmigen Blattes (*Hydrocotyle vulgaris*); 10) schlingenläufig (*Myosotis palustris*); 11) bogenläufig (*Phyllagathis rotundifolia*); 12) randläufig (*Acer platanoides*); 13) schlingenläufig (*Eugenia*). Zu S. 127.

die Blattspitze durchziehen, finden sich schon im Stamme und treten von da durch Blattscheide und Blattstiel in die Spreite. Hier finden wir nun eine ganze Fülle verschiedener Konstruktionen, auf deren Bedeutung schon in Band I, S. 106, hingewiesen wurde. Es brauchen diese

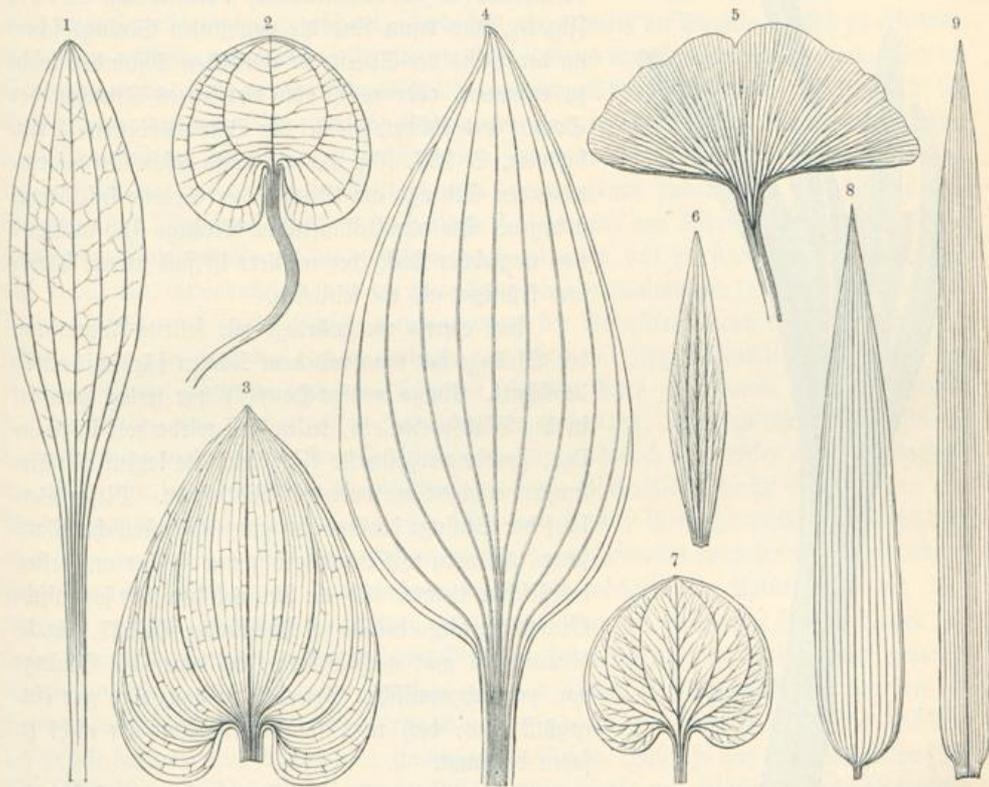




*Ravenala madagascariensis.*

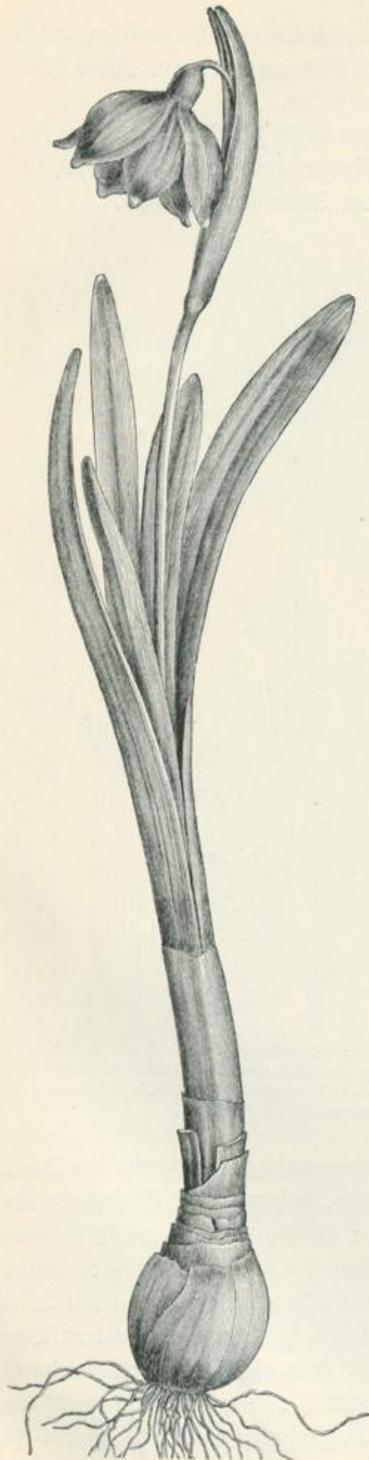
Dinge hier nicht wiederholt zu werden, um so mehr sei auf die Abbildungen hingewiesen, welche die wunderbare Mannigfaltigkeit des Strangverlaufes in den Blättern erläutern. Jedes Blatt kann zugleich als Typus auch für mehrere andere Pflanzen gelten.

Gewöhnlich durchzieht ein Hauptstrang das Blatt von der Basis zur Spitze, wo er endigt. Vgl. Abbildung, S. 126, Fig. 1—7, 10 und 13, welche eine fiederförmige, und Fig. 8, 9, 11, 12, welche eine strahlenförmige Anordnung der dünneren Seitenstränge zeigen.



Verteilung der Stränge in den Spreiten der Laubblätter. Formen mit mehreren Hauptsträngen: 1) spitzläufig (*Bupleurum falcatum*); 2) frummläufig (*Hydrocharis morsus ranae*); 3) frummläufig (*Majanthemum bifolium*); 4) frummläufig (*Funkia*); 5) fächerläufig (*Ginkgo biloba*); 6) spitzläufig (*Leucopogon Cunninghamii*); 7) spitzläufig, „fußnervig“ (*Parnassia palustris*); 8) parallelläufig (*Bambusa*); 9) parallelläufig (*Oryza clandestina*).

Bei den Arten der Gattungen *Canna*, *Musa* und *Ravenala* (s. die beigeheftete Tafel „*Ravenala madagascariensis*“) beobachtet man regelmäßig, daß nach der Entfaltung der im jugendlichen Zustande röhrenförmig zusammengerollten Blattspreite das grüne Gewebe zerreißt, wodurch die ganze Pflanze ein sehr merkwürdiges Aussehen erhält. Die Risse verlaufen stets parallel den zum Blattrande verlaufenden Gefäßbündelsträngen. Bei der zu den Liliifloren gehörenden Gattung *Funkia* haben die Stränge in den Blättern einen anderen Verlauf wie bei *Musa* und *Ravenala*; die Stränge verlaufen zwar gleichfalls gesondert durch den Blattstiel in die Blattspreite, biegen aber, dort angekommen, nicht rechtwinklig gegen den Blattrand, sondern ziehen in einem nach außen konvergen Bogen gegen die Spitze des Blattes (s. obensiehende Abbildung, Fig. 4).

Frühlings-Anotenblume (*Leucojum vernum*).

Man findet diese Anordnung der Stränge bei vielen Monokotylen, zumal lilienartigen Gewächsen, z. B. bei *Leucojum vernum* (s. nebenstehende Abbildung), bei Orchideen, Binjen, Seggen und insbesondere bei den Gräsern. Der Eintritt in die Blattspreite erfolgt entweder aus einer breiten Scheide, wie z. B. bei der Reiskecke (*Oryza clandestina*; s. Abbildung, S. 127, Fig. 9), und dann sind die getrennten Stränge schon an der Basis der Spreite in deutlichen Abständen leicht zu erkennen, oder es ist eine Art kurzes Stielchen der Spreite ausgebildet, wie bei den Bambusblättern (s. Abbildung, S. 127, Fig. 8), und dann erscheinen die eintretenden Stränge am Grunde der Spreite knieförmig gebogen. Die parallellaufenden Stränge sind meistens von ungleicher Dicke, der mittlere ist fast immer stärker und kräftiger als die seitlichen.

Eine ebenso merkwürdige wie seltene Anordnung der Stränge hat man mit dem Namen fächerförmig bezeichnet. Einige wenige Hauptstränge treten getrennt in die Blattspreite ein, teilen sich wiederholt in gabelige, gerade vorgestreckte Äste, und die letzten Verzweigungen endigen am vorderen Blattrande. Dieser Verlauf der Stränge bedingt eine ganz eigentümliche Blattform, die man mit einem geöffneten Fächer am besten vergleichen könnte. Als ein Beispiel kann der japanische Ginkgo (*Ginkgo biloba*; s. Abbildung, S. 127, Fig. 5) dienen. Es gibt auch Blätter, bei denen die Stränge von parenchymatischen Geweben so ganz und gar eingehüllt sind, daß man sie oberflächlich gar nicht zu sehen bekommt.

Es verdient nochmals besonders hervorgehoben zu werden, daß von den Pflanzenarten die Verteilung und Anordnung der Stränge mit großer Genauigkeit festgehalten wird. Um so auffällender ist die Tatsache, daß dasselbe nicht immer auch von den Pflanzengattungen und Pflanzenfamilien gilt. Es gibt zwar Pflanzenfamilien, deren sämtliche Gattungen und Arten in dieser Beziehung große Übereinstimmung zeigen, wie z. B. die Rhinanthazeen, Asperifoliazeen, Melastomazeen und Myrtazeen; aber diesen Fällen stehen andere gegenüber, wo es sich umgekehrt verhält. So z. B. zeigen die verschiedenen Primulazeen-Gattungen die weitestgehenden Verschiedenheiten, und selbst die einzelnen Arten der Gattung *Primula* weichen in betreff

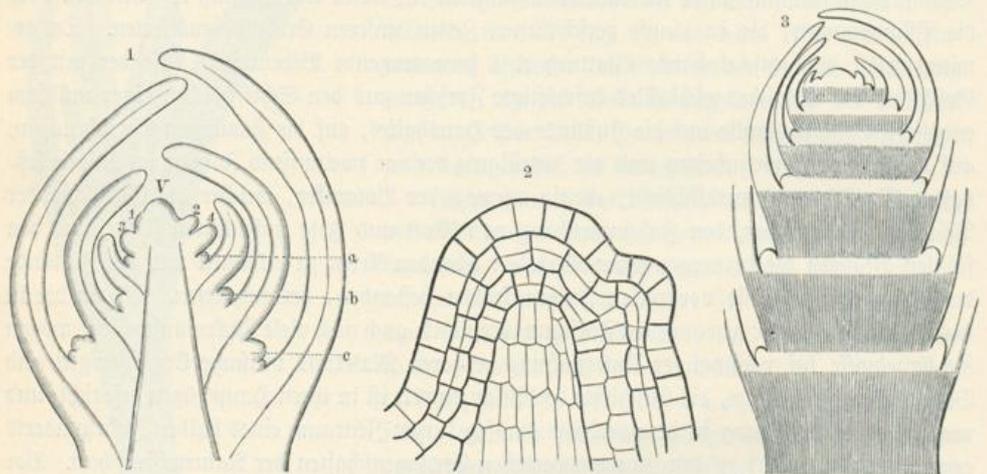
der Anordnung und des Verlaufes der Stränge in den Spreiten der Laubblätter mehr voneinander ab als etwa die Myrtazeen von den Asperifoliazeen. Nichtsdestoweniger hat die genaueste Feststellung und Beschreibung der Strangverteilung in den Blättern für die Systematik einen hohen Wert, und es wird diesen Verhältnissen auch in der Paläontologie Aufmerksamkeit geschenkt. Was sich von Gewächsen aus früheren Perioden in den Schichten des Gesteins eingebettet erhalten hat, besteht vorwiegend aus einzelnen Blättern und aus Bruchstücken derselben, oft von sehr dürftigem Ansehen. An diesen Bruchstücken ist mitunter nicht einmal die Verandung, geschweige denn der ganze Umriß der Spreite deutlich zu erkennen. Was aber selbst an dem kleinsten Fragmente eines Blattes unterschieden werden kann, sind die Stränge und das Netz, welches sich zwischen die größeren Stränge einschiebt. Oft genug ist der Paläontologe nur auf solche spärliche Reste angewiesen, wenn er Aufschluß erhalten will über die Pflanzenarten, die in längst verschollenen Zeiten unseren Erdball bevölkerten. Da gewinnt selbst das unscheinbarste Blattnetz eine hervorragende Bedeutung. Wie der mit der Geschichte des Menschengeschlechtes beschäftigte Forscher aus den Schriftzeichen einer mühsam entzifferten Papyrusrolle auf die Zustände des Haushaltes, auf die staatlichen Einrichtungen, auf die Sitten, Gewohnheiten und die Intelligenz der vor zweitausend Jahren im Niltale sesshaften Bevölkerung zurückschließt, ebenso vermag der Botaniker, welcher die Geschichte der Pflanzen zu erforschen, den Zusammenhang von Einst und Jetzt aufzuklären strebt, aus den fossilen Blättern die in vergangenen Perioden lebenden Arten zu erkennen und die Zustände der Vegetation, wie sie vor vielen Jahrtausenden bestanden, herauszulesen. Mögen die in dieser Richtung bisher gewonnenen Forschungsergebnisse auch noch viele Lücken aufweisen, mögen die Ergebnisse bei nochmaliger Untersuchung reicherer Materials vielfache Ergänzungen und Berichtigungen erfahren, die Geschichte der Pflanzenwelt ist in ihren Hauptzügen erforscht, und was in dieser Beziehung in dem verhältnismäßig kurzen Zeitraum eines halben Jahrhunderts erreicht wurde, gehört zu den stauenswerthesten Errungenschaften der Naturwissenschaft. Vor unserem geistigen Blicke sind die Wälder und Fluren erstanden, welche vor langer, langer Zeit das Festland der Steinkohlenperiode schmückten, es erheben sich vor uns die Bestände schwanker Kalamiten, die starren Wedel der Zykadeen und das Dickicht unzählbarer Farne, wir sind imstande, Landschaftsbilder aus der Jura- und Kreideperiode zu entwerfen, und sehen die Ufer der Flüsse besäumt mit Zimtbäumen, immergrünen Eichen, Walnuß- und Tulpenbäumen (vgl. Bd. III). Und alle diese Bilder aus der Pflanzenwelt ferner und fernster Zeiträume konnten entworfen werden auf Grund von Bestimmungen der Pflanzenarten unter Zuhilfenahme der Anordnung und Verteilung der Stränge in den fossilen Blättern.

### Die Entstehung der Blätter.

Die Frage nach der Entstehung so wichtiger Organe, wie es die Blätter sind, ist begreiflicherweise schon längst in der Botanik gestellt worden. Linné meinte, die Knospen brächen aus dem Inneren des Stammes hervor, machten in seinem Rindengewebe ein Loch, und da nach einer Theorie von ihm alle Blätter aus der Rinde entstehen sollten, nahm er an, daß der Gewebelappen des Wundrandes, der die durchbrechende Knospe umgab, zum Blatte auswüchse. Aber weder kommen die Knospen aus dem Inneren des Stammes, noch machen sie ein Loch in der Rinde. Auch entstehen die Knospen immer erst nach den Blättern, nicht vor

ihnen, lauter Tatsachen, die die Linnéschen Botanik übersehen hatte. Trotzdem wurde noch zu Goethes Zeit von botanischen Lehrbüchern diese Ansicht vorgetragen. Das war um so mehr zu bedauern, als schon zu Lebzeiten Linnés Caspar Friedr. Wolff auf Grund mikroskopischer Beobachtungen die Entstehung der Blätter fast richtig geschildert hatte.

Wenn man einen beliebigen Laubspieß betrachtet, so fällt es auf, daß die Blätter nach seinem Gipfel zu immer kleiner werden und sich endlich in jüngsten Formen am Gipfel zusammendrängen (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1). Diese gipfelständige Blättervereinigung nennt man bekanntlich Knospe. Aber nur wenigen ist bekannt, daß innerhalb dieser Knospe das Ende der Sproßachse verborgen ist, aus welchem die Blätter als mikroskopische, halbkugelige Gewebeauswüchse entstehen. Sie bilden sich so dicht neben- und übereinander, daß die etwas

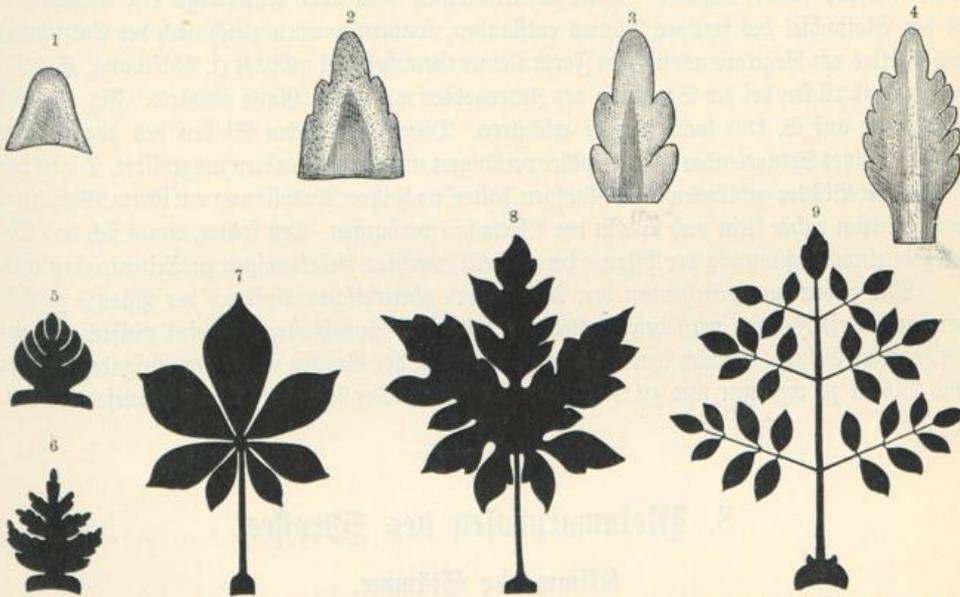


Knospe. 1) Durchschnitt einer Knospe: V Vegetationspunkt, 1, 2, 3, 4 jüngste Blattanlagen, welche noch die Form gerundeter Hügel besitzen. In den Achseln der etwas älteren Blätter werden Vegetationspunkte von Seiten sprossen a, b, c angelegt. 2) Durchschnitt durch einen Sproßvegetationspunkt, wie ihn die obenstehende Knospe bei V enthält, stärker vergrößert. Die Auswölbung rechts ist die erste Anlage eines Blattes am Sproßscheitel. 3) Durchschnitt eines Sproßendes (Endknospe). Die Teile, welche sich beim Wachstum verlängern, sind grau angebeutet. Denkt man sich diese Strecken auseinandergehoben, so entfernen sich die Blätter voneinander, die Achsel sprosse bleiben aber mit ihren Blättern verbunden. (Zu S. 130—132.)

älteren Blätter die jüngeren umhüllen und man von dem eigentlichen Bildungsherde nichts sieht. Erst wenn man eine solche Knospe der Länge nach durchschneidet und mit dem Mikroskop betrachtet, erkennt man, daß das Ende der Sproßachse einen abgerundeten, aus feinzelligem Gewebe aufgebauten Kege! darstellt (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2), aus dem die jungen Blätter sich hervorstülpen. Nach Wolffs Vorgang nennt man solche organbildende Gewebekegel, wie schon früher erwähnt, Vegetationspunkte (V in Fig. 1). Der Vegetationspunkt der Wurzel, welcher Seitenwurzeln erzeugt, ist schon früher geschildert worden (S. 42). Hier soll auf den Vegetationspunkt des Sproßes näher eingegangen werden.

Bei den meisten Laubspößen hat der Vegetationspunkt die Form eines kürzeren oder längeren, abgerundeten Kegels (S. 42). Die Blätter bilden sich aus diesem Kege! anfangs sehr einfach dadurch heraus, daß das Gewebe sich in Form von halbkugeligen Auswüchsen vorwölbt (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2). Die Blätter haben also anfangs weder Ähnlichkeit im Umrisse mit erwachsenen Blättern, noch lassen sie eine Differenzierung in Blattparenchym und Gefäßbündel erkennen. Das sind Vervollkommnungen, die erst mit dem Wachstum

eintreten (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1—9). Der kleine Blatthügel verbreitert sich langsam an der Basis und nimmt mehr und mehr die Gestalt eines einfachen, stengellosen Blattes an. Der Blattstiel entsteht also erst später und wird zwischen der Blattbasis und der Sprossachse eingeschoben. Sehr merkwürdig ist es, daß alle Blätter anfangs die gleiche, einfache Form besitzen und die so ungemein verschiedenen Randbildungen, die Zerteilung der Blattfläche in Abschnitte oder Fiederblätter, wie z. B. bei der Kofkastanie oder der Robinie, gleichfalls erst Folgen des späteren Wachstums sind. Als Anlagen sind alle Blätter einander gleich (Fig. 1). Je nachdem die mittlere Fläche oder der Rand einer Blattanlage ein überwiegendes Wachstum beginnt, kann aus gleichgeformter Anlage ein flaches Blatt mit Blattzähnen



Entwicklung verschiedener Blattformen aus gleicher Anlage. Die jugendlichen Blattformen 2—4, die aus der Anlage 1 entstanden, können sich in aller verschiedener Weise durch Wachstum zu einfachen oder mehr oder weniger geteilten Blättern ausgestalten. Die Blätter 7—9 können alle aus der Anlage 1, die in 5 und 6 schon geteilt, aber noch ohne Stiel ist, entstehen, durch bloßes verschiedenes Wachstum dieser Anlage. (Die Figuren 5—9 nach Sachs, Vorlesungen.) Zu S. 130 und 131.

oder ein in verschiedener Weise geteiltes Blatt hervorgehen. Also nur von dem späteren Wachstum ist die Gestalt, welche aus der einfachen Blattanlage hervorgeht, abhängig. Erzeugt der Rand des jungen Blattes nur wenige größere Ausbuchtungen (Fig. 2), die beim Wachstum der Fläche sich nicht vertiefen, so hat das fertige Blatt einen gebuchteten Rand. Sobald, wie bei Fig. 3, die seitlichen Auswüchse jedoch mit dem Wachstum der Fläche gleichen Schritt halten, entsteht aus derselben einfachen Anlage ein geteiltes oder ein zusammengesetztes Blatt (Fig. 7 u. 8). Die seitlichen Auswüchse des jungen Blattes können aber auch in größerer Zahl hervortreten (Fig. 4). Wenn sie hinter dem Wachstum der Blattfläche zurückbleiben, erscheinen sie am erwachsenen Blatt als Blattzähne. Aber ein solches gezähntes Blatt (Fig. 4), z. B. ein Linden- oder Erlenblatt, hat in seiner Jugend große Ähnlichkeit mit dem später gefiederten Blatte einer Leguminose, z. B. einer Robinie, denn auch dieses erscheint zuerst als gezähntes Blatt. Bei der weiteren Ausbildung beginnt jeder Abschnitt des gezähnten Randes ein Wachstum, welches das der Blattmitte überwiegt. Die anfängliche kleine Blattfläche verbreitert sich nicht, sondern

wächst nur in die Länge und wird zu einem dünnen Tragorgan für die kleinen Fiederblättchen, die aus den anfänglichen bloßen Zähnen sich ausbilden.

Wie bekannt, stehen die Blätter am erwachsenen Stengel nicht wie in der Knospe dicht übereinander, sondern einzeln oder zu wenigen an der Sprossachse, getrennt durch Stengelglieder. Auch diese Stellung kommt nur durch Wachstum zustande, indem die Stücke zwischen den Ansatzstellen der Blätter sich in die Länge strecken, wodurch die Blätter auseinanderrücken. Die Stengelglieder, welche die Blätter voneinander trennen, heißen Internodien, die Ansatzstellen der Blätter, welche häufig etwas angeschwollen sind, heißen Knoten. In der Regel steht in dem Winkel, den das Blatt mit dem Stengel bildet (Blattachsel), wenigstens eine Seitenknospe, selten mehrere. Diese Seitenknospen sind aber keineswegs erst nachträglich in der Blattachsel des fertigen Blattes entstanden, sondern wurden gleich nach der Entstehung des Blattes am Vegetationspunkt in Form kleiner Gewebehügel gebildet (s. Abbildung, S. 130, Fig. 1) und rücken bei der Streckung der Internodien mit ihrem Blatte abwärts. Fig. 3 in der Abbildung auf S. 130 sucht dies zu erläutern. Diese schraffierten Stellen des abgebildeten Schemas eines Stengelendes werden später verlängert und zu Internodien umgebildet. Die in den Achseln der Blätter gebildeten Sproßknospen halten nach ihrer Ausbildung mit ihrem Wachstum inne, bleiben daher klein und sind in der Blattachsel verborgen. Erst später, wenn sich das Bedürfnis einer Verjüngung der Pflanze herausstellt, wachsen diese Knospen zu Seitentrieben aus.

Wir haben im vorstehenden den Aufbau des oberirdischen Systems der Pflanze geschildert, um diese Formen verstehen zu können. Aber das Sproßsystem erscheint vielfach in ganz veränderter Gestalt, nämlich dann, wenn dem System der Sprosse außer der Aufgabe, Blätter und Blüten zu erzeugen und zu tragen, noch andere biologische Aufgaben zugewiesen werden.

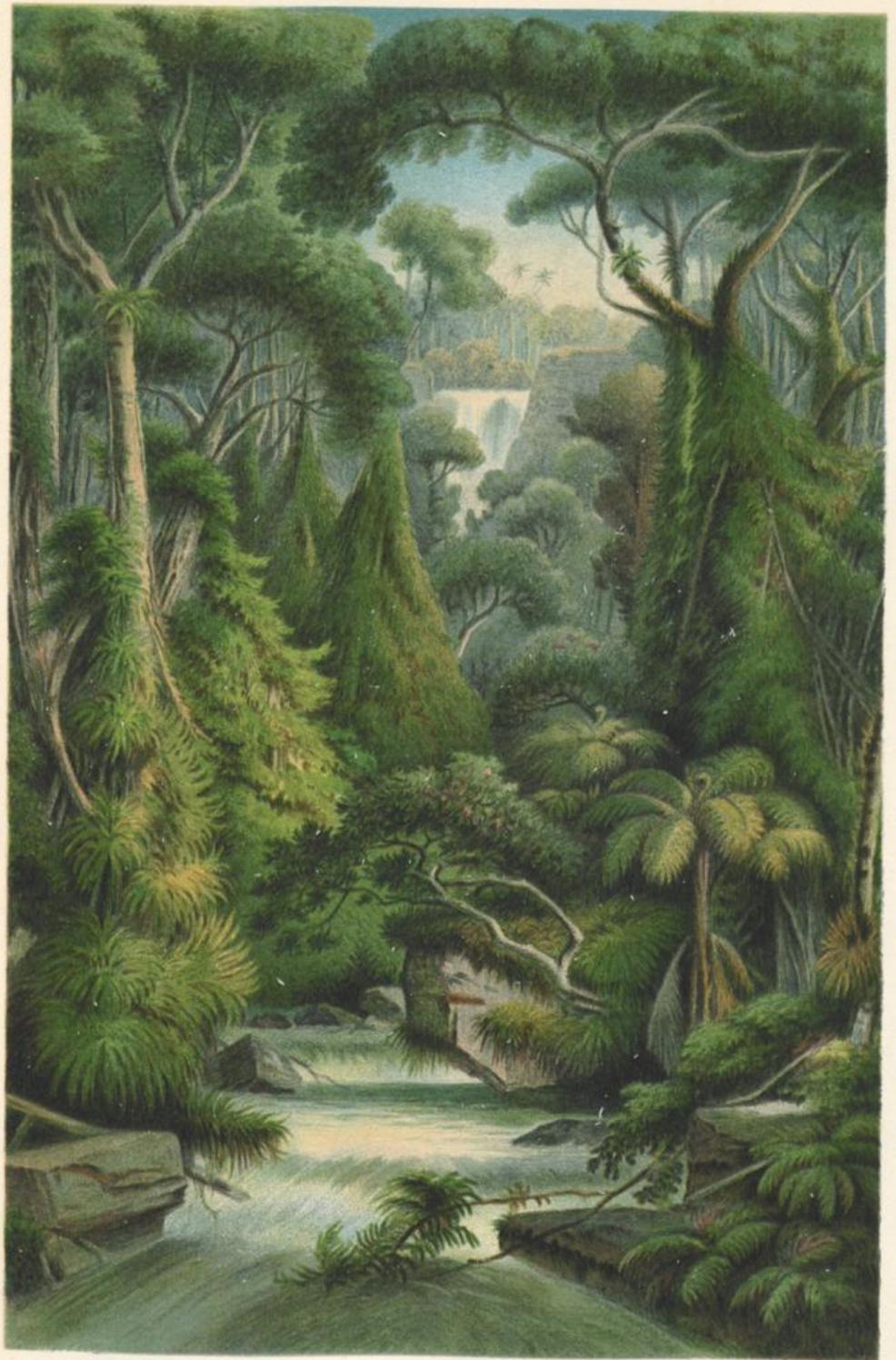
## 8. Metamorphosen des Sprosses.

### Klimmende Stämme.

Wie doch manche Pflanzennamen durch ihren Wohlklang bestrickend auf unsere Einbildungskraft wirken! An das gehörte Wort knüpft sich die Vorstellung einer Pflanze, sofort aber auch das Bild der ganzen Umgebung, in welcher diese Pflanze wächst und gedeiht, das Bild der blumigen Wiese oder des schattigen Waldes. Wenn sich mit dem schönlautenden Namen vielleicht noch eine liebe Jugenderinnerung verbindet, wenn der Eindruck wieder lebendig wird, den die lebensvolle Schilderung in einem Buche oder ein herrliches, mit empfänglichem Sinne vor Jahren geschautes Landschaftsbild zurückgelassen, so fällt es fast schwer, an den Gegenstand, welcher den anmutigen Namen trägt, mit dem kritischen Auge des Forschers heranzutreten, mit Maßstab, Wage, Messer, Mikroskop und verschiedenem anderen wissenschaftlichen Nützzeug zu untersuchen, zu zergliedern, zu klassifizieren und in trockenem Tone zu referieren.

So ist es mit dem Wort Liane. Wenn das schöne Wort erklingt, taucht aus der Dämmerung der Jugenderinnerungen eine ganze Reihe herrlicher Bilder in kräftigen Linien und bunter Farbenpracht empor. Über den riesigen Stämmen des Urwaldes, welche gleich Pfeilern eines weiten Hallenbaues emporragen, wölbt sich ein Laubdach, das nur hier und da von dünnen Sonnenstrahlen durchdrungen wird. Im Waldgrunde üppiges Grün von schattenliebenden, die Leichen gefallener Bäume überkleidenden Farnen oder mächtigen Stauden und





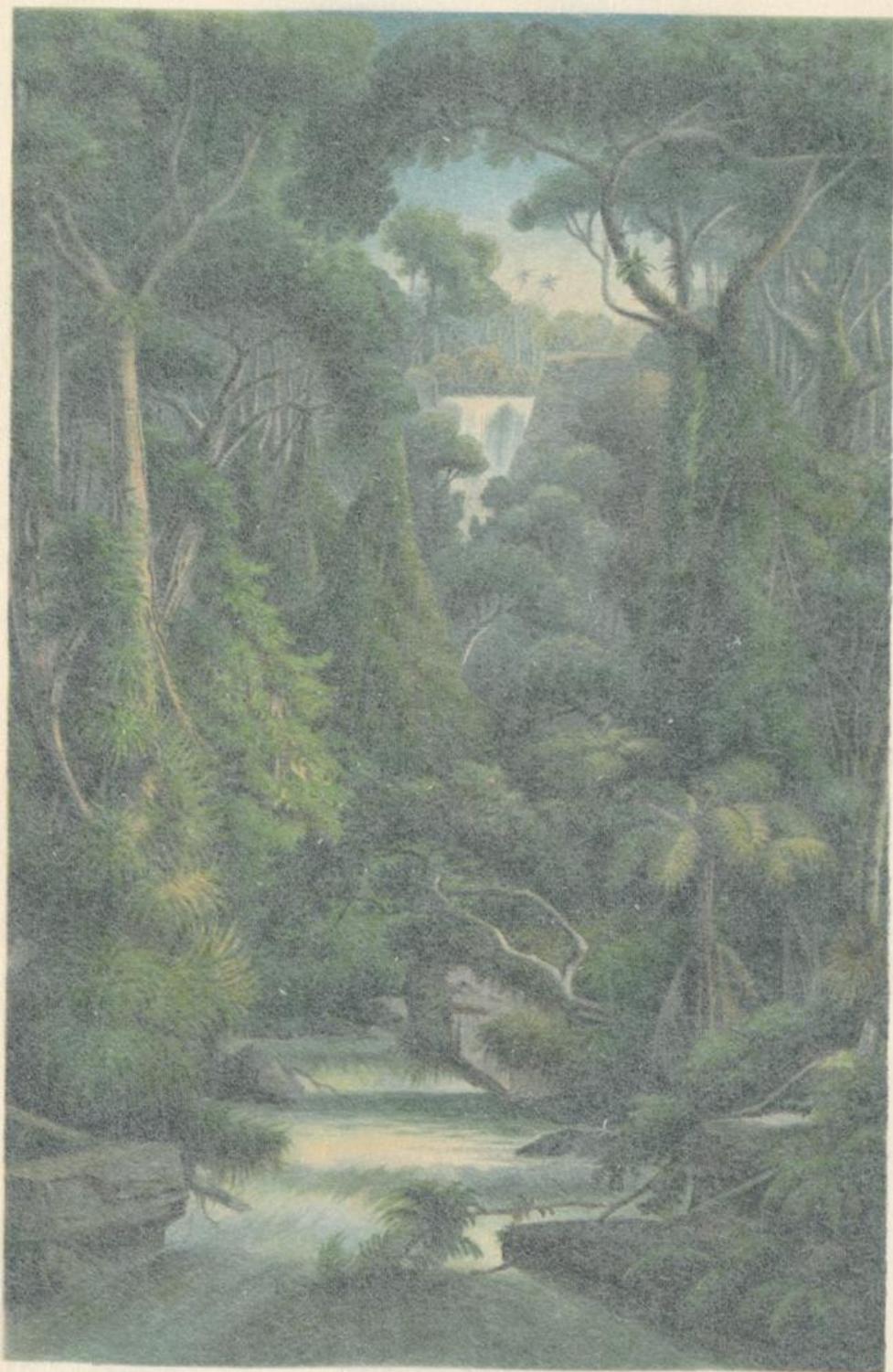
Eianen im Urwald auf Ceylon.  
Nach der Natur von v. Königsbrunn.

weiterhin wüßtes braunes Wurzelwerk, welches das Fortkommen im düsteren stillen Grunde fast unmöglich macht. Im Gegensatz zur unheimlichen Waldestiefe, welch buntes Bild in den Lichtungen und am Saume des Urwaldes! Ein Gewirr aus allen erdenklichen Pflanzenformen bößt sich empor zur dichtesten Hecke, baut sich auf, höher und höher bis zu den Kronen der Baumriesen, so daß der Einblick in die Säulenhallen des Waldinneren gänzlich benommen ist. Da ist die echte und rechte Heimat der Lianen. Alles schlingt, windet und klettert durcheinander, und das Auge bemüht sich vergeblich, zu ermitteln, welche Stämme, welches Laubwerk, welche Blüten und welche Früchte zusammengehören. Hier flechten und wirken die Lianen grüne Wände und Tapeten, dort hängen sie als schwankende Girlanden oder zu breiten Vorhängen verstrickt von dem Gezweige der Bäume herab, und wieder an anderer Stelle spannen sich üppige Gewinde von Ast zu Ast, von Baum zu Baum, bauen fliegende Brücken, ja förmliche Laubgänge mit Spitzbogen und Rundbogen. Einzelstehende Baumstämme werden durch die Hülle aus verflochtenen Lianen zu grünen Säulen oder noch häufiger zum Mittelpunkte grüner Pyramiden, über deren Spitze die Krone schirmförmig ausgebreitet ist. Sind die Lianen zugleich mit den von ihnen als Stütze benutzten Bäumen alt geworden, und haben sich ihre alten Stammteile des Laubschmuckes entledigt, so erscheinen sie wie Tawe zwischen Erde und Baumkrone ausgespannt, und es entwickeln sich jene seltsamen Formen, welche mit dem Namen Buschtaue belegt worden sind. Bald straff angezogen, bald schlaff und schwankend, erheben sie sich aus dem Gestrüpp des Waldgrundes und verlieren und verwirren sich hoch oben in dem Geäst des Baumes. Manche dieser Buschtaue sind wie die Seile eines Kabels verschlungen, andere einem Korkzieher gleich gewunden und wieder andere bandförmig verbreitert, grubig ausgehöhlt oder zu zierlichen Treppen, den berühmten „Affenstiegen“, ausgestaltet.

Die grünen Girlanden, Lauben und Gewinde der Lianen sind hoch oben geschmückt mit den buntesten Blüten. Hier leuchtet ein Strauß wie eine kleine Feuergarbe hervor, dort schwannt eine lange blaue Traube im Sonnenschein, und hier wieder ist eine dunkle Wand mit Hunderten blauer, roter oder gelber Blüten durchsticht. Und wo Blüten prangen und Früchte reifen, fehlt es auch nicht an den Gästen derselben, an dem bunten Volke der Falter und an den Sängern des Waldes, deren liebster Tummelplatz der Lianendurchflochtene Waldrand ist.

Es ist auffallend, daß verhältnismäßig selten Landschaften, in denen die Lianen das hervorstechendste Motiv bilden, von Malern dargestellt werden. Der Grund mag vielleicht darin liegen, daß solche Landschaften, wenn sie naturgetreu gehalten sind, zu bunt, zu unruhig, zu sehr zerfahren erscheinen, und daß sie, wenn auch reizend in den Einzelheiten des Vordergrundes, doch des ruhigen stimmunggebenden Hintergrundes entbehren. Wir sind in der Lage, ein von v. Königsbrunn gemaltes Bild des tropischen, von Lianen durchflochtenen ceylanischen Urwaldes zu bringen, auf dem besonders die Buschtaue und das um die Baumstämme zu grünen Pyramiden verstrickte Geschlänge in charakteristischen Formen hervortreten, und können nicht unterlassen, zu bemerken, daß dieses schöne Bild von dem Künstler sorgfältig nach der Natur ausgeführt worden ist (s. die beigeheftete Tafel „Lianen im Urwalde auf Ceylon“).

Nach dem bisher über die Lianen Gesagten könnte man glauben, daß diese Pflanzenformen nur den Tropen angehören, was aber unrichtig wäre. Auch in der Umgebung der kanadischen Seen und im Gelände der großen mitteleuropäischen Ströme Donau und Rhein klimmen Menispermeneen, mehrere Arten der Gattung Clematis, wilde Weinreben, Kletterrosen, Geißblatt, Brombeeren u. s. f. in die Kronen der Bäume empor, und selbst die Wälder unserer Boralpen beherbergen noch eine der reizendsten Lianen, nämlich die mit großen blauen



Lianen im Urwald auf Ceylon.  
Nach der Natur von v. Königsbrunn.

weiterhin wüßtes braunes Wurzelwerk, welches das Fortkommen im düsteren stillen Grunde fast unmöglich macht. Im Gegensatz zur unheimlichen Waldestiefe, welch buntes Bild in den Lichtungen und am Saume des Urwaldes! Ein Gewirr aus allen erdenklichen Pflanzenformen bößt sich empor zur dichtesten Decke, baut sich auf, höher und höher bis zu den Kronen der Baumriesen, so daß der Einblick in die Säulenhallen des Waldinneren gänzlich benommen ist. Da ist die echte und rechte Heimat der Lianen. Alles schlingt, windet und klettert durcheinander, und das Auge bemüht sich vergeblich, zu ermitteln, welche Stämme, welches Laubwerk, welche Blüten und welche Früchte zusammengehören. Hier flechten und wirken die Lianen grüne Wände und Tapeten, dort hängen sie als schwankende Girlanden oder zu breiten Vorhängen verstrickt von dem Gezweige der Bäume herab, und wieder an anderer Stelle spannen sich üppige Gewinde von Ast zu Ast, von Baum zu Baum, bauen fliegende Brücken, ja förmliche Laubgänge mit Spitzbogen und Rundbogen. Einzelstehende Baumstämme werden durch die Hülle aus verflochtenen Lianen zu grünen Säulen oder noch häufiger zum Mittelpunkte grüner Pyramiden, über deren Spitze die Krone schirmförmig ausgebreitet ist. Sind die Lianen zugleich mit den von ihnen als Stütze benutzten Bäumen alt geworden, und haben sich ihre alten Stammteile des Laubschmuckes entledigt, so erscheinen sie wie Taue zwischen Erde und Baumkrone ausgespannt, und es entwickeln sich jene seltsamen Formen, welche mit dem Namen Buschtaue belegt worden sind. Bald straff angezogen, bald schlaff und schwankend, erheben sie sich aus dem Gestrüpp des Waldgrundes und verlieren und verwirren sich hoch oben in dem Geäst des Baumes. Manche dieser Buschtaue sind wie die Seile eines Kabels verschlungen, andere einem Korkzieher gleich gewunden und wieder andere bandförmig verbreitert, grubig ausgehöhlt oder zu zierlichen Treppen, den berühmten „Affenstiegen“, ausgestaltet.

Die grünen Girlanden, Lauben und Gewinde der Lianen sind hoch oben geschmückt mit den buntesten Blüten. Hier leuchtet ein Strauß wie eine kleine Feuergarbe hervor, dort schwankt eine lange blaue Traube im Sonnenschein, und hier wieder ist eine dunkle Wand mit Hunderten blauer, roter oder gelber Blüten durchstüct. Und wo Blüten prangen und Früchte reifen, fehlt es auch nicht an den Gästen derselben, an dem bunten Volke der Falter und an den Sängern des Waldes, deren liebster Tummelplatz der Lianendurchflochtene Waldrand ist.

Es ist auffallend, daß verhältnismäßig selten Landschaften, in denen die Lianen das hervorstechendste Motiv bilden, von Malern dargestellt werden. Der Grund mag vielleicht darin liegen, daß solche Landschaften, wenn sie naturgetreu gehalten sind, zu bunt, zu unruhig, zu sehr zerfahren erscheinen, und daß sie, wenn auch reizend in den Einzelheiten des Vordergrundes, doch des ruhigen stimmunggebenden Hintergrundes entbehren. Wir sind in der Lage, ein von v. Königsbrunn gemaltes Bild des tropischen, von Lianen durchflochtenen ceylanischen Urwaldes zu bringen, auf dem besonders die Buschtaue und das um die Baumstämme zu grünen Pyramiden verstrickte Geschlinge in charakteristischen Formen hervortreten, und können nicht unterlassen, zu bemerken, daß dieses schöne Bild von dem Künstler sorgfältig nach der Natur ausgeführt worden ist (s. die beigeheftete Tafel „Lianen im Urwalde auf Ceylon“).

Nach dem bisher über die Lianen Gesagten könnte man glauben, daß diese Pflanzenformen nur den Tropen angehören, was aber unrichtig wäre. Auch in der Umgebung der kanadischen Seen und im Gelände der großen mitteleuropäischen Ströme Donau und Rhein klimmen Menispermeneen, mehrere Arten der Gattung Clematis, wilde Weinreben, Kletterrosen, Geißblatt, Brombeeren u. s. f. in die Kronen der Bäume empor, und selbst die Wälder unserer Voralpen beherbergen noch eine der reizendsten Lianen, nämlich die mit großen blauen

glockenförmigen Blumen geschmückte Alpenrebe *Atragene alpina*. Allerdings nimmt die Zahl der Arten außerordentlich zu, sobald man sich dem heißen Erdgürtel nähert, und es dürfte nicht weit gefehlt sein, wenn die Zahl der Lianen in den Tropenländern auf 2000, jene in den gemäßigten Zonen auf 200 Arten veranschlagt wird. Dem arktischen Gebiet sowie der baumlosen Hochgebirgsregion sind die Lianen fremd. Merkwürdig ist, daß das tropische Amerika nahezu doppelt soviel Gewächse mit klimmenden Stämmen aufweist als das tropische Asien. Den größten Reichtum an diesen Gewächsen zeigen Brasilien und die Antillen. Von den französischen Antillen stammt auch das schöne Wort *Liane*, das nunmehr in die meisten Weltsprachen übergegangen ist.

Wie fangen es aber die Pflanzen an, ganz gegen die Gewohnheit ihrer vielen Genossen zu klettern und dabei weite Wege zurückzulegen? Schon bei Besprechung der Wurzeln ist auseinandergesetzt worden, daß die Pflanzen, sobald sie vor neue Aufgaben gestellt werden, diese nur mit passenden Organen bewältigen können. Aber keine Pflanze ist imstande, nach Belieben jede Art von Organen hervorzubringen, welche sie gerade braucht. Von der Natur ist ihr nur die Fähigkeit verliehen, Sprosse und Wurzeln zu bilden, und wenn diese nicht ausreichen, würde sie am Ende ihrer Existenz stehen, wenn nicht diese Organe eine ganz merkwürdige Wandelbarkeit besäßen, die schon mehrfach als *Metamorphose* bezeichnet worden ist. Die Umbildung der Grundorgane kann zwar nicht plötzlich von heute auf morgen vor sich gehen, wenn man auch oft genug beobachten kann, daß Pflanzen, in ungünstige Bedingungen hineingedrängt, die auffallendsten Anstrengungen machen, ihre Laubspresse und Wurzeln solchen Verhältnissen anzupassen. So kann man z. B. beobachten, daß der Storchschnabel (*Geranium Robertianum*), welcher gelegentlich in den Ritzen von Mauern und Felswänden sich ansiedelt, seine untersten Blätter zur Stütze benutzt, indem die Blattstiele sich so krümmen, daß die Blattflächen der Unterlage angebrückt werden. Durch diese breiten Stützen wird dann der Stengel vor dem Umfallen bewahrt. Die Blattflächen gehen meistens bald zugrunde, aber die Stiele bleiben lebendig, und dann hat die Pflanze sich aus ihren Blättern Stelzen geschaffen, die ihr Halt gewähren. In den allermeisten Fällen geht aber eine solche Metamorphose nicht im Laufe eines kurzen Pflanzenlebens durch Umbildung fertiger Organe anderer Funktion vorstatten. Schon bei den Vorfahren der betreffenden Pflanze sind solche Umwandlungen auf nicht mehr feststellbare Art und wahrscheinlich allmählich in längeren Zeiträumen entstanden und erblich geworden. Aber so viel läßt sich auch heute noch durch Beobachtung feststellen, daß die metamorphosierten Organe aus den Grundorganen, Sprossen, Blättern und Wurzeln hervorgehen, indem ihre Anlagen den Organen, von denen sie abstammen, genau gleichen.

Die Eigentümlichkeiten der Kletterpflanzen, d. h. die Mittel, mit denen die Pflanzen ihren Zweck erreichen, sind, obwohl es sich immer um dieselbe Aufgabe handelt, recht verschieden. Mit ihren gewöhnlichen, gertenartig ausgebildeten Laubspressen klettern eine Anzahl Sträucher, welche von H. Schenk, dem besten Kenner der Lianen, als *Spreizklammer* bezeichnet worden sind. Diese Spreizklammer haben weder reizbare Kletterorgane noch Klammerwurzeln, sondern werfen ihre langen Sprosse auf die Äste anderer Pflanzen, auf denen sie lagern und hängen, zuweilen sich durch hakige Dornen noch besser befestigen. Zu ihnen gehört auch der bei uns verbreitete Bocksdorn (*Lycium barbarum*). Es ist erstaunlich, wie seine langen gertenförmigen jugendlichen Sprosse, wenn sie am Rand eines Gehölzes vom Boden emporkwachen, zwischen den sparrigen Verzweigungen anderer Gewächse ihren Weg finden und dann, etwa in der Höhe der untersten Kronenäste eines der Waldbäume, mit dem freien Ende wie aus einer Dachlücke hervorkommen. Im Laufe des Sommers verholzt der schlanke, dünne Sproß, und

aus den Achseln der oberen Laubblätter kommen unter nahezu rechten Winkeln beblätterte Seiten sprosse hervor, welche in einen starren Dorn endigen. Außerdem hat sich das oberste Stück des Sproßes über einen der Baumäste gebogen, und der ganze Sproß ist jetzt in das Gestrüppe des Walbrandes so eingelagert und eingeflochten, daß man bei einem Versuche, denselben herauszuziehen, unzählige stützende Äste und Ästchen zerrt und den Walbrand auf weithin ins Schwanken bringt. Der erstjährige verholzte Sproß überdauert den Winter; im nächsten Frühling kommen hoch oben an jenem Teile, welcher sich quer über einen Baumast gelegt hat, rechts und links neben jedem dornförmigen Seitenästchen zwei neue Sprosse hervor, von welchen einer gewöhnlich klein bleibt, während der andere schlank und kräftig in gerader Linie zwischen dem Geäste der Baumkrone weiter in die Höhe strebt und ganz die Wachstumsweise des vorjährigen Sproßes wiederholt. Oft werden vier, sechs, zehn solcher Sprosse mit ihren beblätterten, sich überneigenden Enden zwischen den Zweigen der als Stütze dienenden Baumkrone sichtbar, und indem sich dieses Spiel mehrere Jahre hindurch wiederholt, ist schließlich die ganze Baumkrone von den Sprossen des Bocksdorns durchflochten. Dann kommt es wohl auch vor, daß zahlreiche sich quer über die stützenden Äste legende Sprosse im weiten Bogen aus dem Bereich der Baumkronen hervortreten, wie die Zweige einer Trauerweide herabhängen, den Baum, welcher ihnen zur Stütze dient, einhüllen oder vor ihm eine förmliche Hecke bilden.

Diesem Vorbilde des Bocksdorns entsprechend, entwickeln sich von bekannteren Pflanzen zahlreiche Rosen, Brombeeren, Spierstauden, Sauerdorn, Sanddorn, Jasmin (*Rosa*, *Rubus*, *Spiraea*, *Berberis*, *Hippophaë*, *Jasminum*) und noch zahlreiche andere heckenbildende, mit Vorliebe an den Rändern der Wälder wachsende Holzpflanzen. Manche Rosen, wie z. B. die im mittelländischen Florengebiete häufige *Rosa sempervirens*, flechten sich nicht nur durch das Gestrüppe der Macchien, sondern erreichen oft die Wipfel der höchsten Steineichen. Ebenso gelangen zahlreiche Brombeersträucher weit hinauf in das Geäst der Bäume und hängen dann nicht selten mit meterlangen Trieben in weitem Bogen herab. Die Stämme des *Rubus ulmifolius*, welche im südlichen Europa die Baumkronen durchflechten, erreichen bei einer Dicke von nur  $\frac{1}{2}$  cm bisweilen die Länge von 6—7 m. Auch *Jasminum nudiflorum* und *Celastrus scandens* gelangen mit ihren gertenförmigen langen Trieben vermittelt der oben geschilderten Wachstumsweise zu den Wipfeln der mächtigsten Bäume empor. Wenn diese Heckensträucher nicht Gelegenheit haben, sich in das Geäst von Bäumen und in höheres, aus Pfahlstämmen gebildetes Gestrüpp einzuflechten, so sind sie gezwungen, selbst ein Gerüst herzustellen, das sie nachträglich als Stütze benutzen. In der Wachstumsweise und in der Art der Verjüngung tritt keine Änderung ein, nur bleiben die Sprosse gewöhnlich kürzer, und es erscheint infolgedessen der ganze Stock gedrängter. Die anfänglich kräftig in die Höhe strebenden, aufrechten Sprosse bilden, wenn sie verholzen, flache, nach oben konverge Bogen, welche mit ihrer Spitze zur Erde neigen, diese mitunter sogar erreichen. Von der oberen Seite dieser Bogen erheben sich dann im nächsten Jahre teils kurze Blüten sprosse, teils wieder lange, aufrechte Triebe, welche zu neuen Bogen werden. Das freie Ende der alten Bogen verdorrt, und über die verdorrtten Reste legen sich frische Bogen, aus deren Basis im folgenden Jahre wieder aufrechte Triebe hervorgehen. Indem sich diese Sproßbildung mehrere Jahre hindurch wiederholt, entsteht allmählich eine undurchdringliche natürliche Hecke, die sich immer höher und höher aufbaut, weil die Stummel der alten verdorrtten, an ihren Enden nicht weiterwachsenden Bogen zu Stützen für die jüngeren Sprosse werden. Es ist auch ein sehr gewöhnlicher Fall, daß diese Heckensträucher, wenn sie älter geworden sind, aus ihren Wurzeln zahlreiche Reisler entwickeln, welche

zwischen dem aus den alten abgedorrten Bogen gebildeten Gestrüpp emporkwachsen und dieses dann als Stütze benutzen, wie das besonders bei dem Sauerdorn, Sanddorn und Bocksdorn, dem Pfeifenstrauch, den Rosen, dem Jasmin und der ulmenblättrigen Spierstaude zu sehen ist.

Außer den verholzenden flechtenden und heckenbildenden Stämmen gibt es aber auch solche, deren Sprosse nicht holzig werden. Als Vorbild dieser flechtenden Staudenpflanzen kann der weitverbreitete Sumpf-Storchschnabel (*Geranium palustre*) gelten. Der jährlich im Beginn der Vegetationszeit aus dem unterirdischen Stammteil hervorkwachsende Sproß stirbt im Herbst jedesmal ab, und die oberirdisch zurückbleibenden verdorrten Reste verwesen so rasch, daß sie im darauffolgenden Jahre nur in seltenen Fällen noch als Stütze für die neuen aus der Erde hervorkommenden Triebe dienen könnten. Die jungen Triebe wachsen zwischen dem Buschwerk in den feuchten Wiesen oder am Rand eines Waldes ziemlich gerade empor, verholzen aber nicht, krümmen sich auch nicht mit dem oberen Ende über die stützenden Zweige, entwickeln aber, wenn sie einmal eine gewisse Höhe erreicht haben, sparrig abstehende steife Seitenzweige und langgestielte Blätter, welche sich zwischen das steife verdorrte Geäst der stützenden Büsche hineinschieben, wodurch dann der ganze Sproß unerrückbar festgehalten wird. Wächst dieser Sumpf-Storchschnabel auf einer Wiese zwischen niedrigen Kräutern, die ihm nicht als Stütze dienen können, so knickt der Stengel ein, und der ganze Sproß liegt dann mit seinen unteren Stengelgliedern dem Boden auf. Die Enden der Stengelglieder sind knotig verdickt, und diese Knoten sind geotropisch, wodurch die jüngsten Stengelglieder immer wieder in eine aufrechte Lage verfest werden, so daß sie gegen die auf dem Boden liegenden älteren Stengelglieder unter einem rechten Winkel gekrümmt erscheinen. Es ist durch diese Einrichtung der Vorteil erreicht, daß die über den Boden hingestreckten Stauden, wenn sie in nicht allzu großer Entfernung auf ein tragfähiges Gestrüpp treffen, dieses sofort als Stütze benutzen und sich in dasselbe hineinflechten können. In der Tat sieht man manchmal Stöcke des *Geranium palustre* mit ihren untersten Stengelgliedern dem Boden aufliegen, während die oberen Stengelglieder sowie zahlreiche Seitenäste in einen auf der Wiese stehenden Busch eingeflochten sind und ihre roten Blüten mehr als 1 m hoch über dem Wiefengrund aus dem Gezweige des zur Stütze benutzten Busches hervorschauen. Nach dem Vorbild dieses Sumpf-Storchschnabels sind auch noch einige andere Arten derselben Gattung (z. B. *Geranium nodosum* und *divaricatum*), mehrere Arten von Labkraut und Waldmeister (z. B. *Galium Mollugo* und *Galium Aparine*) und der beerentragende Taubenkropf (*Cucubalus baccifer*) ausgebildet. Hierher gehören auch mehrere Spargelarten mit sparrig abstehenden Ästen und fädlichen oder nadelförmigen Phyllokladien, deren jährliche Triebe eine erstaunliche Länge erreichen und sich in die Gabelungen der Äste von Stämmen einschleichen. Insbesondere ist in dieser Beziehung der im Gebiete des Mittelmeers sehr häufige *Asparagus acutifolius* und der in Kleinasien heimische *Asparagus verticillatus* hervorzuheben, deren Stämme nicht selten eine Länge von 3 m erreichen, bis in die Kronen niederer Eichenbäume hinaufklimmen und sich dort mit ihren langen, steifen, horizontal abstehenden Verzweigungen einflechten.

Zu den Spreizklimmern gehören auch die Rotange, jene seltsamen, durch die fabelhafte Länge ihrer fast gleichdicken Stämme ausgezeichneten Palmengattungen (Bd. I, S. 195), von welchen auf S. 137 eine von Selleny auf Java nach der Natur gezeichnete Art vorgeführt ist. Der Stamm aller jungen Rotangpflanzen ist aufrecht, und seine gefiederten Blätter, deren Abschnitte vor der Entfaltung dicht zusammengelegt und aneinandergeschmiegt sind, wachsen wie ein steifer Stift senkrecht in die Höhe. Wenn sich die Blätter später lösen, entfalten und ausbreiten,



Rotang auf Java. (Nach einer Zeichnung von Selleny.) Zu S. 136.

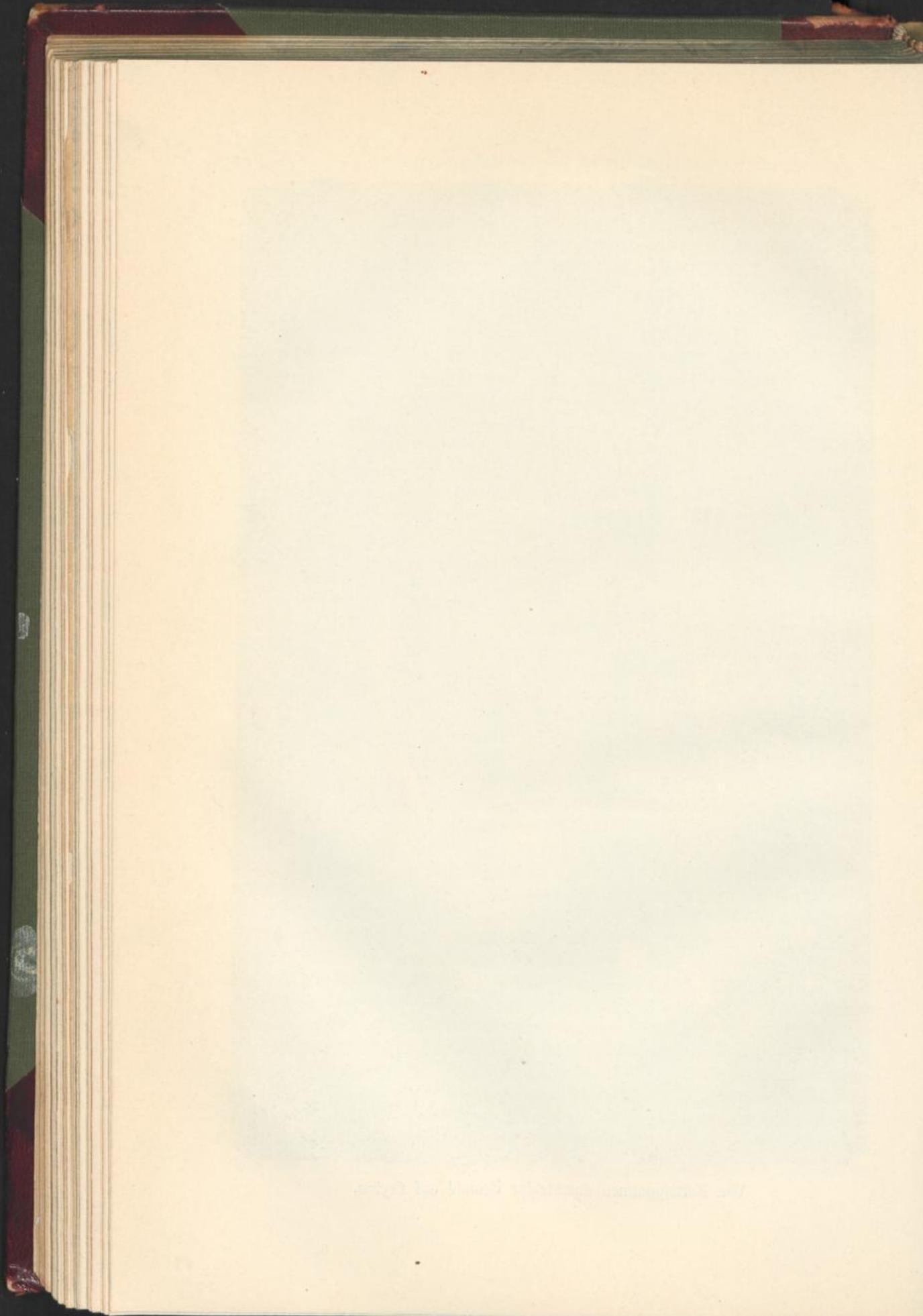
so krümmen sie sich dabei bogenförmig nach auswärts und legen sich auf die verwirrete Masse anderer Gewächse, zwischen welchen die Rotangpalme ihre ersten Entwicklungsstufen durchlaufen hat. Die Blätter endigen in lange dünne Nuten, die mit einer Menge untereinanderstehender franzförmiger Haken besetzt sind. Damit verankern sich die Blätter an den Stützen. Besteht der Pflanzenwuchs der nächsten Umgebung nur aus niederen Kräutern und Stauden, so findet der in die Länge wachsende Rotangstamm nicht die ausreichende Stütze, um in der anfänglich eingehaltenen lotrechten Richtung sich erheben zu können. Er legt sich auf den Boden und wächst ähnlich wie ein Ausläufer über diesen hin, häufig schlangenförmige Windungen bildend, wie sie das Sellenysche Bild zeigt, immer aber mit dem freien Ende sich emporkrümmend und fort und fort neue Blätter in die Höhe schiebend und sich mit seinen Flagellen festklammernd. Hat sich die Rotangpflanze zwischen hohen Sträuchern und Bäumen entwickelt, oder ist sie bei ihrem Fortwachsen über dem Boden im Bereich eines Gehölzes angelangt, so schiebt sie ihre steifen, zusammengefalteten, stiftartigen jungen Blätter zwischen den unteren Ästen der Bäume dieses Gehölzes empor, und indem sich diese Blätter entfalten und bogenförmig auswärts krümmen, werden sie zu einem festen Widerhalt, womit der seilartige Stamm oben im Gezweige der stützenden Bäume aufgehängt ist (s. Abbildung, S. 137). Sind die Verhältnisse günstig, so kann der Stamm mit Hilfe seiner neuen, auf immer höhere Äste der Bäume sich auflagernden und festhaltenden Blätter unglaublich weit emporkommen. Manchmal sinkt das freie Ende des Rotangsprosses auch wieder herab, gelangt in die Kronen niederer Bäume, erhebt sich aber von dort wieder zu höheren Wipfeln. So erreichen diese Stämme mitunter eine Länge, wie sie von keiner anderen Pflanze bekannt ist. Beglaubigten Angaben zufolge hat man Rotange gefunden, deren Stamm bei einer fast gleichmäßigen Dicke von nur 2—4 cm: 200 m lang geworden ist. Die beigegebene Tafel gibt das Vorkommen der Rotange (*Calamus*) im Urwald von Ceylon gut wieder.

Auch manche Bambusarten der tropischen Wälder sind Spreizklimmer. Im Gegensatz zu den mit mächtigen Halmen ausgerüsteten aufrechten Formen (s. die Abbildung, S. 96) haben einige dieser Waldbewohner dünne, schnellwachsende Halme, die sich zum Teil mit hakigen Stacheln festhalten oder sich durch reiche Verzweigung in die Äste der Bäume hineinflechten.

Es wurde schon erwähnt, daß die meisten, wenn auch nicht alle Gewächse, welche sich in das Dickicht anderer Pflanzen einflechten, mit widerhakigen Dornen, Stacheln und Borsten ausgerüstet sind, die das Festhalten in der einmal erreichten Höhe begünstigen. Der Bocksdorn ist mit horizontal abstehenden Dornen versehen, die Rinde der Stämme sowie die an der unteren Blattseite der Rosen und Brombeeren vorspringenden Rippen sind mit sichelförmig nach rückwärts gebogenen Stacheln besetzt, mehrere Labkräuter (z. B. *Galium uliginosum* und *Aparine*) tragen an den Stengelkanten, Blatträndern und Blattrippen kurze, starre, nach rückwärts gerichtete Börstchen, und die Mittelrippe der gefiederten Rotangblätter setzt sich, wie gesagt, über die grünen Fiederabschnitte in ein langes, gertenförmiges Gebilde fort, welches mit Widerhaken der mannigfaltigsten Art besetzt ist. Die auf S. 139 eingeschaltete Abbildung dreier Rotangarten zeigt verschiedene Formen dieser sonderbaren Blätter. Bei der einen Art (Fig. 1) ist die verlängerte Blattspindel in gleichen Abständen mit Gruppen von kleinen, aber sehr spitzen Widerhaken besetzt, bei der zweiten Art (Fig. 2) ist ein Teil des Blütenstandes zu der langen Rute umgebildet, die seltsame klauenartige Widerhaken trägt, und bei der dritten (Fig. 3) finden sich neben kleinen Zäckchen große, lange, sehr spitze, rückwärts gerichtete Dornen an dem vorderen Teile des Blattes, die durch Umwandlung der äußersten Blattfiedern entstanden sind. Wenn man diese widerhakigen Gebilde sieht und noch berücksichtigt, daß die Rotangblätter



Von Rotangpalmen durchsetzter Urwald auf Ceylon.



Faint, illegible text or markings at the bottom of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

ungemein zähe sind, so begreift man, wie fest sich die Kronen der Rotange in den Baumwipfeln festankern, und wie schwer es den Rotangsammlern wird (die Rotangstämme kommen als „Spanisches Rohr“ in den Handel), derartige wie mit Harpunen eingehakte Gewächse aus den Baumwipfeln, deren Gezweige sie durchflechten, herabzuziehen. Infolge des Zuges, den die Rotangsammler an den langen, seilartigen Stämmen ausüben, brechen viel eher die dürren



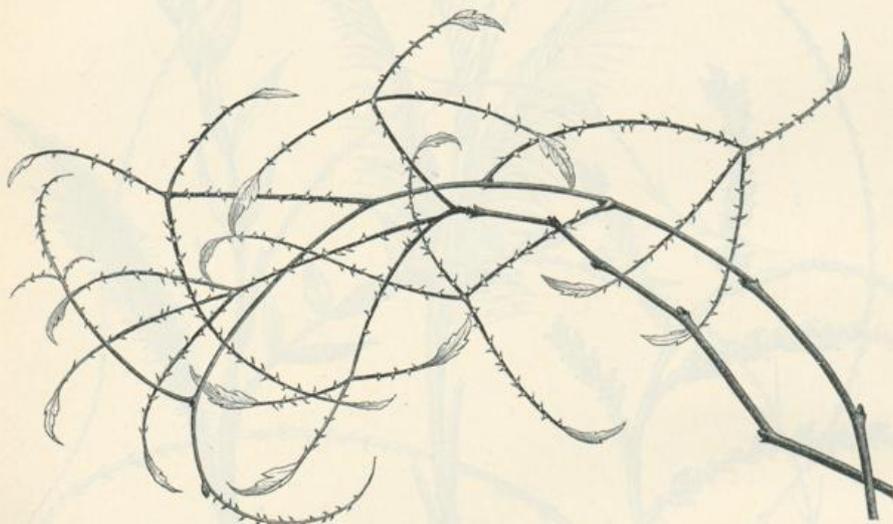
Wipfel von drei Rotang-Arten: 1) *Daemonorops hygrophilus*; 2) *Calamus extensus*, mit Blütenrispe; 3) *Desmoneus polyacanthus*, sehr verfeinert. (Zu S. 138.)

Äste der stützenden Bäume, als daß die Blätter zerreißen, und wenn diese Äste sehr biegungsfest sind, gelingt es überhaupt nicht, selbst durch den kräftigsten Zug, den mehrere Personen ausüben, die Rotange aus ihrer Verankerung zu lösen.

Den Rotangen in betreff der widerhakigen Stacheln auffallend ähnlich sind mehrere südamerikanische Leguminosen (z. B. *Acacia lacerans* und *pteridifolia* und mehrere Arten der Gattung *Machaerium*), doch sind bei ihnen die mit Widerhaken besetzten geißelförmigen Gebilde nicht Blätter, sondern blattlose Zweige. Ebenso ist hier einiger südamerikanischer Bambus zu gedenken, deren lange Halme mit Knospen vom Ansehen widerhakiger Stacheln besetzt sind und auch ähnlich wie die Stacheln an den harpunenartigen Blattenden der Rotange funktionieren.

Eine durch ungewöhnlich reichliche Ausbildung widerhaftiger Stacheln ausgezeichnete flechtende Pflanze ist auch die untenstehend abgebildete neuseeländische Brombeerenart *Rubus squarrosus*. Jedes Blatt derselben teilt sich in drei nur an der Spitze mit einer kleinen Spreite besetzte Teile, und sowohl der Blattstiel als diese drei Teile sind ihrer ganzen Länge nach grün und mit gelben, sehr spitzen Stacheln besetzt, die sich so fest in die durchflochtenen Stauden und Sträucher einhaken, daß stellenweise ganz unentwirrbare Knäuel entstehen.

Endlich sind hier auch noch jene Pflanzen zu erwähnen, bei welchen der Widerhalt durch die spitzen Zähne des Blattrandes unterstützt wird. Zu diesen gehören besonders mehrere tropische Pandanaceen (*Freycinetia*) mit langen, dünnen, an Rotang erinnernden Stämmen und auch ein unscheinbarer kleiner Ehrenpreis, der auf feuchten Wiesen im mittleren Europa heimisch ist



Zweige der neuseeländischen Brombeere *Rubus squarrosus*.

und sich dort mit seinem dünnen, schwachen Stengel zwischen die anderen derberen aufrechten Sumpfpflanzen einflechtend über den Boden erhebt. Dieser Ehrenpreis (*Veronica scutellata*; s. Abbildung, S. 141) hat lange, schmale Blätter, welche im jugendlichen Zustande aufrecht und über der lotrecht in die Höhe wachsenden Stammspitze paarweise zusammengelegt sind. Bei dem Weiterwachsen der Stammspitze werden diese aufrechten, paarweise zusammengelegten Blätter in die Lücken des aus Halmen und abgedorrtm Laube gebildeten Gewirres der anderen in unmittelbarer Nachbarschaft stehenden Sumpfgewächse eingeschoben und emporgehoben, schlagen sich dann von der Stengelspitze, der sie bisher angelagert waren, zurück, nehmen eine horizontale Lage an und bilden nun auf anderen Pflanzenteilen auflagernd einen guten Widerhalt. Während die Sägezähne des Blattrandes bei den übrigen Ehrenpreisarten mit ihren Spitzen nach vorn stehen, erscheinen sie hier seltsamerweise nach rückwärts gegen den Stengel und abwärts gegen den Boden gerichtet, und es wird dadurch der Widerhalt, den diese Blätter bilden, noch wesentlich gefördert. Bei diesem Ehrenpreise haben die rückwärts gerichteten Zähne des Blattrandes sicherlich keine andere Bedeutung als die des Festhakens. In vielen anderen der obenerwähnten Fälle kommt aber den spitzen Zähnen, Stacheln und Dornen

auch noch die Aufgabe zu, das Laub oder auch die Blüten und Früchte gegen Tiere, welche nahrungsfuchend über die Stämme emporklettern möchten, zu schützen.

Als gitterbildenden Stamm kann man einen solchen bezeichnen, der nicht windet, auch keine besonderen Klettvorrichtungen hat und dennoch, angelehnt an Felswände oder Baumstrünke, allmählich zu erstaunlichen Höhen emporklimmt. Er verkleidet seine Rücklehne mit Zweigen, welche zusammengenommen ein festes Gitterwerk darstellen, wodurch er an gewisse flechtende Klimmstämme erinnert. Von diesen unterscheidet er sich aber dadurch, daß sein Empor-



*Veronica scutellata.* (Zu S. 140.)

kommen weder durch sparrige, abstehende Seitenäste, noch durch bogenbildende Sprosse, noch durch zurückgeschlagene Laubblätter vermittelt wird. In der nördlich gemäßigten Zone kommt er verhältnismäßig nur selten zur Entwicklung. Das auffallendste Beispiel aus diesem Gebiete ist wohl die kleine zierliche Wegdornart, welche den Namen *Rhamnus pumila* führt, und die in den Boralpen von der Schweiz bis Steiermark hier und da die steilen Kalkfelsen mit ihrem Gitterwerk überkleidet. Sieht man von fern auf eine mit diesem Wegdorn überwachsene Felswand, so könnte man glauben, es sei Efeu, welcher mit seinen Haftwurzeln an den Steinen emporklimmt. Die nähere Betrachtung aber zeigt, daß hier Haftwurzeln fehlen und auch sonst keinerlei Verwandtschaft mit dem Efeu besteht. Dagegen treten zwei andere sehr merkwürdige Erscheinungen hervor: erstens die außergewöhnliche Brüchigkeit der holzigen Zweige, und zweitens, daß die älteren Stämme in die Ritzen des Gesteines förmlich eingezwängt sind.

Die Brüchigkeit geht so weit, daß die Zweige bei unworsichtigem, kräftigem Anfassern sofort splintern und zu Boden fallen, und daß man sehr behutsam vorgehen muß, wenn es gelingen soll, einen größeren Stamm mit allen seinen Verzweigungen von der Felswand abzulösen. Sie erklärt sich aus dem besondern Bau des Holzes. Die dem Weichbast nach außen zu aufgelagerten Stränge aus faserförmigem Hartbast, welche die Biegungsfestigkeit der jungen Zweige unserer Bäume bedingen, durch Windstöße gebogene Zweige in ihre Ruhelage zurückbringen und Knickungen derselben verhindern, fehlen hier. Man sieht in der Mitte der Zweige einen Holzzylinder, rings um denselben Stränge aus Weichbast und diesem ein sehr voluminöses Bastparenchym, aber nur sehr wenige zähe Hartbastfasern angelagert. Auch die weiterhin nach außen folgenden Schichten werden aus parenchymatischen Zellen zusammengesetzt, welche zwar einen Schutz des Weichbastes gegen seitlichen Druck bieten, aber nichts zur Biegungsfestigkeit der Zweige beitragen. Da ist es begreiflich, daß die Zweige leicht abbrechen. Und daß sie an ihren Ursprungsstellen, d. h. dort, wo sie aus einem älteren Aste hervorgehen, am leichtesten splintern, erklärt sich daraus, daß dort der Holzzylinder am schwächsten ist. Bei Berücksichtigung dieses eigentümlichen Baues der holzigen Verzweigungen wird es begreiflich, daß dieser Wegdorn ohne eine stützende Hinterwand früher oder später zugrunde gehen müßte, weil bei dem ersten kräftigen Anprall eines Sturmes die spröden Zweige abbrechen und zu Boden fallen würden und nach jedem Gewitter der Busch ganz verstümmelt werden müßte.

Was die zweite oben berührte Eigentümlichkeit, nämlich das Einzwängen der Zweige in die Felsritzen, anbelangt, so erklärt sich diese aus der eigentümlichen Wachstumsweise, welche der in Rede stehenden Pflanze zukommt. Wenn im Frühling aus den Laubknospen belaubte Sprosse werden, so wachsen diese nicht dem Lichte entgegen, wie das bei der großen Mehrzahl der Pflanzen, namentlich bei Holzgewächsen, der Fall ist, sondern wenden sich vom Lichte ab, suchen die Dunkelheit auf, krümmen sich sogar um Felsvorsprünge in die beschatteten Winkel und Aushöhlungen und gelangen so unfehlbar in die dunkeln Spalten und Ritzen der steilen Felswand. Ist diese eine Strecke weit nicht zerklüftet, sondern glatt und eben, so legen sich die wachsenden längeren Triebe immer dicht an dieselbe an und erscheinen dann auch geradlinig; sobald aber wieder eine Kluft erreicht ist, krümmt sich der Trieb sofort um die Ecke in die Kluft hinein, wächst also in ähnlicher Weise, wie sonst die Wurzeln zu wachsen pflegen. Während sich bei anderen Sträuchern die jungen wachsenden Sprosse, welche aus einem vorjährigen verholzten Zweige hervorgehen, aufwärts richten, kommt es hier häufig vor, daß die Richtung nach abwärts eingeschlagen wird. Für das Einschlagen dieser Richtung ist in dem betrachteten Falle die Belastung durch das an den Sprossen sich entfaltende Laub und überhaupt die Zunahme des Gewichtes nicht als ursächliches Moment anzusehen; denn nicht selten entspringen von ein und demselben in horizontaler Richtung längs der Felswand hinlaufenden Zweige knapp nebeneinander gleichgestaltete, gleichbelaubte und gleichschwere Sprosse, von welchen ein Teil nach abwärts, ein anderer Teil nach aufwärts wächst. Bei dieser Wachstumsweise ist es unvermeidlich, daß sich die Verzweigungen mitunter auch kreuzen, und daß ein förmliches Gitterwerk entsteht, welches der Felswand anliegt. Verwachsungen der sich kreuzenden und übereinander liegenden Stämme werden an dem besprochenen Wegeborn niemals beobachtet, wohl aber kommt es häufig vor, daß die jüngeren Zweige, welche sich quer über die älteren legen, diesen fest angepreßt sind, so daß sie nach dem Ablösen größerer Zweigpartien von den Felswänden miteinander noch verbunden bleiben.

Umfangreiche Zweiggitter machen ganz und gar den Eindruck eines Wurzelgeflechtes,

das sich über einen Felsblock ausgebreitet hat. Namentlich wird man an die merkwürdigen gitterförmigen Wurzelbildungen gewisser tropischer Feigenbäume erinnert, von denen schon die Rede war (S. 60). Auch insofern wird man versucht, die älteren Stämme der *Rhamnus pumila* für Wurzeln zu halten, als man sie häufig in den Ritzen und Spalten der Felsen eingebettet sieht, welche Erscheinung auf folgende Weise zustande kommt. Wenn der sich entwickelnde lichtscheue Sproß einen dunkeln Spalt mit seiner Spitze erreicht hat, so wächst er begreiflicherweise in der Richtung dieses Spaltes fort und fort und schmiegt sich in denselben, soweit es sein Laub gestattet, ein. Im Herbst verliert der Sproß sein Laub und verholzt. Im nächsten Jahre sendet er neue Sprosse aus und nimmt an Umfang zu. Alljährlich entsteht eine neue Lage von Holzparenchym und Holzfasern, und im Laufe der Jahre wird der Stamm so dick, daß er den ganzen Felspalt ausfüllt und gerade so aussieht wie eine Wurzel, welche sich in die Felsenritze eingezwängt hat.

Auf ganz andere Weise als bei dem merkwürdigen, die Felswände übergitternden Wegdorn findet die Gitterbildung bei den tropischen Klusiazeen statt, von welchen eine Art durch die Abbildung auf S. 144 dargestellt ist. Die jungen Stämme derselben wachsen aufrecht und benutzen mit Vorliebe Baumstämme, namentlich von Palmen, um sich an dieselben anzulehnen. Alle Sprosse dieser Klusiazeen sind verhältnismäßig dick und mit gegenständigen, fleischigen Blättern besetzt; sie bleiben sehr lange Zeit grün, sind selbst dann, wenn sich aus den Blattachseln der aufrechten Stammglieder spreizende gegenständige Seitentriebe entwickelt haben, noch nicht verholzt, und es kommt aus ihnen bei Verletzung der Rinde ein klebriger dicker, dem Gummigutt ähnlicher Saft zum Vorschein. Die Blätter haben ein so großes Gewicht, daß sich unter ihrer Last die spreizenden Seitenzweige neigen, bogenförmig überhängend werden, ja mitunter sogar lotrecht herabsinken. Da ist es unvermeidlich, daß sich so manche dieser Seitenzweige kreuzen, miteinander in Kontakt kommen, und daß an den Berührungspunkten die Oberhaut durch Reibung verletzt wird. An solchen Stellen aber findet eine wirkliche Verwachsung der sich berührenden Zweige statt, und indem sich dieser Vorgang mehrfach wiederholt, entsteht ein Gitterwerk, wie es die Abbildung auf S. 144 zeigt. Die einzelnen Stammstücke sind zwar noch immer weich und biegsam; aber in der angegebenen Weise gitterförmig verschränkt und gegenseitig gestützt, besitzt die Gesamtheit derselben eine Tragfähigkeit, welche ausreicht, daß die neuen aufrechten Sprosse entlang der umgitterten Stütze um eine Stufe höher emporkommen können. Von vielen älteren Stammgliedern entwickeln sich überdies noch seilförmige Luftwurzeln, welche sich zur Erde herabsenken, und die an jenen Stellen, wo sie miteinander in Berührung kommen, gleichfalls verwachsen. Da sich diese Luftwurzeln in der Farbe von den grau gewordenen Stammteilen kaum unterscheiden, ist man bei Betrachtung älterer Klusiazeen kaum imstande, auf den ersten Blick zu erkennen, was Stamm und was Wurzel ist. Hat eine der Klusiazeen den jungen Stamm einer Palme in der angegebenen Weise mit ihrem Gitterwerke umfassen, und wächst der Schaft dieser Palme in die Dicke, so erscheint dann das Gitterwerk fest an jenen angepreßt. Manche Zweige der *Clusia* sterben infolge des Druckes der in die Dicke wachsenden Palme ab, aus anderen älteren Stämmeln kommen aber neue belaubte Triebe hervor, welche die früher beschriebene Wachstumsweise wiederholen, und deren Seitenzweige sich wieder zu Gittern verschränken können. In solchen Klusiazeen verflachen dann die anliegenden Stämme und liegen als dicke Gurten, ja mitunter als förmliche Platten der Unterlage auf. Auch neue Luftwurzeln entwickeln sich bald hier, bald dort aus den älteren Stammgliedern, und so entsteht nach und nach

ein unentwirrbares Gitterwerk, welches den Palmenstamm ringsum so dicht umkleidet, daß von diesem selbst gar nichts mehr zu sehen ist. An den Ufern des Rio Guama in Brasilien sah Martius ganze Reihen der Macauba-Palme (*Acrocomia sclerocarpa*) mit *Clusia alba* überzogen. Die *Clusia* bildete um jeden der 10 m hohen Palmsämme geradezu ein ringsum



Palmenstamm, von den gitterbildenden Stämmen einer Klusiaee (*Pagraea obovata*) als Stütze benutzt. (Zu S. 143.)

geschlossenes Rohr, welches Laub und Blumen trug, und aus dessen oberer Mündung der erhabene Palmenstamm mit seiner Blätterkrone fremdartig hervorragte.

Die meisten noch übrigen Kletterpflanzen haben für das Klettern eine besondere Ausrüstung erhalten, und man kann sehr scharf zwei Gruppen, die Schlingpflanzen (Windpflanzen) und die Rankenpflanzen, unterscheiden. Die ersten klettern mit ihren sich schraubig um eine Stütze windenden Hauptsprossen, die Rankenpflanzen erzeugen reizbare Klammer- oder Greiforgane.

Jede Schlingpflanze macht in den allerersten Stadien ihrer Entwicklung den Eindruck einer gewöhnlichen aufrechten Pflanze, und es wäre schwierig, äußere Merkmale anzugeben, wodurch sich junge Sprosse der einen von denen der anderen unterscheiden. Immer sind die Triebe anfänglich aufrecht und durch ihren inneren Bau befähigt, sich in der aufrechten Lage zu erhalten. Erst wenn die Pflanzen älter geworden und eine gewisse Höhe erreicht haben, tritt die Eigentümlichkeit des windenden Stammes hervor, und der Sproß sucht nun für sein freies Ende einen Halt zu gewinnen; er krümmt sich in flachem Bogen um eine in der Nähe befindliche Stütze, sein Ende dreht sich wie der Zeiger einer Uhr im Kreise herum und windet sich endlich etwa um einen aufrechten Pfahl, der gerade erreichbar ist.

Die Schlingpflanze gelangt also nur dadurch in die Höhe, daß sie sich an aufrechte Stützen legt und sich um diese entlang einer Schraubenlinie emporwindet. Als Stütze dienen in der freien Natur meistens dünne Stämme. Bisweilen kommt es auch vor, daß ein windender Stamm sich um einen zweiten, einer anderen Art angehörenden windenden Stamm windet (s. Abbildung, S. 149). In Gärten benutzt man auch Stäbe, Schnüre und Drähte, wenn man Wände oder Spaliere mit windenden Pflanzen überkleiden will. Man überzeugt sich bei dieser Gelegenheit leicht, daß selbst sehr feine Fäden als Stütze vortrefflich brauchbar, dicke Pfähle und umfangreiche Baumstrünke dagegen nicht geeignet sind. Für einjährige windende Stämme sind Pfähle im Durchmesser von 20—25 cm schon zu dick, als daß sie noch umschlungen werden könnten. Jene ausdauernden und verholzenden windenden Stämme, welche man Lianen nennt, findet man mitunter um Säulen von 30—40 cm Durchmesser gewunden, so z. B. die einer *Glycine chinensis* in den Laubengängen des Parkes von Miramare bei Triest und die von *Ruscus androgynus* im Garten von Kew bei London. In tropischen Gegenden sieht man selbst an Baumstämmen, welche eine Dicke von 40—50 cm besitzen, windende Pflanzen emporklettern; es ist aber in diesen Fällen sehr wahrscheinlich, daß der Baumstamm zur Zeit, als er umwunden wurde, die angegebene Dicke noch nicht besaß und dieselbe erst später erlangte. Freilich kann das nur unter besonders günstigen Verhältnissen geschehen; denn die meisten ausdauernden, holzig gewordenen schlingenden Stämme vertragen keine starke Zerrung und Längenausdehnung, und eine solche müßte doch jedesmal erfolgen, wenn das Bäumchen, um dessen Stamm eine ausdauernde Schlingpflanze ihre verholzenden Schlingen gelegt hat, stark in die Dicke wachsen würde. Die windenden Stämme des in Band I, S. 337, abgebildeten Baumwürgers werden nach erfolgter Verholzung zuverlässig nicht mehr länger, wirken daher wie Drosselschlingen auf den im kräftigsten Dickenwachstum befindlichen jungen Baumstamm, sind imstande, ihn zu strangulieren und sein Absterben zu veranlassen. Ist der abgestorbene Stamm, welcher zur Stütze für die Liane gedient hatte, gegen Witterungseinflüsse nicht sehr widerstandsfähig, und tritt nach kurzer Zeit eine Vermoderung desselben ein, so kann es vorkommen, daß die Stütze zerbröckelt, in Moder und Staub zerfällt und von den Winden fortgeweht wird, während die widerstandsfähigere Liane erhalten bleibt, so daß dann innerhalb der Windungen des Lianenstammes keine Spur mehr von der Stütze zu sehen ist. So manche Liane des tropischen Waldes scheint im jugendlichen Zustande irgendeine lebende Pflanze mit mäßig dickem aufrechten Stamme als erste Stütze benutzt zu haben und über diese in die Kronen höherer Bäume emporgeklettert zu sein; nachträglich ist die Stütze zugrunde gegangen, während die dem oberen Teile der Liane zur Stütze dienenden Zweige der Bäume einen dauernden Halt bilden. Manche Lianen werden auch so dick, daß sie später ohne Stütze aufrechtstehen.

Für jene Gewächse, deren windende Stämme nur einen Sommer durchleben und nach Pflanzenleben. 3. Aufl. II. Band.

Ausbildung der Samen entweder ganz absterben, wie die des windenden Knöterichs (*Polygonum Convolvulus*), oder bis auf die unterirdischen Stammteile verdorren, wie die des Hopfens (*Humulus Lupulus*), wäre es kein Vorteil, wenn sie dicke, aufrechte Baumstämme umwinden würden. Solche Gewächse, welche darauf angewiesen sind, im Laufe eines kurzen Sommers Stamm und Blätter, Blüten und Früchte und zahlreiche Samen zu entwickeln, müssen so rasch wie möglich und auf dem kürzesten Wege vom Erdboden zur sonnigen Höhe gelangen. Das gelingt ihnen, wenn ihre Stämme einen dünnen Grashalm als Stütze benutzen, aber durchaus nicht, wenn sie einen dicken Baumstamm umwinden wollten. Der Weg um einen dicken Stamm wäre viel zu lang, und das zum Aufbau so weitschweifiger Bindungen notwendige Material wäre überflüssig verschwendet, was der Ökonomie der Pflanzen ganz und gar widersprechen würde. Damit soll nicht gesagt sein, daß den windenden Pflanzen die Fähigkeit zukommt, die zuzugängliche Stütze aufzusuchen oder aus mehreren Stützen die passendste auszuwählen; die Wahlfähigkeit ist immer nur eine scheinbare, und wenn die Stämme des Hopfens sich niemals um Pfähle winden, die dicker als 10 cm sind, so kommt das nicht daher, daß der Hopfenproß von vorherein das Unzweckmäßige weiter Bindungen zu erkennen vermöchte, sondern ist darin begründet, daß ihm die Fähigkeit abgeht, in so weitschweifigen Schraubelinien den Stamm zu umkreisen. Kommt es vor, daß ein Hopfenproß zur Basis eines Pfahlstammes kommt, der dicker als 10 cm ist, so vermag er sich zwar an denselben anzulegen, er wird ihn aber alsbald wieder verlassen und seitwärts in die Umgebung hinauswachsen, wo er vielleicht mit einer dünneren Stütze zusammentrifft.

Der obere seitlich gebogene, in der Luft schwebende Teil der Schlingpflanzen führt Bewegungen aus, die zum Zwecke haben, sein freies Ende in einem Kreis oder in einer Ellipse herumzuführen. Die Botaniker nennen diese Bewegungen Nutationen. Man hat diese Bewegung des schwebenden Sproßteiles mit der des Zeigers einer Uhr verglichen; noch besser ließe sich dieselbe mit der Bewegung einer biegsamen Gerte oder einer Peitsche, welche jemand mit der Hand über den Kopf hält, und deren Ende er in kreisende Bewegung versetzt, vergleichen. Sie ist natürlich nicht so rasch wie die der kreisenden oberen Hälfte einer Gerte, vollzieht sich aber immerhin mit einer Schnelligkeit, welche den Beobachter in Erstaunen setzt. Bei warmem Wetter macht das schwebende, kreisende Ende eines Hopfenproßes (*Humulus Lupulus*) einen Umlauf durchschnittlich innerhalb 2 Stunden und 8 Minuten, der Feuerbohne (*Phaseolus multiflorus*) innerhalb 1 Stunde und 57 Minuten, des Windlings (*Convolvulus sepium*) innerhalb 1 Stunde und 42 Minuten, der japanischen Akebia *quinata* innerhalb 1 Stunde und 38 Minuten und des *Grammatocarpus volubilis* innerhalb 1 Stunde und 17 Minuten. Bei anderen windenden Pflanzen erfolgt das Fortrücken allerdings viel langsamer, und ihre schwingenden Triebe brauchen 24, ja selbst 48 Stunden zu jedem Umlaufe. Da diese Umläufe sich an ziemlich langen Sproßteilen vollziehen, so kann man sie ähnlich wie die Umläufe des Zeigers einer Uhr mit freiem Auge sehen, zumal dann, wenn man bei Sonnenschein unterhalb des übergebogenen Teiles des Sproßes einen Kragen aus weißem Papier anbringt. Man sieht dann auf der Papierfläche den Schatten des schwebenden Teiles ähnlich dem Zeiger auf dem Zifferblatt vorwärtsrücken.

Da bei den meisten windenden Stämmen gleichzeitig mit dem Kreisen des freien Endes auch eine Drehung (Torsion) des Stammes stattfindet, so glaubte man früher, daß durch diese Drehung auch die kreisende Bewegung veranlaßt werde. Die neueren Untersuchungen haben aber ergeben, daß dem nicht so ist. Das Kreisen erfolgt unabhängig von der Drehung durch abwechselndes Längenwachstum der verschiedenen Seiten des Stengels.

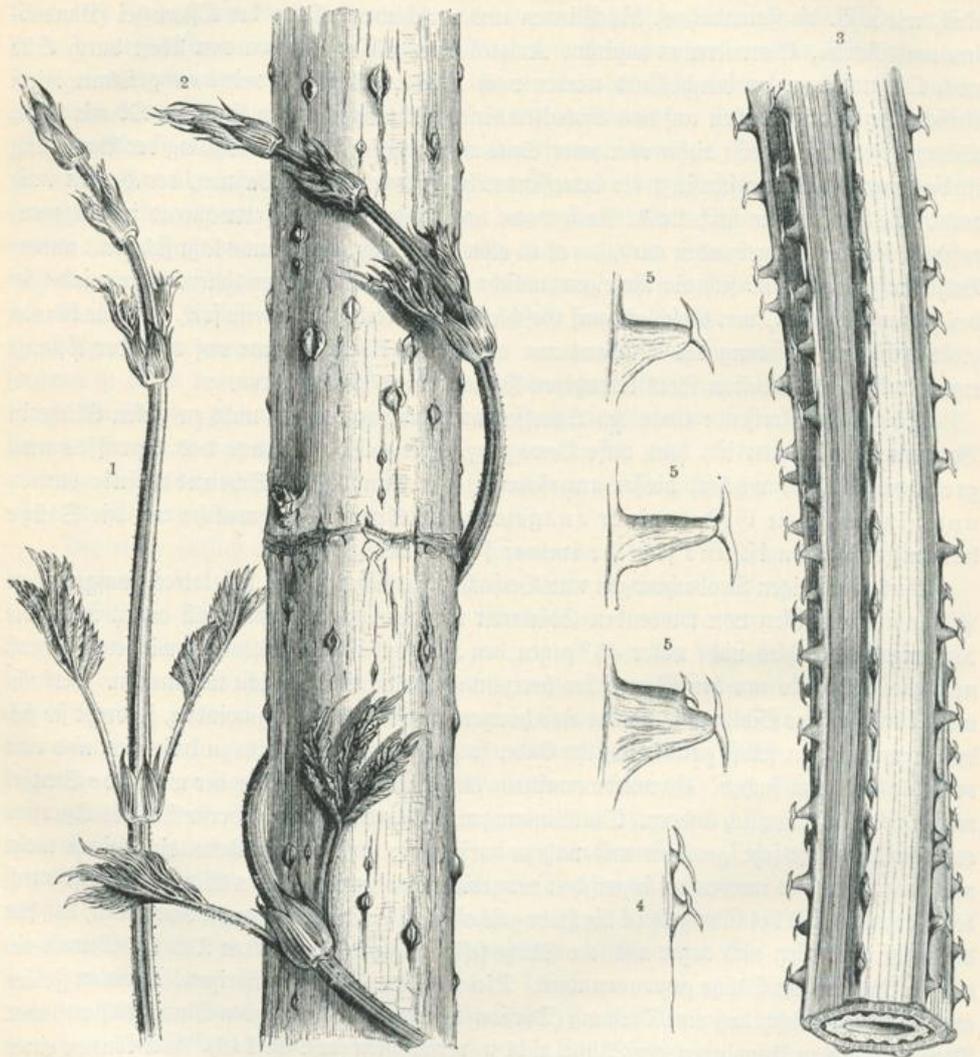
Ein Teil der windenden Pflanzen, namentlich der Hopfen, das Geißblatt und der windende Knöterich (*Humulus Lupulus*, *Lonicera Caprifolium*, *Polygonum Convolvulus*), winden ihre Triebe in der Richtung von West durch Nord nach Ost und dann weiterhin durch Süd wieder nach West (s. Abbildung, S. 148), was man rechts winden nennt; ein anderer Teil, wie z. B. die Feuerbohne, die Binden und verschiedene Arten der Osterluzei (*Phaseolus multiflorus*, *Convolvulus sepium*, *Aristolochia Siphon*) winden von West durch Süd nach Ost und von da durch Nord wieder nach West, was links winden genannt wird. Äußere Verhältnisse haben auf das Einhalten dieser Richtungen keinen Einfluß. Ob wir Licht, Wärme, Feuchtigkeit von dieser oder jener Seite wirken lassen, für die Richtung der Bewegung ist das einerlei, immer schwingt die betreffende Art in den gleichen Bahnen, der Hopfen nach rechts, die Feuerbohne nach links. Auch wenn das windende Stück fortwährend in entgegengesetzter Richtung angebunden wird, — es ist alles vergeblich, die Pflanze läßt sich keine andere Bahn aufzwingen und sich die ihr eigentümliche Richtung nicht abgewöhnen. Sie windet in der ihr angeborenen, von Geschlecht auf Geschlecht sich vererbenden Weise fort, und wir können die verschiedene Richtung des Windens nur auf innere Ursachen, nur auf die jeder Pflanze eigentümliche Konstitution ihres lebendigen Protoplasmas zurückführen.

Sobald das freisende Ende des Sprosses mit einer aufrechten, nicht zu dicken Stütze in Berührung gekommen ist, hört diese Bewegung sofort auf, das Ende des Sprosses umgreift die Stütze, wächst, dieser angeschmiegt, entlang einer Schraubenlinie empor und nimmt so die Gestalt einer ausgezogenen Spirale an, welche um die Stütze herumgewunden ist und sich ihr immer fester anlegt.

Aus vielfältigen Beobachtungen und Versuchen hat sich ergeben, daß lotrecht aufgerichtete Pfähle am leichtesten von windenden Stämmen umschlungen werden. Auch dann, wenn die Neigung des Pfahles nicht unter  $45^\circ$  gegen den Horizont beträgt, bildet der windende Sproß noch eine Schraube um denselben; aber horizontale Stäbe werden nicht umwunden. Versucht man, künstlich eine Schlingpflanze um eine horizontale Stange herumzuwinden, so dreht sie sich immer wieder von selbst zurück, um ihr Ende, so gut es geht, aufwärts zu krümmen und eine vertikale Stütze zu suchen. Es wurde ermittelt, daß die Umläufe, welche der windende Stengel macht, mit dem Alter sich ändern. Die Bindungen, welche der jüngste, oberste Teil des Sprosses ausführt, sind oft sehr genähert und nahezu horizontal; tiefer aber erscheint die Spirale mehr ausgezogen, und es werden die inzwischen neugebildeten oberen flacheren Bindungen erst durch den Geotropismus des Stengels in die Höhe geschoben. Damit ist der Vorteil verbunden, daß für den mehr gestreckten und daher auch der Stütze fester angepreßten unteren Teil der Spirale ein besserer Halt an der Stütze gewonnen wird. Dieser bessere Halt wird übrigens in vielen Fällen auch dadurch erreicht, daß eine Drehung (Torsion) der Achse des windenden Stammes stattfindet. Diese ist mit dem Umwinden der Stütze nicht zu verwechseln (vgl. S. 146). Wir können einen Pfahl mit einem Bindfaden umwinden, dessen Fasern nicht zusammengedreht sind, wir können aber auch einen Bindfaden wählen, dessen Fasern man früher stark zusammengedreht hat, und ganz ähnlich verhält es sich mit den windenden Stämmen. Die Stränge in denselben, namentlich jene Stränge, welche an der Peripherie des windenden Stammes liegen und dort als Kanten vorspringen, können geradlinig verlaufen oder doch nur schwach gedreht sein, können aber auch eine starke Torsion zeigen und wie die Fasern eines Strickes gewunden erscheinen. Dadurch, daß der windende Sproß eine Drehung um seine eigene Achse vollzieht, wird er jedenfalls viel straffer und steifer, und die an seiner Peripherie vorspringenden, nun schräg

verlaufenden Kanten vermitteln auch einen besseren Halt an dem umwundenen Pfahl, als ihn die nicht gedrehten Kanten zu bieten imstande wären.

Nicht selten wird das Festhalten des windenden Stammes auch noch durch rückwärts

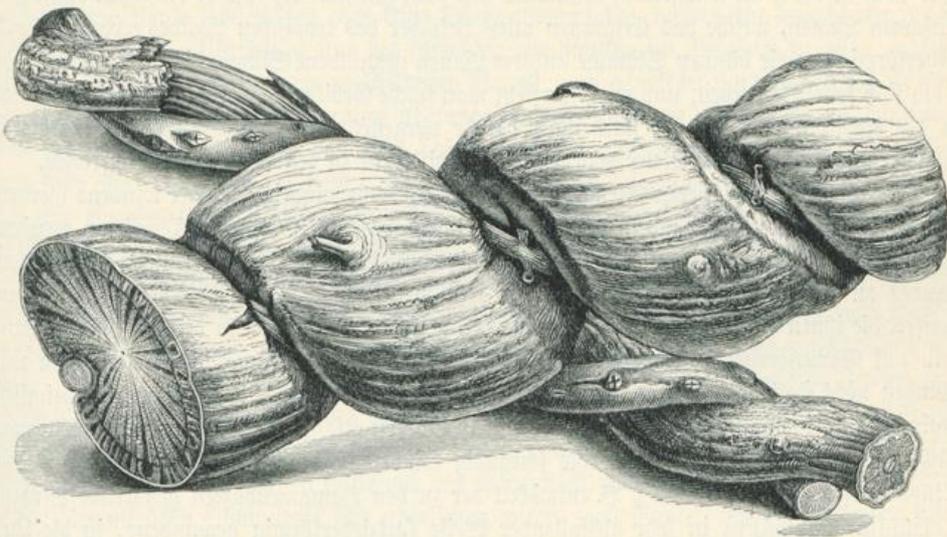


Windender Hopfen (*Humulus Lupulus*): 1) freies Ende eines eben erst aus dem Boden hervorgekommenen Sprosses, 2) der Stamm dieses Sprosses, um einen Huldenpfahl windend, in natürlicher Größe, 3) ein Stück dieses Stammes, vergrößert, 4) und 5) einzelne vom Stamme abgetrennte amboßartige Klimmhaken, noch mehr vergrößert. (Zu S. 146—149.)

gerichtete, steife Borsten und durch Widerhäkchen verstärkt, welche an den Kanten ausgebildet sind, wie das namentlich an dem windenden Knöterich und den Bohnenpflanzen der Fall ist. Verhältnismäßig groß sind diese rückwärts gerichteten Stacheln an der Windenart *Ipomoea muricata*. Eine merkwürdige Form von Stacheln zeigt auch der Hopfen. Wie aus obensehender Abbildung zu ersehen ist, haben sie bei dieser Pflanze die Gestalt eines Amboßes. Auf einer

zapfen- oder kegelförmigen Unterlage ist nämlich eine Zelle ausgebildet, welche sich stark in die Quere streckt und an beiden Enden spitz zuläuft. Ihre Wand ist verkieselt, sehr fest, und die Spitzen haben sich in weichere Gewebe wie Krallen ein. Diese Klimmhaken finden sich in regelmäßigen Reihen an den sechs Kanten, welche der windende Hopfenstamm zeigt, und erleichtern ungemein seine Befestigung an der unwundenen Stütze. Die tropischen Dilleniaceen *Delima hirsuta* und *Tetracera fagifolia* entwickeln zweierlei Sprosse: blattlose windende und beblätterte nichtwindende. Erstere sind mit Klimmhaken dicht besetzt, letztere ohne solchen Besatz.

An der unter dem Namen Wachsblume bekannten, in den Gewächshäusern häufig gezogenen *Hoya carnosa* sind die jungen windenden Stämme dicht mit rückwärts gerichteten Haaren bekleidet, welche wesentlich zum Festhalten an rauhen Unterlagen beitragen. Überdies



Abchnitte von tropischen, korkzieherförmig gewundenen Stämmen. Natürliche Größe. (Zu S. 145 und 150.)

entwickeln die Stämme dieser Pflanze, sobald sie zu winden aufgehört haben, auch noch lichtscheue Kletterwurzeln, welche sich an die Unterlage anschniegen, mit dieser verwachsen und dadurch dem Stamme, sobald er zu winden aufgehört hat, eine sichere Ruhelage verschaffen. Die Stämme dieser Wachsblume sowie der in Bd. I, S. 357 und 360, besprochenen Arten der Gattungen *Cuscuta* und *Cassytha* sind insofern Mittelformen zwischen den windenden und den mit Kletterwurzeln ausgerüsteten Pflanzen, die früher schon besprochen wurden.

Versagen alle Hilfsmittel zum Erfassen einer Stütze, so lagert schließlich der schraubenförmig gewundene und gedrehte Stamm auf dem Boden, bleibt aber dann im Wachstum zurück und bietet das Bild einer kümmerlichen, dahinsiechenden Pflanze. Gerade diese Tatsache ist insofern von Interesse, als aus ihr hervorgeht, daß der Druck, welchen der an den stützenden Pfahl angelegte windende Stamm erfährt, fördernd auf das Wachstum des ganzen Sproßes einwirkt. Dieser Druck könnte als Reiz aufgefaßt werden, gerade so wie der Druck, welcher die später zu besprechenden Ranken zu normalem Wachstum anregt, und man käme damit zu der Vermutung, daß auch die windenden Stämme reizbar sind, wiewohl die Reizbarkeit hier nicht so augenfällig hervortritt wie bei den rankenförmigen Bildungen.

In den gemäßigten Zonen hat die Mehrzahl der windenden Stämme nur eine kurze Lebensdauer. Der windende Knöterich ist einjährig; der Hopfen und die Winden sind zwar ausdauernd, aber die aus dem unterirdisch überwinterten Stock alljährlich neu hervortreibenden Stengel gehen im Herbst immer wieder zugrunde. Nur das Bitterfüß (*Solanum Dulcamara*) und mehrere Arten der Gattung Geißblatt (z. B. *Lonicera Caprifolium* und *Periclymenum*), die noch in verhältnismäßig rauhen Gegenden vorkommen, zeigen verholzende windende Stämme, welche von Jahr zu Jahr an Dicke zunehmen. In den tropischen Gegenden dagegen sind langlebige, verholzende windende Stämme in den Urwäldern verbreitet, und diese tropischen Formen werden auch gewöhnlich im engeren Sinne als Lianen bezeichnet. Begreiflicherweise rücken die Windungen eines um die dünne Stütze fest angelegten und nicht mehr verschiebbaren, aber doch in die Dicke wachsenden Stammes sehr dicht aneinander, und es entstehen dann jene seltsamen Lianen, welche das Erstaunen aller Besucher des tropischen Waldes erregen. Korzieherförmig um die dünnen Stämme anderer Lianen gewundene Stämme im Durchmesser von 4 cm sind keine Seltenheit, und mitunter sieht man solche Gebilde, von welchen kleine Abschnitte in der Abbildung S. 149 in natürlicher Größe dargestellt sind, mit Hunderten sehr gleichmäßiger Windungen viele Meter hoch wie dicke Schiffstau zu den Baumkronen aufragen.

Es gibt Pflanzen, deren Stengel für gewöhnlich nicht winden, die aber windend werden, sobald sie mit einer zufagenden Stütze in Berührung kommen. Wenn *Aconitum paniculatum* zwischen Buschwerk aufwächst und sich die Achse sowie die Verzweigungen des Blütenstandes an holzige feste Stämme anlegen, so krümmen sie sich an der Berührungsstelle, umgreifen die ihnen dargebotene Stütze und werden geradezu windend. An dem im offenen Land und auf Gartenbeeten aufgewachsenen *Aconitum paniculatum* findet dieses Krümmen und Winden nicht statt. Auch der Giftsumach (*Rhus Toxicodendron*), in Nordamerika heimisch, beginnt mit seinen Zweigen zu klettern, wenn er Stützen erfassen kann. Andererseits sieht man häufig Schlingpflanzen, deren Zweige schraubig winden, obwohl jede Berührung mit einer Stütze ausgeschlossen ist. So z. B. entwickelt der zu den Hamamelidaceen gehörende Strauch *Actinidia Kalomikta* in sehr auffallender Weise korzieherförmig gewundene, in die Luft hineinwachsende Zweige. Besonders schön kann man solche freie Windungen beobachten bei *Menispermum canadense*, *Dioscorea Batatas*, beim Hopfen, der Feuerbohne, bei *Aristolochia Siphon*, *Akebia quinata* und anderen Schlingpflanzen.

### Die Rankenpflanzen.

Die so bezeichneten Pflanzen klettern mit Hilfe eigentümlicher Organe, welche Ranken genannt werden, in jene Regionen, wo ihren grünen Blattflächen das nötige Sonnenlicht in genügendem Maße zukommt, und wo auch die Blüten und Früchte die günstigste Lage erhalten. Die Ranken, welche im Gegensatz zum windenden Stamm wie Greiforgane wirken, haben im jugendlichen Zustande die Gestalt von Fäden, sind bald dünn und zart, bald dick und steif, in dem einen Fall ungeteilt, in dem anderen gegabelt, immer aber reizbar gegen Druck und so eingerichtet, daß die von ihnen berührten Körper erfaßt, festgehalten und als Stütze benutzt werden können. Bevor sich die Ranke an eine Stütze anlegt, ist sie geradlinig, wächst in die Länge und hält dabei eine Richtung ein, welche gewöhnlich dahin führt, daß eine Stütze erfaßt wird. Auch die Ranke vollführt kreisende Bewegungen, die den Zweck haben, auf eine

feſte Stütze zu ſtoßen. Iſt dieſes Ziel erreicht, ſo wickelt ſich das Rankenende um die berührte Stütze, und nach einiger Zeit rollt ſich der hinter der Anheftungsſtelle liegende Rankenteil ſchraubenförmig zuſammen. Durch dieſe ſchraubenförmige Zuſammenziehung wird der Stamm, an welchem die Ranke ſißt, der Stütze genähert und erſcheint dann an dieſer wie durch eine federnde Spirale befeſtigt. Der Stamm ſelbſt iſt faſt immer paſſiv, und nur bei ſehr wenigen Pflanzen vollführt er im jugendlichen Zuſtande Bewegungen, wie ſie das freie ſchwingende Ende des windenden Stammes auszuführen pflegt.

Die Ranken entſpringen an ihrem Stamm immer in der Mehrzahl. Gewöhnlich kommt auf jedes obere Stengelglied je eine Ranke, bisweilen auch deren zwei, und abgesehen von dem unterſten Teil, welchem die Ranken ganz zu fehlen pflegen, iſt der Stamm der ganzen Länge nach ſehr regelmäßig mit denſelben beſetzt. Das hat den Vorteil, daß für den Fall, daß die eine Ranke fehlſchlagen oder keine Stütze finden ſollte, immer eine benachbarte für ſie einſpringen kann. Überhaupt ſind die Gewächſe mit Ranken im Vergleich zu allen anderen Formen von Kletterpflanzen im entſchiedenen Vorteil, und es erklärt ſich daraus, daß ſie auch der Zahl nach die anderen bedeutend überwiegen. Den Pflanzen mit windenden Stämmen ſind ſie inſbeſondere dadurch überlegen, daß ſie auch über zerklüftete Seitenwände von Felſen und über alte mächtige Baumſtrünke emporkommen können, indem die Enden mancher Ranken ſich mit eigentümlichen Scheiben an die glatteſten Felſen anheften oder mit feinen Spitzen ſelbſt unbedeutende vorſpringende Stücke der Borke und horizontal abſtehende Stummel abgebrochener alter Äſte erfaffen und feſthalten, was den Schlingpflanzen unmöglich iſt. Die Ranken umwinden mit Vorliebe horizontale Äſtchen und Blattſtiele und häufig auch rankentragende ältere Stämme, welche früher einmal in die Krone eines Baumes emporgeklimmen ſind. Oben in dem Geäſt der Baumkrone angekommen, können ſie von einem Zweige zum anderen übergehen, nach oben und unten ſich feſtknüpfen und ſo allmählich die ganze Krone überſpinnen. Die Teile, welche über die Krone hinauswachsen, hängen im Bogen herab und werden durch den leiſeſten Luſthauch ins Schwanken gebracht. Von den Stengelgliedern dieſer ſchwankenden Stammteile ſind aber ſchon wieder neue Ranken wie die Fangarme eines Polypenſtockes ausgeſtreckt, und wenn nur ein einziger dieſer zahlreichen Fangarme den Stiel eines Laubblattes oder ſelbſt nur den Zipfel einer Blattſpreite auf einem benachbarten Baum erreicht, im Nu hat er denſelben erfaßt, krümmt ſich bald im Bogen um ihn herum und bildet eine feſt anliegende Schlinge, aus welcher der erfaßte Teil nicht mehr ſo leicht zu entwiſchen imſtande iſt. Es dauert nicht lange, ſo hat auch eine zweite, dritte, vierte Ranke die äußerſten Laubblätter und Zweiglein eines benachbarten Baumes ergriffen. Alle dieſe Ranken ziehen ſich dann ſpiralig zuſammen und ziehen dadurch den ganzen rankenden Stammteil, der früher im Winde hin und her ſchwankte, zur benachbarten Baumkrone hinüber. Die Brücke, die auf dieſe Weiſe hergeſtellt iſt, wird wieder von anderen klimmenden Stämmen zum Übergange benutzt. Es entſtehen dann Girlanden und Feſtons, welche die benachbarten Bäume verbinden, oder auch grüne Torbogen und nicht ſelten förmliche Lauben, deren aus rankenden Stämmen gebildetes Dach von zwei benachbarten Bäumen wie von zwei rieſigen Pfeilern getragen wird. Ein Vorteil, welchen die Rankenpflanzen im Vergleich zu den Schlingpflanzen voraus haben, beſteht auch darin, daß ſie eine beſtimmte Höhe mit Aufwand viel geringerer Mittel erklettern können. Der windende Stamm der Feuerbohne, welcher die Höhe von 1 m über den Boden erklimmen hat, zeigt, ausgezogen, die Länge von 1½ m. Der kletternde, nicht gewundene, nahezu gerade Stamm der Erbſe, welcher ſich mit ſeinen Ranken zu derſelben

Höhe emporgezogen hat, ist dagegen wenig länger als 1 m. Allerdings wird auch zur Ausbildung der Ranken Baumaterial verbraucht; aber dasselbe steht doch in gar keinem Verhältnis zu jenem, welches ein Stammstück von  $\frac{1}{2}$  m beansprucht.

Was ist die Ranke? Ein Blatt, ein Stengel, eine Wurzel? Sie kann das eine oder andere sein, wie es eben für die betreffende Art von Vorteil ist. Sogar aus jedem der ver-

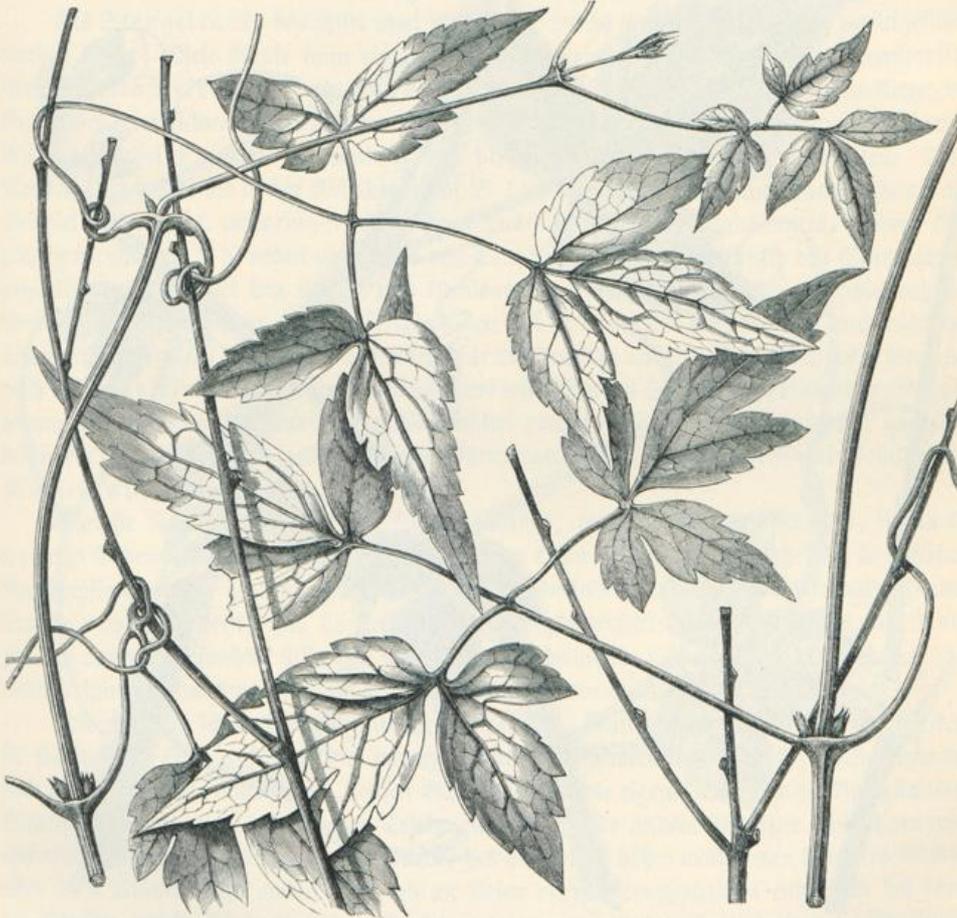


Nebenblattranken der rauhen Stechwinde (*Smilax aspera*).

schiedenen Abschnitte eines Blattes für sich allein kann sich durch Metamorphose eine Ranke bilden, und die Blattspitze, die Mittelrippe, der Blattstiel, selbst die Nebenblätter können zu Ranken werden. Vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkt und mit Rücksicht auf den Ursprung und die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Pflanzenglieder hat man die so ungemein mannigfaltigen Rankenbildungen übersichtlich in folgende Gruppen zusammengestellt. Zunächst die Nebenblattranke, für welche insbesondere die Arten der Gattung Stechwinde (*Smilax*) ein vortreffliches Beispiel geben. Wie an der im Gebiete der Mittelmeerflora so häufigen *Smilax aspera* (s. obenstehende Abbildung) zu ersehen, sind die Blätter dieser Pflanze

in Spreite, Blattstiel, Scheide und Nebenblätter gegliedert, und die vom Scheidenteil ausgehenden beiden Nebenblätter sind in ziemlich lange, das Geäst anderer Pflanzen und selbst die eigenen Zweige umschlingende Ranken umgewandelt.

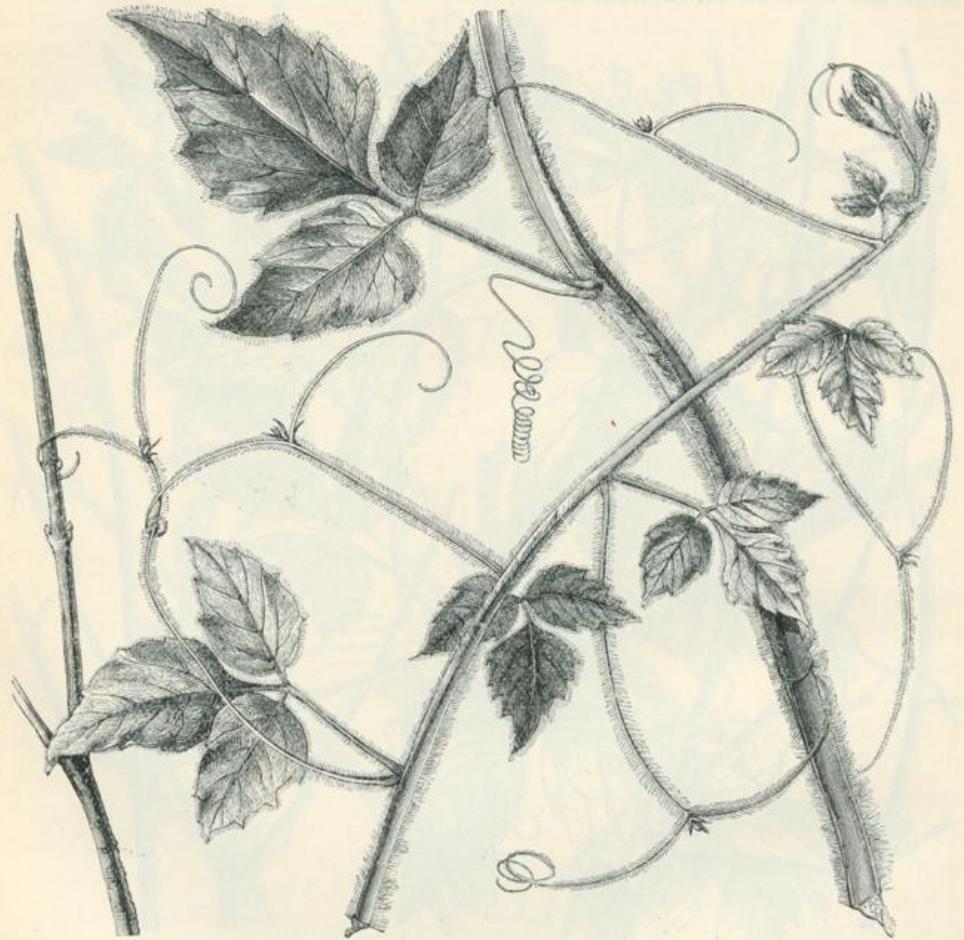
Häufiger als diese im ganzen seltene Form ist die Blattstielranke, die selbst wieder zahlreiche Modifikationen zeigt, je nachdem nur der Stiel eines ungeteilten oder dreizähligen Blattes oder die Stiele der einzelnen Blattabschnitte die Rolle von Ranken übernehmen. Das



Blattstielranken der Alpenrebe (*Atragene alpina*).

erftere sieht man sehr schön bei den zahlreichen Arten der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum*), bei dem rankenden Löwenmaul (*Antirrhinum cirrhosum*) und den mehrere Meter langen, mit dreizähligen Blättern besetzten Stämmen der zu den Kufurbitazeen gehörenden *Zanonia sarcophylla*, das letztere bei vielen Arten der Gattung Erdrauch (*Fumaria*), den rankenden Waldreben (*Clematis*) und der einzigen Liane unserer Alpen, der Alpenrebe (*Atragene alpina*), von welcher obenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist. Auch bei den Kannenpflanzen (*Nepenthes*) ist ein Teil des Blattstiemes in eine Ranke umgewandelt, und durch diese werden die Kannen an dem Gezweige der stützenden Pflanze aufgehängt (vgl. Bd. I,

§. 317). Wenn die Mittelrippe eines Laubblattes sich über das grüne Gewebe der Spreite noch weit hinaus als Faden fortsetzt, welcher feste Stützen ergreifen und umschlingen kann, so wird dieses Gebilde Blattrippenranke genannt. Hierher gehören die seltsamen südamerikanischen Mutisien (*Mutisia ilicifolia*, *hastata*, *subspinosa*, *decurrens*), die in Indien heimischen *Flagellaria indica* und *Gloriosa superba* und mehrere, an steife Halme und Blätter



Kranken der *Serjania gramatophora*. (Zu S. 155.)

benachbarter Gräser sich anheftende Kaiserkrone (*Fritillaria cirrhosa*, *verticillata* und *ruthenica*). Auch die Blattranke wird als Mittelrippe einer Blattspreite oder eines Teilblättchens gedeutet; doch ist hier von dem grünen Gewebe der betreffenden Spreite gar nichts entwickelt. Man sieht nur die Mittelrippen, und zwar als Fäden, welche, sobald sie einen Stab berühren, sich sofort krümmen und befestigen. Diese Form der Ranke ist die häufigste von allen und findet sich namentlich bei den Schmetterlingsblütlern sehr mannigfaltig. Bisweilen ist die ganze Blattspreite in eine einzige Ranke metamorphosiert, wie bei der Linseplatterbse (*Lathyrus Aphaca*). Gewöhnlich sind aber nur an Stelle des Endblättchens und

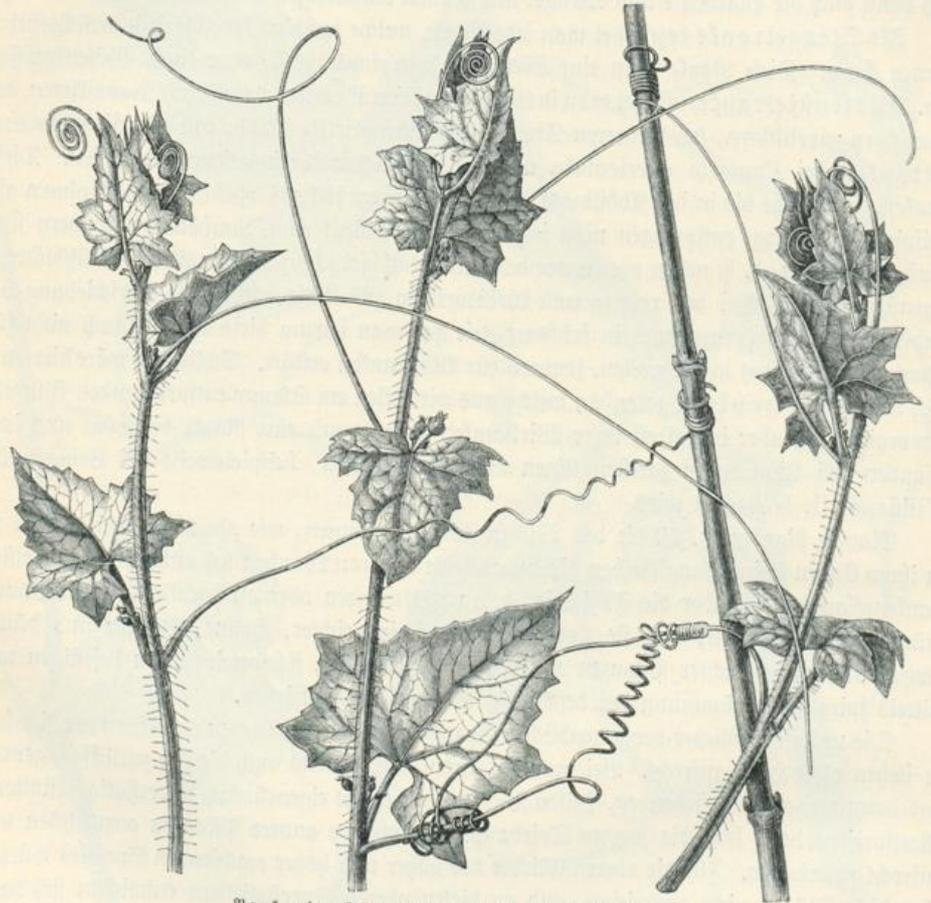
der vorderen Teilblättchen der gefiederten Blätter Ranken entstanden; so bei den Wickeln, Erbsen und Linjen (*Vicia*, *Pisum*, *Ervum*). Es verdient hier erwähnt zu werden, daß in dem Maße, als das grüne Gewebe der Blattspreite infolge der Rankenbildung reduziert erscheint, seine Ausdehnung an den untersten Teilblättchen, Blattstielen und Nebenblättern zunimmt, mit anderen Worten, daß dort, wo an Stelle der vorderen Teilblättchen Ranken auftreten, das unterste Paar von Teilblättchen und die Nebenblätter breite grüne Flächen bilden. Bisweilen sind dann auch die Blattstiele und Stengel mit grünen blattartigen Leisten und Flügeln besetzt.

Als Stengelranke bezeichnet man jede Ranke, welche auf ein Sproßgebilde zurückgeführt werden kann. Diese Ranke kann eine Metamorphose eines Laub- oder eines Blüten sproßes sein. Blütenstielranken findet man insbesondere beim Weinstock und den *Cissus*-Arten, bei *Passiflora cirrhiflora*, bei mehreren Arten der Gattungen *Paullinia* und *Cardiospermum*, Astringen bei *Fumaria claviculata* und bei zahlreichen kürbisartigen Gewächsen. Diese Ranken, für welche die in der Abbildung auf S. 154 dargestellte *Serjania gramatophora* als Beispiel gelten mag, entspringen nicht immer aus der Achsel eines Laubblattes, sondern sind häufig verschoben, d. h. neben oder unter das Stützblatt gerückt, ja mitunter den Stützblättern gegenübergestellt. Bei den reben- und kürbisartigen Gewächsen tritt diese Verschiebung besonders auffallend hervor, und in früherer Zeit hat man darum diese Ranken auch nicht für Stammranken gelten lassen wollen, sondern für Blattranken erklärt. Schließlich wäre hier auch noch der Wurzelranke zu gedenken, welche aus wirklichen am Stamm entspringenden Wurzeln hervorgeht, sich aber in betreff ihrer Wirksamkeit ganz so wie eine Ranke benimmt und insbesondere bei klimmenden zartstengelligen Bärlappgewächsen, beispielsweise bei *Selaginella Willdenowii*, beobachtet wird.

Manche Ranken, z. B. die des Wilden Weines, können, wie oben erwähnt, indem sie an ihren Enden kleine Saugscheiben bilden, auch an ebenen Wänden sich anheften; den meisten Rankenpflanzen geht aber die Fähigkeit ab, an Felswänden oder an der Borke dicker Baumstrünke emporzuklettern, und sie sind nur darauf eingerichtet, Halme, Blätter und dünne Zweige anderer aufrechter Pflanzen als Stützen zu benutzen, sich an ihnen zu befestigen und mittels spiraliger Krümmung der befestigten Ranken emporzuziehen.

Die untersten Glieder der jugendlichen Sprosse von Rankenpflanzen entbehren der Ranken, sie stehen ohne Hilfe aufrecht. Bei manchen Arten tragen wohl auch die sich zurückschlagenden und dann wagerecht abstehenden, steifen Blattstiele oder die eigentümlich widerhaftig gestalteten Blattspreiten dazu bei, die jungen Triebe an angrenzende andere Pflanzen anzulehnen und aufrecht zu erhalten. Für die oberen Glieder des höher und höher wachsenden Sproßes würden aber diese Stützen nicht ausreichen, und an diesen oberen Sproßgliedern entwickeln sich dann die Ranken, welche sich in die Länge strecken und ihr wunderliches Spiel beginnen. Die Fäden dieser Ranken, welche am Gipfel des wachsenden Sproßes anfangs zwischen den zusammengedrängten jungen Laubblättern versteckt und häufig spiralig eingerollt sind, verlängern sich ganz außerordentlich rasch, rollen sich auf, strecken sich gerade und ragen dann über die Laubblätter wie Fangarme weit hinaus. Nur das äußerste Ende derselben zeigt eine bald stärkere, bald schwächere hakenförmige Krümmung (s. Abbildung, S. 156). Haben sie ihre volle Länge erreicht, so beginnen sie im Kreise herumzuschwingen, ganz ähnlich wie die Sproßgipfel windender Stämme. Treffen sie dann bei dieser Bewegung auf einen zur Stütze geeigneten Gegenstand, so wird derselbe von dem hakenförmig gekrümmten Ende erfaßt und umschlungen. Die Berührung mit dem fremden Körper wirkt jetzt als Reiz auf die Ranke; sie legt sich dem

berührten Körper als Schlinge an, rollt sich dann spiralförmig zusammen und zieht dadurch den Stamm, welcher die Ranke ausgesendet hat, schräg empor. Nun kommt die nächste Ranke an die Reihe, d. h. jene, welche um ein Stengelglied weiter aufwärts von dem wachsenden Gipfel des rankenden Stammes ausgesendet wird. Sie verhält sich genau so wie die eben beschriebene erste und wird in kurzer Zeit von einer dritten, vierten u. s. f. abgelöst. Sollte eine dieser Ranken bei ihrem Herumschwingen keine Stütze gefunden haben, so verslägt das



Ranken der Zaunrübe (*Bryonia*). Zu S. 155 und 156.

nicht viel, die aufeinanderfolgenden Ranken sind so nahe gestellt und ersezen sich so rasch, daß der Sproß doch ganz gleichmäßig in die Höhe gezogen und vor dem Umfallen gesichert wird. Wenn ganze Reihen von Ranken keine Anhaltspunkte finden, dann sinkt der Sproß allerdings, im Bogen sich krümmend, herab, was zur Folge haben kann, daß dabei eine der noch immer schwingenden Ranken einen fernerstehenden Zweig streift, an diesem sich festhält und ihn als Stütze benutzt. Ist auch das nicht der Fall, so krümmt sich das Ende des im Bogen herabhängenden Sprosses wieder empor, streckt neuerdings Ranken über seinen Scheitel aus, und so gelingt es vielleicht doch noch, irgendein in der Nähe vorragendes Zweiglein zu erfassen, über das wieder in die Höhe geklommen werden kann. Die Wege, welche ein solcher

rankender Stamm einschlägt, sind darum oft seltsam auf- und abwärts gechlungen, immer aber folgt der Stamm der Peripherie der benutzten Stütze, und niemals wird auch das innere Geäste dieser Stützen durchflochten. Pflanzen, deren rankende Stämme sich stark verzweigen, können die von ihnen überwachsenen Stützen wie mit einem Teppich einhüllen, und wenn die klimmende Pflanze große Laubblätter trägt, so wird dieser Teppich mitunter so dicht, daß man erst bei eingehenderer Untersuchung erkennt, welche Pflanze das Unglück hatte, als Stütze für die klimmenden Stämme herhalten zu müssen.

Die Darstellung des Wachstums, wie sie im obigen gegeben wurde, bringt nur jene Erscheinungen zur Geltung, welche bei allen mit Ranken ausgerüsteten Stämmen beobachtet werden; im einzelnen finden sich noch unzählige besondere Einrichtungen, deren erschöpfende Schilderung in dem engen Rahmen dieses Buches unmöglich wäre, und es können daher nur einige der auffallendsten Tatsachen besprochen werden.

Zunächst ist hervorzuheben, daß sich in manchen Fällen, so namentlich bei den tropischen Passifloraen, nicht nur die vorgestreckten jungen Ranken, sondern auch die Sproßgipfel, von welchen die Ranken ausgehen, im Kreise herumbewegen, wodurch der von den Ranken durchfahrene Raum erweitert und die Wahrscheinlichkeit, auf eine Stütze zu treffen, vergrößert wird. Sind die Ranken gabelig geteilt, so macht jeder Gabelast für sich seine besonderen Bewegungen, wie das z. B. bei den Ranken des Weinstockes zu sehen ist. Die Zahl der Umläufe, die eine Ranke oder ein Rankenast macht, ist je nach den Arten sehr verschieden. *Cobaea scandens* bedarf zu einem Umlaufe nicht mehr als 25 Minuten, *Passiflora sicyoides* 30—46 Minuten, *Vitis vinifera* 67 Minuten. Auch die Schnelligkeit, mit welcher sich die Ranken infolge des von fremden Körpern ausgeübten, als Reiz wirkenden Druckes krümmen, ist je nach den Arten sehr verschieden. Bei *Cyclanthera pedata* beginnt die Krümmung infolge von Berührung mit einem festen Stabe schon nach 20 Sekunden, bei Passifloraen (z. B. *Passiflora gracilis* und *P. sicyoides*) nach etwas mehr als einer halben Minute, bei *Cissus discolor* nach 4—5 Minuten. Entfernt man den berührenden Stab, so streckt sich das gekrümmte Stück allmählich wieder gerade. Läßt man ihn dauernd in Berührung, so schreitet die Krümmung gleichmäßig fort; bei *Cyclanthera pedata* ist in 4 Minuten bereits die erste vollständige Schlinge um den Stab gelegt, bei anderen dauert es dagegen mehrere Stunden, ja selbst 1—2 Tage. Gewöhnlich begnügt sich die Ranke nicht mit dem Anlegen einer einzigen Schlinge, sondern bildet deren mehrere. Die Schlingen sind dem erfaßten Stabe sehr fest angepreßt und schmiegen sich, fortwachsend, allen Erhabenheiten und Vertiefungen desselben wie eine plastische Masse an, das Gewebe dringt sogar in kleine Ritzen und Spalten ein, und wenn man die Ranke von ihrer Unterlage ablöst, so sieht man an der Berührungsstelle einen förmlichen Abdruck aller Unebenheiten der Stütze. Bei manchen Arten, so namentlich bei *Bauhinia brachycarpa*, *Hamburya mexicana*, *Uncaria ovalifolia* und mehreren Arten der Gattung *Paulinia*, entstehen an der Berührungsstelle auch eigentümliche kallöse Wucherungen. Die Enden der Ranken sind manchmal hakenförmig gekrümmt, wodurch das Erfassen des beim kreisenden Schwingen berührten Gegenstandes wesentlich erleichtert wird. Bei manchen Arten endigen die Ranken mit förmlichen Klauen. Besonders zierlich nehmen sich die Ranken der in Mexiko heimischen, in unseren Gärten als Zierpflanze häufig gezogenen *Cobaea scandens* aus. Dieselben sind in drei größere Äste geteilt, jeder Ast gabelt sich dreimal und endigt mit acht kurzen, haardünnen, spreizenden Ästchen, und jedes dieser Ästchen trägt eine Doppelklaue, deren Spitzen sich bei leisester Berührung sofort einhaken und sogar an der Haut der menschlichen Hand hängen bleiben.

Die meisten Ranken sind geteilt. Ungeteilte einfache Fäden, wie sie die auf S. 156 abgebildete Bryonia zeigt, sind verhältnismäßig selten. Die längsten Ranken haben die Passifloren und die Kürbisartigen Pflanzen. Jene des gewöhnlichen Kürbis (*Cucurbita Pepo*) messen manchmal über 30 cm. Die spiralförmige Kollung der zwischen der Stütze befindlichen Rankenstrecke beginnt je nach den verschiedenen Arten einen halben oder einen oder zwei Tage, nachdem die Rankenspitze die erste Schlinge um die Stütze gelegt hat, vollzieht sich aber, nachdem sie einmal begonnen hat, ziemlich rasch. Die Drehung richtet sich an ein und demselben Rankenaste teils nach rechts, teils nach links, und daher entsteht in der Mitte eine sogenannte „Wendung“. An den Ranken der Kürbisse kann man sogar die Richtung der Drehung drei- bis viermal wechseln sehen. Die Zahl der Umläufe ist äußerst ungleich, die langen Kürbisranken machen gewöhnlich 30—40 Schraubenumgänge. Der rankentragende Stamm ist durch die schraubigen, elastisch federnden Gebilde in vorteilhaftester Weise an seiner Stütze befestigt. Er wird nämlich an der Stütze zwar festgehalten, aber nicht angepreßt, und es ist dadurch jede Reibung mit derselben vermieden. Bei heftigem Winde wird der rankende Stamm von der Stütze zwar weggedrängt, aber beim Nachlassen des Windes wird er durch die federnde Ranke wieder in seine frühere Stellung gebracht. Die schraubige Einrollung findet aber auch an Ranken statt, welchen es nicht gelungen ist, eine Stütze zu erfassen; merkwürdigerweise verkümmern solche Ranken, schrumpfen zusammen, sinken herab, verwelken und lösen sich mitunter wie welke Herbstblätter vom Stamme ab, während Ranken, die eine Stütze erfaßt haben, viel stärker und dicker werden und auch in ihrem inneren Bau eine Reihe von Veränderungen erfahren, welche sie für ihre Aufgaben besonders gut geeignet machen.

Die Stämme mit lichtscheuen (negativ heliotropischen) Ranken erinnern an die lichtscheuen flechtenden und gitterbildenden Stämme. Wie diese gehören sie Pflanzen an, welche über steile Wände felsiger Abhänge und über die Borke umfangreicher Bäume hinaufklettern sollen. An solchen Standorten würde der Stamm nach der einen Seite hin seine Ranken vergeblich ausstrecken; denn dort ist nur Luft, welche keinen Anhaltspunkt bietet. Hier würde auch durch kreisendes Schwingen eine Stütze kaum erreicht werden können. Nur durch die Eigenschaft, sich vom Lichte abzuwenden, können die Ranken die stützende Wand erreichen. In weniger als 24 Stunden krümmen sie sich unter einem Winkel von 90—180° und wachsen ohne Umschweife, und ohne durch kreisendes Schwingen Arbeitskraft zu verschwenden, der Hinterwand zu, während die von demselben Stamm entspringenden Laubblätter, welche in Licht und Luft gebadet werden sollen, sich in entgegengesetzter Richtung vorstrecken und vor der Wand die günstigste Lage einzunehmen suchen. Auf dem eingeschlagenen Wege kommt die Ranke in kurzer Zeit mit der Wand in direkte Berührung, und es handelt sich nun darum, an derselben auch einen festen Halt zu gewinnen. Das geschieht nun entweder durch eigentümliche Haftscheiben oder durch Festhaften in den dunkeln Klüften und Rissen, welche die stützende Wand darbietet. Mehrere Ampelidazeen (*Ampelopsis*, *Cissus*, *Vitis*), Bignoniazeen (*Glaziovia*, *Haplolophium*, *Pithecoctenium*) und mehrere Kufurbitazeen entwickeln Haftscheiben. Nachdem die mit kleinen Knötchen endigenden Gabeläste der auf S. 159 in Fig. 2 abgebildeten, in Japan und China heimischen, bei den Gärtnern unter dem Namen *Cissus Veitchii* bekannten *Vitis inconstans* eine feste Wand berührt haben, spreizen sie auseinander, ganz ähnlich wie die Zehen eines Laubfrosches, und aus den kleinen Knötchen werden in kurzer Zeit scheibenförmige Gebilde, die sich mit der Unterlage durch eine aus den Zellen der Scheiben ausgeschiedene zähflüssige Masse verkitten. Dieser Kitt hält nun so fest, daß bei

einem Versuche, die Ranke wieder von der Unterlage zu trennen, viel eher der Faden der Ranke zerreißt, als ein Ablösen der Scheibe erfolgen würde. Bei *Vitis Royleana* und *Ampelopsis hederacea* sind anfänglich keine Knötchen an den Verzweigungen der Ranken zu sehen, sondern deren Enden sind hakenförmig gekrümmt und nur unbedeutend verdickt. Sobald diese auf die feste Wand kommen, spreizen die Zweiglein weit voneinander, legen sich seitlich an und ordnen sich in gewissen Abständen in passendster Weise. Innerhalb zweier Tage verdicken sich die gekrümmten Spitzen, färben sich hellrot, und wieder nach zwei Tagen sind die Scheiben fertig und die Ranke ist an der Wand befestigt. Das Anheften kann an ganz ebenen Wänden erfolgen, und selbst gehobeltes Holz, Glas, geschliffene Steine und glatt poliertes Eisen werden

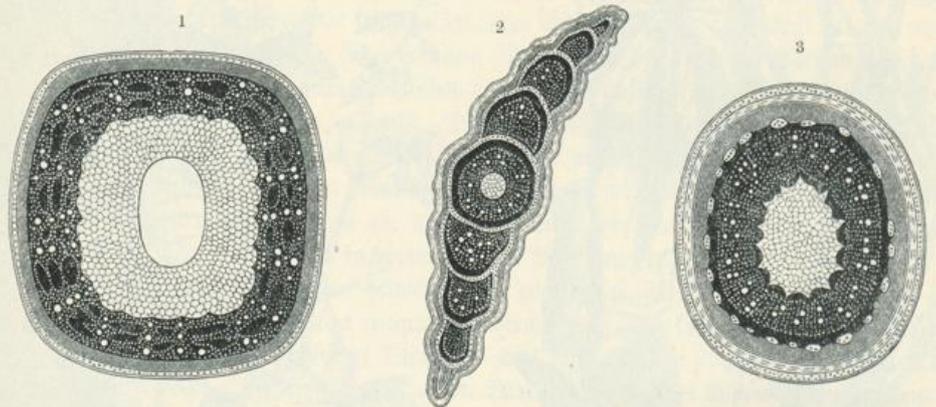


Lichtscheue Ranken: 1) *Vitis (Ampelopsis) inserta*; 2) *Vitis inconstans*.

als Unterlage nicht verschmäht. In den Tropen kommen häufiger Ranken mit Haftscheiben vor, so bei den südamerikanischen *Glaziovina*, *Haplolophium* und *Pithecoctenium*.

Abweichend von den drei genannten rankenden Pflanzen verhalten sich *Bignonia capreolata* und *Vitis (Ampelopsis) inserta*, von welcher die Ranken in der obenstehenden Abbildung, Fig. 1, dargestellt sind. Hier suchen die gekrümmten Spitzen der lichtscheuen, gegen die Wand wachsenden Ranken die Furchen, Ritzen, Spalten und Klüfte der Borke oder des geborstenen Gesteines auf und betten sich in dieselben ein. Sie meiden dagegen möglichst die glatte Oberfläche, welche dieser Form der Ranken keinen entsprechenden Halt geben würde. In den Ritzen und Furchen eingelagert, schwellen die bisher noch hakenförmig gebogenen Enden kolbenförmig an und verdicken sich in kurzer Zeit so stark, daß sie die ganze Furche oder Spalte ausfüllen. Es sieht aus, als hätte man in die Vertiefung flüssiges Wachs gegossen, das dann erstarrte und sich allen Unebenheiten der Spalte angelegt hat. Die Wucherung des Gewebes erstreckt sich je nach der Tiefe der Spalte und je nach dem Umfange der

Kontaktfläche über einen bald größeren, bald kleineren Teil des eingelagerten Rankenteiles, und mitunter sieht man auch noch hinter dem kolbenförmig angeschwollenen Ende, an Stellen, wo sich die Ranke einem kleinen Vorsprunge des Gesteines fest angeschmiegt hat, eine kallöse Verdickung entstehen. Das verdickte Ende der Ranke haftet so fest in der Vertiefung, in welche sie sich förmlich eingekleilt hat, daß es schwer hält, sie aus derselben herauszuziehen, und auch in diesem Falle scheint eine Kittmasse abgefordert zu werden, welche die Befestigung vervollständigt. Untersucht man die Stellen der Haftscheiben oder der kallösen eingekleiltten Verdickungen, welche der Unterlage fest anliegen, unter dem Mikroskop, so sieht man, daß insbesondere die Oberhaut eine merkwürdige Umänderung erfahren hat. Die Oberhautzellen sind vergrößert, warzenförmig oder zapfenförmig vorgestülpt, schmiegen sich allen Erhabenheiten und Vertiefungen der Unterlage an, fassen die kleinsten Vorsprünge zwischen sich, so daß die



Querschnitte durch Pflanzenstängel: 1) *Thunbergia laurifolia*; 2) *Rhyncosia phaseoloides*; 3) *Tocoma radicans*, 30fach vergrößert, schematisch; die einzelnen Gewebe sind in folgender Weise charakterisiert. Der Weichbast: ganz schwarz; das Holz: größere und kleinere weiße Punkte auf schwarzem Grunde; der Hartbast und andere mechanische Gewebe: schwarze Punkte auf weißem Grunde; das grüne Gewebe: schraffiert; Kork (Periderm): gestrichelt; Mark: gepunkt.

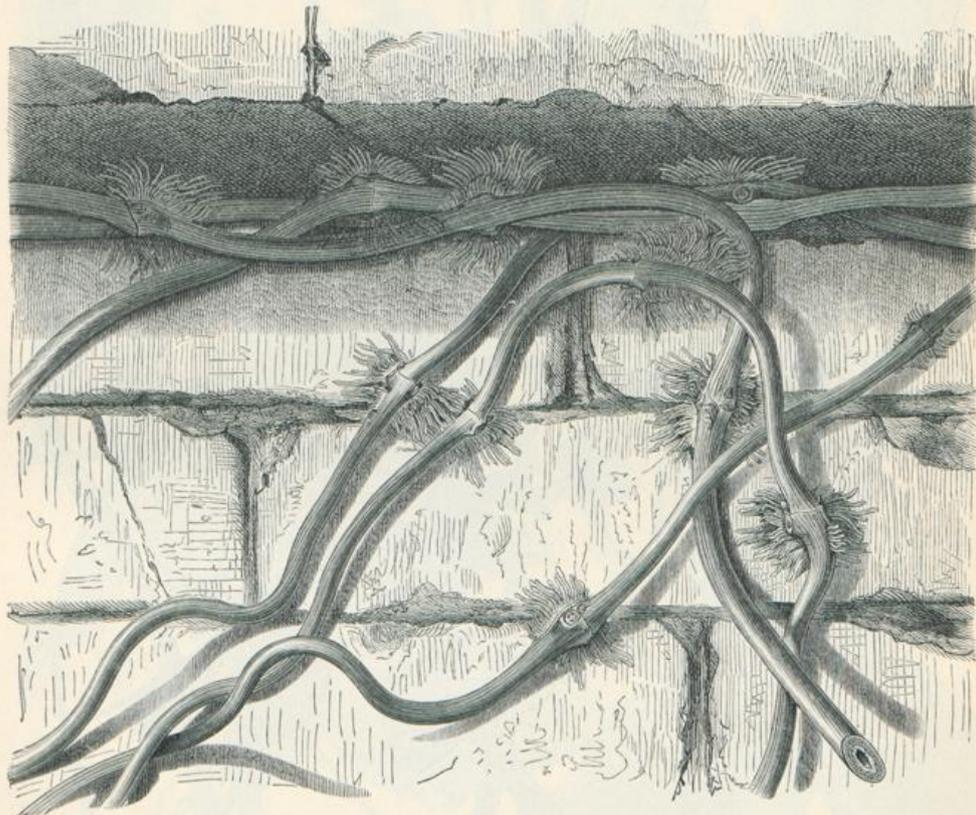
nach Zusatz chemischer Mittel abgelöste Berührungsfläche einem Siegellack gleicht, auf das man, solange es noch flüssig war, ein Petschaft gepreßt hatte. Merkwürdig ist, daß sich die Haftscheiben und kallösen Verdickungen nur dann ausbilden, wenn die Berührung mit einem festen Körper stattgefunden hat. Sobald die Ranke aus irgendeiner Ursache von der Berührung mit einer festen Unterlage abgehalten wird, findet die Wucherung des Gewebes, die Papillenbildung an der Oberhaut und die Ausscheidung einer Kittmasse nicht statt, sondern das Ende der Ranke vertrocknet und stirbt ab.

Sehr alte Stämme bedürfen der Haftorgane nicht mehr, sie stehen vor der Wand, an der sie als junge Reben vor Jahren emporgeklettert waren, als kräftige aufrechte Stämme, wenn auch ihre Ranken schon längst verdorrt sind. Nur die höher und höher strebenden jungen Triebe heften sich immer wieder in der oben dargestellten Weise an die Unterlage an.

Besonders in den Tropen haben die Rankenpflanzen sich in mannigfacher Form ihre Greiforgane ausgebildet, weil dort der Kampf ums Dasein doch ein viel intensiverer ist als in der Pflanzenwelt der gemäßigten Zone. So haben bei manchen die gewöhnlichen beblätterten Seitenzweige die Eigenschaft von Ranken. Die Zweige wickeln sich bei den Zweigklimmern nach allen Richtungen um Stützen herum, verholzen und werden dadurch zu so festen Klammern,

daß sie den schwachen Stamm aufrecht halten können. Andere ergreifen nicht mit ihren Ranken die Stützen, sondern die uhrfederförmig eingerollten Ranken fangen zwischen ihnen hinwachsende Stengel als Stützen gewissermaßen ein und umklammern sie fest.

Bemerkenswert sind auch die tropischen Hakenklimmer, welche krallenförmige Dornen erzeugen, die, wenn sie eine Stütze berühren, gleichwie Ranken eine starke Einkrümmung erfahren und durch Verholzung zu festen Haken werden, an denen die Kletterpflanze festhängt.



Entlaubte Zweige der *Tecoma radicans*, an einer Mauer angewurzelt. (Zu S. 50 und 58, 161 und 162.)

Bei manchen Lianen, z. B. bei *Rhynchosia phaseoloides* und *Tecoma radicans* (s. Abbildungen, S. 160—162), sind die jungen grünen windenden Stengel im Querschnitt kreisförmig und zeigen einen Bau, der sich von dem aufrechter Stämme wenig unterscheidet. Bei solchen Stämmen sind Holz und Rinde durch eine Gewebezone getrennt, in welcher eine sehr lebhaftere Neubildung von Zellen vor sich geht und die man Kambium genannt hat (s. Abbildung, Bd. I, S. 46). Aus diesem Kambium, welches im kreisförmigen Querschnitt eines Stammes als Ring erscheint, entwickeln sich einerseits Zellen, welche sich an den schon vorhandenen Holzteil, andererseits Zellen, welche sich an den schon vorhandenen Bastteil der Gefäßbündel von innen her anlegen. Dadurch nehmen beide Teile, es nimmt aber auch der ganze Stamm an Umfang zu. Die meisten älteren Lianen weichen von diesem Stammbau ganz auffallend ab. Auf dem Querschnitt einer solchen Liane erblickt man meistens mehrere durch

Parenchymmassen getrennte Holzkörper, so daß der Querschnitt mit dem eines Kabels verglichen werden kann. Diese selbständigen Holzkörper entstehen dadurch, daß, nach Ausbildung des ersten Holzkörpers, voneinander getrennte und geschlossene Kambiumringe im Stamm entstehen, deren jeder einen Holzkörper aufbaut (vgl. die beigeheftete Tafel „Querschnitte durch



*Rhynchosia phaseoloides*, eine Kiane mit bandförmigen Stengeln. (Zu S. 161–164.)

Lianenstämme“). In einfacher Weise ist das schon bei der virginischen Trompetenrebe (*Tecoma radicans*) der Fall, die zu den Bignoniaceen gehört. Hier entstehen an der inneren, dem Marke zugewendeten Seite des Holzringes mehrere Züge von Kambiumzellen, welche nach außen zu Holz, nach innen zu Weichbast bilden. Die blattlosen Zweige der *Tecoma radicans* sind mit Büscheln von Wurzeln an der Unterlage befestigt und haben einen elliptischen Querschnitt, von zwei Seiten etwas zusammengedrückt (s. Abbildung, S. 160, Fig. 3, und S. 161).

Ein größeres Streben nach bandartiger Verbreiterung des Stammes tritt bei sehr vielen Lianen ausgesprochen hervor, z. B. bei der auf S. 162 abgebildeten *Rhynchosia*. Hier entstehen an zwei Seiten neue Kambien, von welchen in der Richtung gegen den erstjährigen Gefäßbündelring die Bildung von Holz und an der gegenüberliegenden Seite die Bildung des Weichbastes mit angelagertem Hartbast ausgeht. Der Stengel ist nach Ablauf des zweiten



Wellung bandförmiger alter Lianenstämme (*Bauhinia anguina*) aus dem Tropenwalde Jubiens. (Zu S. 164.)

Jahres nicht mehr rund wie im ersten, er hat gleichsam zwei Flügel bekommen, zeigt jetzt einen elliptischen Querschnitt, und da sich diese Art der Neubildung von Jahr zu Jahr wiederholt und sich an die schon vorhandenen Flügel immer wieder neue Flügel anschließen, wird der Stengel allmählich bandförmig und zeigt einen Durchschnitt, wie er in der Abbildung auf S. 160, Fig. 2, zu sehen ist. Wenn auch der zur Stütze dienende Pfahlstamm, welchen die *Rhynchosia* umschlungen hat, mächtig in die Dike wächst, die Liane dadurch gespannt wird und einen seitlichen Druck erfährt, so kann doch der Saft im Weichbast ungehindert seine Wanderungen vollziehen. Ähnlich verhält es sich auch, wie Fig. 1 der Tafel bei S. 162 zeigt, bei

11\*

Menispermeen, etwas anders bei Sapindazeen, wo neben dem ersten Gefäßbündelkreis mehrere neue Bildungsherde entstehen, welche neue Gefäßbündelkreise aufbauen.

Die schraubige Drehung der bandförmigen Lianenstämme, welche auch an der auf S. 162 abgebildeten *Rhynchosia phaseoloides* ersichtlich gemacht ist, vermehrt die Zugfestigkeit, was in allen jenen Fällen von Wichtigkeit ist, wo an Umfang zunehmende Bäume oder Sträucher zur Stütze dienen und Zerrungen der ihnen anliegenden Lianen unvermeidlich sind.

Auch die Wellung der bandförmigen Lianenstämme in den tropischen Wäldern, wie sie bei vielen Bauhinien und bei den seltsamen unter dem Namen „Affenstiegen“ bekannten *Caulotretus*-Arten vorkommt, darf wohl als ein Schutz gegen Zerrung der saftleitenden Gewebe aufgefaßt werden. Wie an den Ausschnitten der Stämme einer *Bauhinia* in der Abbildung auf S. 163 ersehen werden kann, ist nur der mittlere Teil des bandförmigen Stammes stark gewellt, die beiden Ränder sind weit weniger hin und her gebogen, manchmal sogar gerade und bilden ein festen Rahmen für das stark gewellte Mittelfeld. Im Fall einer Längszerrung wird zunächst nur der Rahmen betroffen, die Gewebe im Mittelfeld können die Säfte unbeirrt von und zu den an den Breitseiten entspringenden Ästen hinleiten. In vielen Fällen erhalten die Stämme der holzigen Lianen rippen- und flügelartige Auswüchse, so daß der Querschnitt eine ganz merkwürdige Unregelmäßigkeit besitzt (s. die Tafel bei S. 162). Es ist zweifellos, daß diese anatomische Struktur eng mit der Aufgabe des Kletterns zusammenhängt. Bei den Zerrungen und Drehungen, welche die Lianen erleiden, würde ein gewöhnlicher Holzkörper zerbrechen, während die geteilten, fabelartigen Holzkörper nebeneinander hergleiten können und den Drehungen bis zu einem gewissen Grade folgen.

Noch zu mannigfachen anderen Aufgaben müssen die Sprosse verwendet und zu diesem Zwecke metamorphosiert werden. Eine Anzahl solcher Sproßmetamorphosen ist jedoch schon in Band I dieses Werkes so ausführlich besprochen worden, daß nur nochmals darauf hingewiesen zu werden braucht: das sind die als Wasserspeicher dienenden Stammjukkulenten (Bd. I, S. 243; vgl. nebenstehende Tafel), die der Assimilation dienenden rutenförmigen und flachen Sprosse (Bd. I, S. 246) und die Dornen, die zum Teil wenigstens aus Sprossen hervorgehen (Bd. I, S. 129). Etwas ausführlicher möge dagegen auf die unterirdischen Sproßformen eingegangen werden, die ebenfalls eine erhebliche Umbildung erfahren.

### Unterirdische (geophile) Sproßformen.

Man unterscheidet mehrere unterirdische Sproßformen: Rhizome, Knollen und Zwiebeln. Obwohl unterirdisch, zeigen sie doch eine Eigenschaft der Sprosse immer sehr deutlich, die Fähigkeit Blätter zu bilden. So lange diese Blattbildung unter dem Boden geschehen muß, sind diese Blätter freilich unvollkommen, und die beschreibende Botanik zählt sie zu den Niederblättern. Durch das Verhältnis der Sproßachse zu diesen Blättern sind die unterirdischen Sprosse schon erheblich voneinander unterschieden.

Unter Zwiebel (*bulbus*) versteht man einen unterirdischen, aufrechten Sproß, dessen sehr kurzer, aber dicker Stamm (Zwiebelkuchen) mit verhältnismäßig großen, dicht übereinander liegenden, sich deckenden, schuppenförmigen sogenannten Niederblättern besetzt ist. Die ruhende Zwiebel hat eine gewisse, rein äußerliche Ähnlichkeit mit einer Knospe, und ihre Form wird ganz vorzüglich durch die Gestalt ihrer Blätter bedingt. Diese sind in den meisten Fällen



Opuntien auf dem Plateau von Anahuak (Mexiko), mit fleischigen, als Wasserspeicher dienenden Stengelgliedern ohne Blätter.

Menispermeen, etwas anders bei Sapindazeen, wo neben dem ersten Gefäßbündelkreis mehrere neue Bildungsherde entstehen, welche neue Gefäßbündelkreise aufbauen.

Die schraubige Drehung der bandförmigen Lianenstämme, welche auch an der auf S. 162 abgebildeten *Rhynchosia phaseoloides* ersichtlich gemacht ist, vermehrt die Zugfestigkeit, was in allen jenen Fällen von Wichtigkeit ist, wo an Umfang zunehmende Bäume oder Sträucher zur Stütze dienen und Zerrungen der ihnen anliegenden Lianen unvermeidlich sind.

Auch die Wellung der bandförmigen Lianenstämme in den tropischen Wäldern, wie sie bei vielen Bauhinien und bei den seltsamen unter dem Namen „*Affenstiegen*“ bekannten *Caulotretus*-Arten vorkommt, darf wohl als ein Schutz gegen Zerrung der saftleitenden Gewebe aufgefaßt werden. Wie an den Ausschnitten der Stämme einer *Bauhinia* in der Abbildung auf S. 163 ersehen werden kann, ist nur der mittlere Teil des bandförmigen Stammes stark gewellt, die beiden Ränder sind weit weniger hin und her gebogen, manchmal sogar gerade und bilden ein festen Rahmen für das stark gewellte Mittelfeld. Im Fall einer Längszerrung wird zunächst nur der Rahmen betroffen, die Gewebe im Mittelfeld können die Säfte unbeirrt von und zu den an den Breitseiten entspringenden Ästen hinleiten. In vielen Fällen erhalten die Stämme der holzigen Lianen rippen- und flügelartige Auswüchse, so daß der Querschnitt eine ganz merkwürdige Unregelmäßigkeit besitzt (s. die Tafel bei S. 162). Es ist zweifellos, daß diese anatomische Struktur eng mit der Aufgabe des Kletterns zusammenhängt. Bei den Zerrungen und Drehungen, welche die Lianen erleiden, würde ein gewöhnlicher Holzkörper zerbrechen, während die geteilten, fahlförmigen Holzkörper nebeneinander hergleiten können und den Drehungen bis zu einem gewissen Grade folgen.

Noch zu mannigfachen anderen Aufgaben müssen die Sprosse verwendet und zu diesem Zwecke metamorphosiert werden. Eine Anzahl solcher Sproßmetamorphosen ist jedoch schon in Band I dieses Werkes so ausführlich besprochen worden, daß nur nochmals darauf hingewiesen zu werden braucht: das sind die als Wasserspeicher dienenden Stammsukkulente (Bd. I, S. 243; vgl. nebenstehende Tafel), die der Assimilation dienenden rutenförmigen und flachen Sprosse (Bd. I, S. 246) und die Dornen, die zum Teil wenigstens aus Sprossen hervorgehen (Bd. I, S. 129). Etwas ausführlicher möge dagegen auf die unterirdischen Sproßformen eingegangen werden, die ebenfalls eine erhebliche Umbildung erfahren.

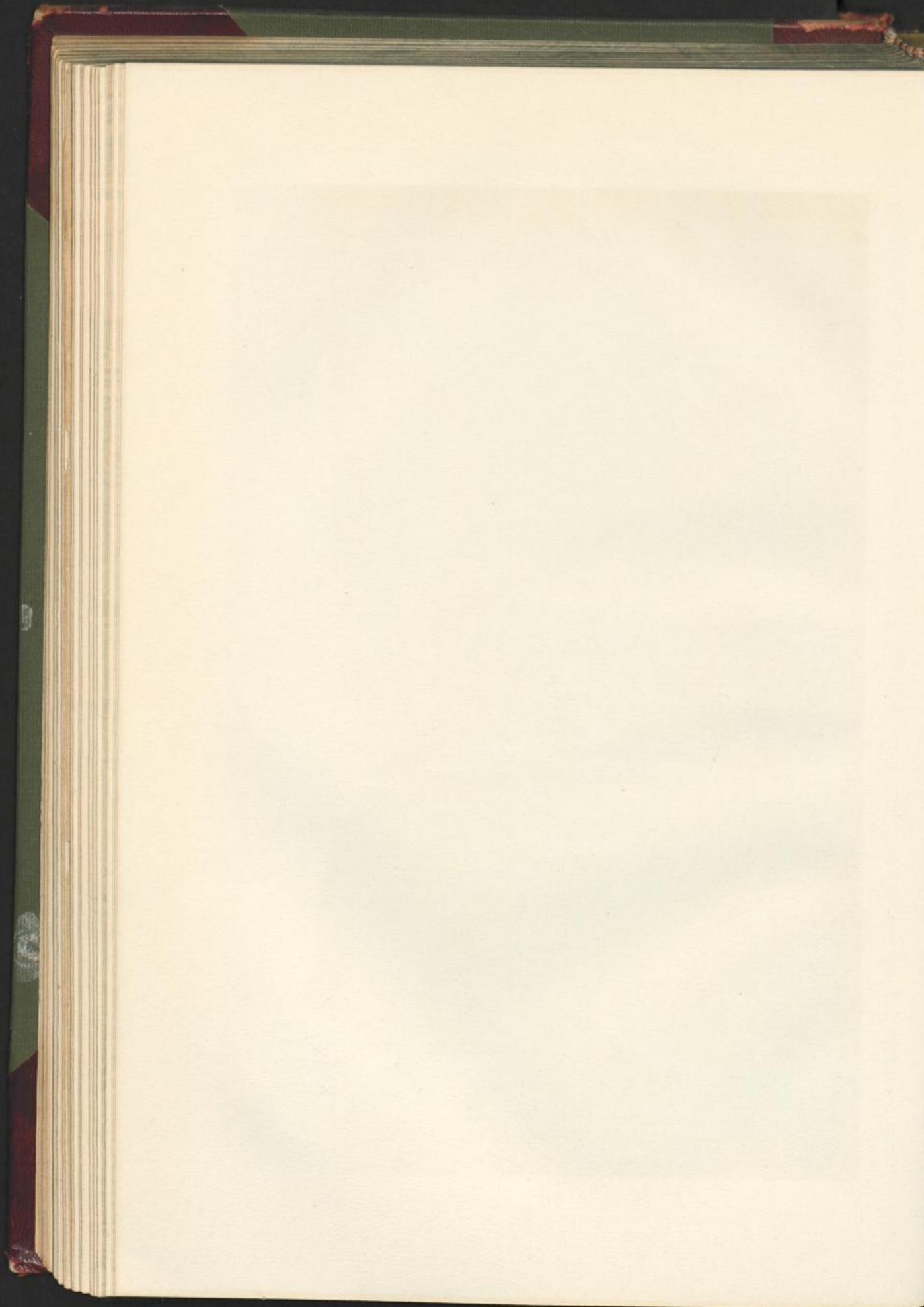
### Unterirdische (geophile) Sproßformen.

Man unterscheidet mehrere unterirdische Sproßformen: Rhizome, Knollen und Zwiebeln. Obwohl unterirdisch, zeigen sie doch eine Eigenschaft der Sprosse immer sehr deutlich, die Fähigkeit Blätter zu bilden. So lange diese Blattbildung unter dem Boden geschehen muß, sind diese Blätter freilich unvollkommen, und die beschreibende Botanik zählt sie zu den Niederblättern. Durch das Verhältnis der Sproßachse zu diesen Blättern sind die unterirdischen Sprosse schon erheblich voneinander unterschieden.

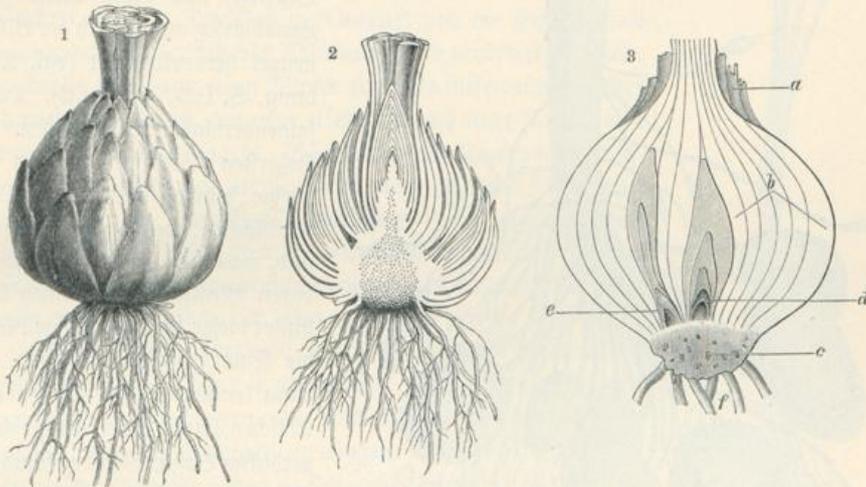
Unter Zwiebel (*bulbus*) versteht man einen unterirdischen, aufrechten Sproß, dessen sehr kurzer, aber dicker Stamm (Zwiebelsucken) mit verhältnismäßig großen, dicht übereinander liegenden, sich deckenden, schuppenförmigen sogenannten Niederblättern besetzt ist. Die ruhende Zwiebel hat eine gewisse, rein äußerliche Ähnlichkeit mit einer Knospe, und ihre Form wird ganz vorzüglich durch die Gestalt ihrer Blätter bedingt. Diese sind in den meisten Fällen



Opuntien auf dem Plateau von Finahuak (Mexiko), mit fleischigen, als Wasserreicher dienenden Stengelgliedern ohne Blätter.



breit, schalenförmig und so gruppiert, daß die inneren von den äußeren vollständig umfaßt werden, wie z. B. bei der unten abgebildeten Küchenzwiebel, oder sie sind länglich, eiförmig oder lanzettlich und liegen wie die Dachziegel aufeinander, wie bei den Lilien (*Lilium Martagon, candidum* usw.; Fig. 1 u. 2). Manchmal sind die benachbarten Zwiebelblätter auch miteinander verwachsen, wie z. B. bei der Kaiserkrone (*Fritillaria imperialis*). Die Schuppen der Zwiebel haben vorwiegend die Bedeutung von Speicherorganen. Der Sproß, dessen Basis sie bekleiden, bezieht, wenn er auszuwachsen beginnt, die nötigen Baustoffe so lange aus diesen Speicherorganen, bis seine über die Erde vorgeschobenen, ergrünenden Laubblätter imstande sind, im Sonnenlichte neue organische Stoffe zu erzeugen. Vor der Gefahr des Vertrocknens sind die Zwiebeln durch die umgebende Erde gesichert; vielfach vertrocknen auch die

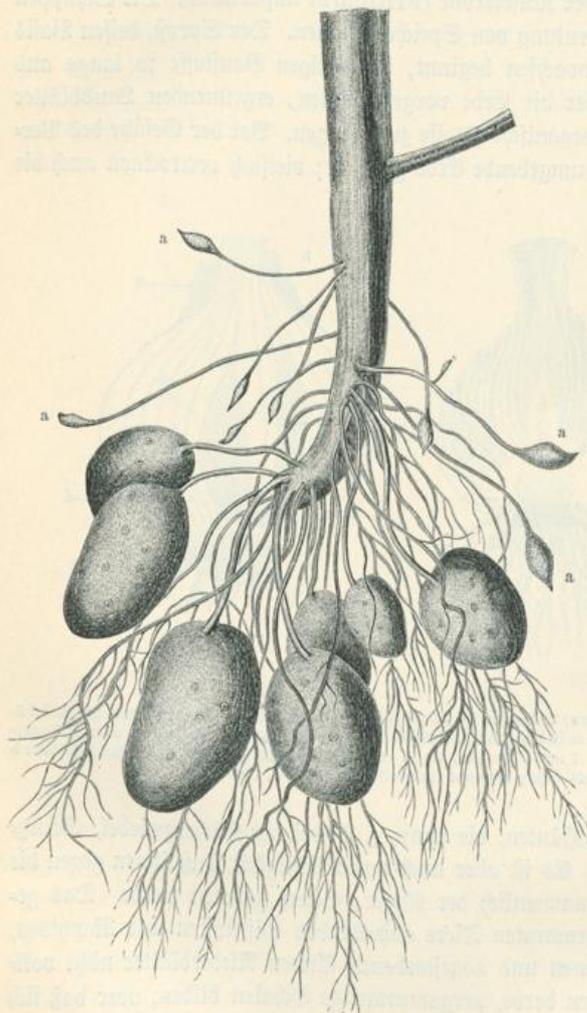


Zwiebeln: 1) Zwiebel der Lilie mit lockeren Blättern; 2) dieselbe im Durchschnitt, der kurze Stamm endet innerhalb der Zwiebel-  
schuppen und wächst später als oberirdischer Stengel aufwärts; 3) Durchschnitt der Küchenzwiebel (*Allium Cepa*), e kurze Sproß-  
achse (Zwiebelstachse), der die Wurzeln f entspringen, d und o Knospen, die in den Achseln der sich fest umhüllenden Zwiebelblätter b  
sitzen, a äußerste vertrocknete als Schutz dienende Zwiebelschale. (Zu S. 164—166.)

äußersten Zwiebelschuppen zu dünnen Häuten, die dann, z. B. bei der Küchenzwiebel, Schutzhüllen gegen das Austrocknen bilden. Es ist aber auch von Wichtigkeit, daß ihnen gegen die Angriffe unterirdisch lebender Tiere, namentlich der Mager, Schutz geboten werde. Das geschieht nun, abgesehen von den die genannten Tiere abhaltenden Giftstoffen und Raphiden, ebenfalls dadurch, daß die ausgezogenen und abgestorbenen älteren Niederblätter nicht vollständig verwesen und zerfallen, sondern derbe, pergamentartige Schalen bilden, oder daß sich ihre nezig und gitterförmig verbundenen Stränge zu förmlichen Gehäusen ausgestalten, von welchen die inzwischen entstandenen jungen Zwiebeln mit ihren prallen, an Reservestoffen reichen Schalen umgeben und geschützt werden, wie das besonders auffallend bei den Safranen, Schwerteln und Tulpen (*Crocus, Gladiolus, Tulipa*) zu sehen ist.

Bau und Form der Zwiebel ist bei den verschiedenen Zwiebelpflanzen etwas verschieden, ebenso die Zeit, während welcher sie besteht. Manchmal besteht die junge Zwiebel nicht aus vielen übereinander liegenden Schalenblättern, sondern sie wird durch Anschwellung eines einzigen grünen Blattes an seiner unterirdischen Basis gebildet. Das ist z. B. bei *Allium ursinum*, dem Bärenlauch, der Fall, wo diese einfache Zwiebel noch von borstigen

Gefäßbündelresten der vorjährigen Zwiebel umgeben ist. Das zwiebelartig verdickte Blatt ist das erste Blatt einer Achselknospe des Blütenstängels, und jedes Jahr entsteht wieder eine neue Zwiebel aus einer jungen Achselknospe. Aus der kurzen Zwiebelachse kommen neue Wurzeln hervor. Ähnlich verhalten sich manche Gagea-Arten. Bei Ornithogalum-Arten besteht die Zwiebel aus mehreren dicken Schuppen, die alle mit Ausnahme der äußersten nach oben sich zu Laubblättern umbilden.



Unteres Ende des Stengels einer Kartoffelpflanze mit Wurzeln und knollenbildenden Ausläufern. Bei a Beginn der Knollenbildung (aus Hansen, Metamorphose der Pflanzen). Zu S. 167.

Bei der weißen Lilie besteht die Zwiebel aus trennbaren, fleischigen Schalen, aus deren Mitte grüne Laubblätter und endlich der Blütenstengel hervorkommen (vgl. Abbildung, S. 165, Fig. 1 u. 2). Das ist folgendermaßen zu verstehen. Die äußersten Schuppen trugen das vorige Jahr die oberirdischen Laubblattflächen, welche nun abgefallen sind, was man an den deutlich sichtbaren Blattnarben erkennen kann; hinter diesen stehen fleischige Blätter, die keine Laubspalte bilden, und dann kommen die diesjährigen oberirdischen Laubblätter mit gleichfalls verdickter Basis. Von den sämtlichen Blättern der Zwiebel übernehmen also nur einige die Aufgabe der Assimilation, die anderen dienen ausschließlich als Speicherräume. Der Blütenstengel entsteht aus der Achsel des letzten Laubblattes, und eine Achselknospe wird für das nächste Jahr zur Erzeugung der oberirdischen Organe aufbewahrt. Bei *Lilium bulbiferum* und *Martagon* erzeugt keine der Zwiebelchalen eine grüne Spreite, die Laubblätter entstehen hier am oberirdischen Stengel.

Bei der Küchenzwiebel (*Allium Cepa*, s. Abbildung, S. 165, Fig. 3), der Tulpe (*Tulipa*), *Fritillaria*, *Hyacinthus*, *Scilla*, *Muscari* und vielen anderen Zwiebelpflanzen sind die Zwiebeln nicht locker gebaut, sondern fest, weil die Zwiebelchuppen sich ganz umhüllen.

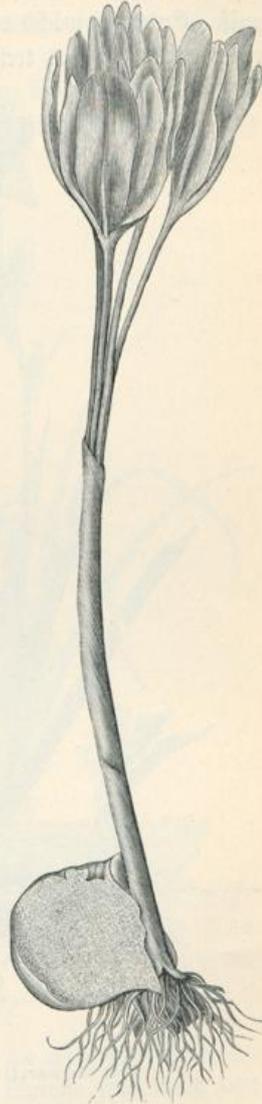
Wie oberirdische Sprosse sind die Zwiebeln einjährig oder mehrjährig. Bei den einjährigen geht der Blütenstand aus dem Endvegetationspunkt hervor, die Zwiebel wird ausgesogen und eine neue Zwiebel als Achselproß erzeugt, die als Überwinterungsorgan dient, und so jedes

folgende Jahr. Bei den ausdauernden Zwiebeln bilden sich jährlich grüne Blätter und neue Zwiebeln aus dem Vegetationspunkt, der Blüten sproß ist dagegen ein Achsel sproß, so daß die Zwiebel nach der Blüteperiode der Pflanze nicht abstirbt.

Oft von ähnlicher Umrißform wie die Zwiebeln sind unterirdische Stämme, die man Knollen nennt. Während aber bei der Zwiebel die Achse gar nicht, die Blätter (Zwiebeln schuppen) stark entwickelt sind, bildet bei den Knollen die fleischige Achse den eigentlichen Körper. Die Blätter sind verkümmert und höchstens als Schuppen oder dünne Häute ausgebildet. So bildet hier das Grundparenchym der Achse den Speicherraum, in welchem während der Winterruhe Stärke und andere Nährstoffe aufgespeichert werden. Der Safran (*Crocus*) und die Herbstzeitlose (*Colchicum*, s. nebenstehende Abbildung) sind derartige Beispiele. Die Knolle dient nur einen Winter über als Reservestoffbehälter und wird dann durch eine neue ersetzt, die aus einer Achselknospe der alten Knolle hervorgeht. Bei *Gladiolus*, *Ranunculus bulbosus* u. a. besteht der Knollenkörper aus mehreren sehr kurzen Internodien, die neue Knolle entspringt einem oberen Internodium und steht daher über der alten, zugrunde gehenden. Bei *Colchicum* ist die Knolle nur ein einziges Internodium, und die neue Knolle entspringt neben der alten aus einer tieferen Blattachsel.

Die Knollen der Kartoffel (s. Abbildung, S. 166) und des Topinamburs sind keine unterirdischen Haupt sprosse, sondern angeschwollene Endknospen von Ausläufern, also von Seitensprossen, die in den Erdboden eindringen. Meistens sind Knollen unterirdisch. Seltener bilden sie sich auch oberirdisch in den Achseln von Laubblättern aus, wie z. B. beim Scharbockskraut (*Ficaria ranunculoides*), wo jene merkwürdigen kleinen Knollen entstehen, die nach dem Verwelken des Krautes sich ablösen, auf den Boden zu liegen kommen und, wenn sie in großer Menge entwickelt wurden, die Fabel vom „Getreideregner“ veranlaßt haben. Die unterirdischen Knollen, die das Scharbockskraut außerdem besitzt, sind die rübenförmig angeschwollenen kurzen Wurzeln. Die Pflanze vermehrt sich mit diesen Knollen reichlich und erjetzt dadurch die bei ihr dürftige Samenbildung.

Sind die unterirdisch wachsenden Stämme mehr in die Länge gestreckt und ihre Blattbildung unter dem Boden unterdrückt, so daß die Sprossachse die Hauptsache bildet, so nennt man diese Stämme Rhizome oder Wurzelstöcke. Bei diesen horizontal wachsenden Sprossen entstehen die Wurzeln niemals an dem Hinterende, sondern stets an der Unterseite oder aus den Flanken. Die Rhizome haben eine überaus mannigfaltige Form. Sie sind kurz, fast knollenförmig beim Kronstab (*Arum maculatum*), kurz, kegelförmig beim Germer (*Veratrum album*). Dünn, langgestreckt sind die Rhizome von Gräsern, Niedrgräsern (s. Abbildung, S. 169), der Hainanemone (*Anemone*



Durchschnittene Knolle mit  
Blütenstengel von *Colchicum  
orientale* (orientalische Zeitlose).  
Aus Hansen, Metamorphose.

nemorosa), dicker die des Kalmus (Acorus Calamus), des Rohrkolbens (Typha latifolia), der Teichrose (Nuphar luteum, s. Abbildung, S. 170) und andere. Das Parenchym der Sprossachse dient als Speicherraum für Nährstoffe. Die Rhizome zeigen zweierlei Wachstumsweise. Entweder wächst die unterirdische Achse mit ihren Endknospen in gleichbleibender Richtung weiter, und es treten jährlich Achselprossen der unterirdischen Blattschuppen über den



Iris (Schwertlilie) mit verzweigtem Rhizom.

Boden, um Blätter und Blüten zu entfalten. Dann behält das Rhizom seine einheitliche zylindrische Form. Oder es biegt jedes Jahr die Endknospe aufwärts und entfaltet oberirdisch Blätter und Blüten; das unterirdische Wachstum aber wird durch eine Achselknospe aufgenommen, deren Trieb natürlich mit seiner Hauptachse einen Winkel macht. In diesem Falle setzt sich das Rhizom allmählich aus Gliedern zusammen, z. B. bei der Schwertlilie (Iris, s. nebenstehende Abbildung).

Sehr merkwürdig ist die Tatsache, daß die geophilen Sprosse nicht nur nicht mit ihrer Hauptachse einmal aus dem Boden hervordringen, sondern daß sie Veränderungen ihrer Tiefenlage ausgleichen können, um stets in einer gleichbleibenden Bodentiefe fortzuwachsen. Pflanzt man Rhizome, Knollen oder

Zwiebeln zu hoch, so werden viele von ihnen durch den Zug ihrer Wurzeln langsam in die Tiefe gezogen; liegen sie zu tief im Boden, so wachsen die neu entstehenden Teile so lange aufwärts, bis sie ihre „normale“ Lage wieder erreicht haben. Namentlich bei Rhizomen ist diese Eigenschaft sehr anschaulich. So biegt das Ende eines zu tief gepflanzten Rhizoms von Polygonatum multiflorum mit seinem Ende nach oben, ändert also seine geotropischen Eigenschaften und wächst so lange aufwärts, bis es die ihm zusagende Lage erreicht hat, wo dann wieder horizontales Wachstum einsetzt. Liegt das Rhizom zu hoch, so wird die Spitze positiv geotropisch und wächst eine Zeitlang abwärts. Diese Änderung der geotropischen Eigenschaften, die zunächst

räthelhaft erscheint und so aussieht, als ob die geophilen Sprosse ein Gefühl für ihre Lage hätten, ist, soweit Untersuchungen darüber vorliegen, so zu erklären, daß die Änderung des geotropischen Verhaltens wahrscheinlich durch die mit Änderung der Tiefenlage sich in den unterirdischen Sprossen ändernden Stoffwechselvorgänge beeinflusst wird, so daß auch hier keineswegs psychologische Momente in der Pflanze mitspielen.

Es ist hier auch jener seltsamen Pflanzen zu gedenken, als deren Vorbild der Hufslattich (*Tussilago Farfara*) aufgeführt sein mag. Aus einigen Knospen des unterirdischen Rhizoms erheben sich im ersten Frühlinge Langtriebe über die Erde, welche mit schuppenförmigen Niederblättern dicht besetzt sind und oben mit einem Blütenköpfchen, also mit Hochblättern abschließen, der Laubblätter aber vollständig entbehren. Später, im Sommer, entwickeln sich aus anderen Knospen des unterirdischen Rhizoms Sprosse, welche mit einigen großen, grünen, flachen Laubblättern besetzt sind, aber keine Blüten tragen. Es hat demnach hier eine Teilung der Arbeit stattgefunden; die Frühjahrsprosse dienen der Blüten- und Fruchtbildung, die Sommerprosse der Assimilation, und dieser Wechsel dürfte ebenfalls mit Stoffwechselvorgängen in dem Rhizom zusammenhängen.

Auch die Schachtelhalme (*Equisetaceen*) gehören hierher, und bei einer Abteilung derselben (*Equisetum arvense*, *Telmateja*) wiederholt sich die Teilung der Arbeit in ähnlicher Weise wie beim Hufslattich; die ersten über die Erde emporkommen- den, oben durch eine Ahre aus Sporengehäusen abgeschlossenen Sprosse sind bleich und chlorophyllarm, und erst später, nachdem die Sporen durch die Lüfte entführt und nachdem die bleichen Erstlingsprosse verwelkt sind, kommen Sommerprosse hervor, deren Stämme in der Rinde grünes Gewebe entwickeln.

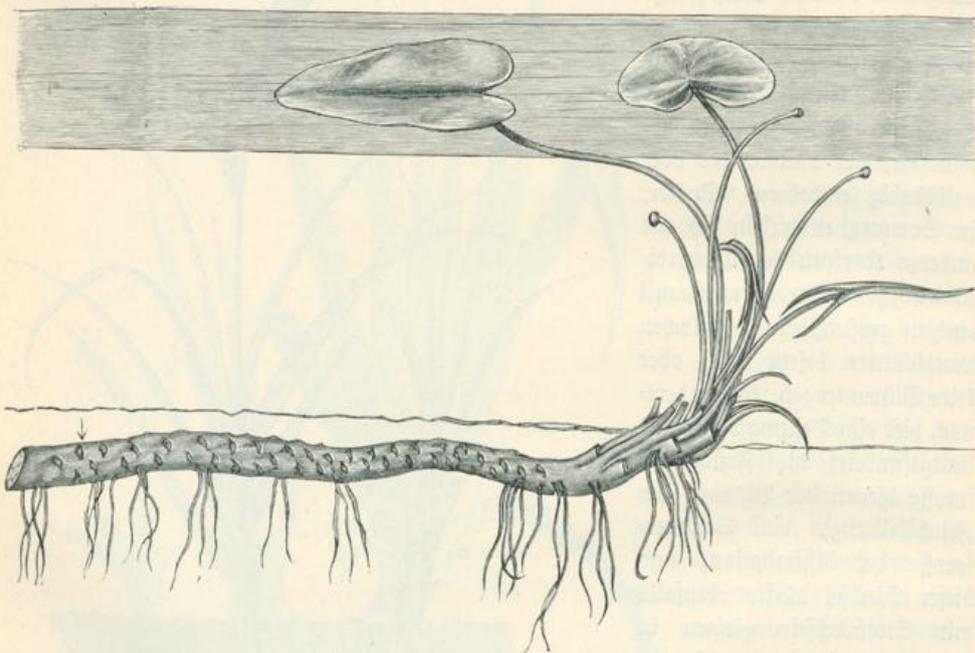
Die als Langtriebe ausgebildeten Seitensprosse von Rhizomen wachsen über die Erde empor, und die Rinde ihrer Stämme ergrünt so weit, als das Licht auf dieselben Einfluß nehmen kann. Was von dem Sproß im Dunkel der Erde geborgen bleibt, ergrünt nicht, und manche dieser Sprosse, wie z. B. jene des Spargels (*Asparagus*), sind zur unteren Hälfte bleich und chlorophylllos, und nur die oberen Teile, namentlich die dort aus den Achseln der



Dünnes Rhizom einer Segge (*Carex*). Zu S. 168.

kleinen, schuppenförmigen Niederblätter hervorgehenden nadelförmigen grünen Phyllokladien, sind dunkelgrün gefärbt. Für den Tisch der Menschen läßt man bekanntlich die Spargel- sprosse nicht über die Erde gelangen, wo sie grün und hart werden, sondern sticht sie ab, so lange sie noch unterirdisch, zart und farblos sind.

Der merkwürdige Wechsel von Ruhe und lebhafter Tätigkeit bei den unterirdischen Sproßformen und das zeitweilige Verschwinden aller oberirdischen Teile des Pflanzenstockes steht im Zusammenhange mit den klimatischen Verhältnissen, unter denen diese Pflanzen wachsen. Die größte Zahl dieser Gewächse findet sich in Gebieten, wo in Folge monatelanger Dürre alle



Dieses Rhizom der Teichrose (*Nuphar luteum*), am Boden eines Teiches angewurzelt, während die von langen Stielen getragenen Blätter auf dem Wasser schwimmen. (Zu S. 168.) Aus Hansen, Metamorphose.

saftreichen, an der Luft ausgebreiteten Gewebe der Gefahr des Verdorrrens ausgesetzt sind, und wo auch die oberflächlichen Bodenschichten, in welchen die Knollen, Rhizome, Zwiebeln usw. eingebettet sind, so stark austrocknen, daß sie für das aus den oberirdischen Blättern verdunstende Wasser keinen Ersatz liefern könnten. Wenn aber diese Bodenschichten auch alles Wasser verloren haben, so sind sie doch für die entwickelten Stämme ein vortreffliches Schutzmittel; die Erde bildet eine förmliche Kruste um die saftreichen Sprosse, und in manchen Gegenden erhärtet das lehmige, durch Eisenoxydhydrat rot gefärbte Erdreich zu einer Masse, welche einem Ziegelsteine täuschend ähnlich sieht. In dieser Masse eingebettet überdauern die geophilen Stämme unbeschadet Trockenperioden, welche sich über sieben bis acht Monate erstrecken können. Und wenn dann die Regenzeit kommt und die harte Erdkruste benetzt wird, so regt sich in ihr allerwärts ein wunderbares Leben, unzählige Knollen- und Zwiebelpflanzen sprießen aus dem aufgeweichten Lehm empor und entfalten in der kurzen, feuchten Periode ihre Blüten und ihre grünen Laubblätter. So verhält es sich auf den Lehmsteppen des zentralen Asiens,

auf den Berggeländen Kleasiens, Griechenlands, Spaniens und überhaupt aller das Mittelmeer umrandenden Landschaften und insbesondere in dem durch seinen fast unerschöpflichen Reichtum an Zwiebel- und Knollenpflanzen berühmten Kapland. Im mittleren Europa, wo die Tätigkeit der Pflanzenwelt nicht durch Trockenheit, sondern durch Frost unterbrochen wird, ist die Zahl der Pflanzen mit unterirdischen Stämmen auffallend geringer als in den vorher bezeichneten Gebieten. Auch der Boden, in welchem die wenigen Arten vorkommen, zeigt ganz andere Verhältnisse. Das Erdreich ist da niemals einer hochgradigen Dürre ausgesetzt, ja, auffallenderweise trifft man die Mehrzahl der mit Rhizomen, Knollen und Zwiebeln ausgestatteten Gewächse im Grunde der mitteleuropäischen Laubwälder in lockerer, humusreicher, stets etwas feuchter Erde. An solchen Orten gedeihen bekanntlich die Schneeglöckchen und Selbsterne, die zweiblättrige Meerzwiebel, der Aronsstab, der Bärenlauch und die verschiedenen Arten der Hohlwurz (*Galanthus nivalis*, *Gagea lutea* und *minima*, *Scilla bifolia*, *Arum maculatum*, *Allium ursinum*, *Corydalis fabacea*, *solida* und *cava*) in ganzen Beständen und im üppigsten und kräftigsten Wachstum, und, was besonders bemerkenswert ist, ihre Blüten zählen zu den ersten des Jahres, ihr grünes Laub entfaltet sich zeitig im Frühling und ist schon im Juni vergilbt und verwelkt.

Man hat sich die Vorliebe unserer im ersten Frühling blühenden Zwiebel- und Knollenpflanzen für den Grund der Laubwälder in folgender Weise erklärt. Das Erdreich, von den im Herbst abgefallenen dürren Blättern der Laubhölzer bedeckt und von den Baumkronen überwölbt, strahlt verhältnismäßig wenig Wärme aus, auch der Frost dringt im Winter nur in geringe Tiefe ein, so daß die dort eingebetteten Niederblattstämme der Gefahr des Erfrierens weit weniger ausgesetzt sind als im offenen Lande. Was aber das Blühen im ersten Frühling und das frühzeitige Vergilben der grünen Blätter anlangt, so ist das eine ererbte Eigenschaft der Zwiebelpflanzen, die ihnen in ihren heimatischen Steppen unentbehrlich ist, denn hier könnten sie im glühenden Sommer oberirdisch nicht aushalten. Daher beschließen sie ihre Blatt- und Blütenbildung in der kurzen feuchten Frühlingszeit. In unseren Wäldern finden dieselben Pflanzen insofern ähnliche Bedingungen, als das für die Tätigkeit der grünen Blätter nötige Licht nur auf so lange in den Waldgrund eindringen kann, als die Kronen der Waldbäume noch nicht belaubt sind. Später, wenn sich die Zweige in den höchsten Wipfeln mit grünem Laube geschmückt haben, bildet sich oben ein schattendes Dach aus, und nur hier und da stiehlt sich durch die Lücken dieses Laubdaches ein Sonnenstrahl, welcher das feuchtkühle Erdreich des Waldgrundes trifft. Dieses spärliche Licht genügt aber nicht mehr den über die Erde vorgeschobenen grünen Blättern der erwähnten Pflanzen zu der ihnen obliegenden Arbeit, und sie müssen daher ihre Tätigkeit schon abschließen, ehe sich das dichte Laubdach der Baumkronen ausgebildet hat. Während also in den Steppen die Sonnenglut und Trockenheit die Vegetation dieser Zwiebelpflanzen zum Absterben bringt, würde dies im Walde dem Lichtmangel entsprechen. Nur für die Schmarotzer und Verwesungspflanzen reicht das spärliche Licht des belaubten Waldes aus, und es ist bemerkenswert, daß nun im Sommer an Stelle der jetzt verwelkten Blätter von Knollen- und Zwiebelpflanzen das chlorophyllose Dhnblatt, die Korallenwurz, der Fichtenpargel und eine Unzahl von bleichen Schwämmen aus dem tiefen Humus in das Dürster des Waldgrundes emportauchen.

### Blattmetamorphosen.

Betrachtet man einen aufrecht wachsenden Pflanzenstengel einer einjährigen Pflanze, so fällt die regelmäßige Verschiedenheit der Blattgebilde, die ihm in verschiedener Höhe ansitzen, sehr leicht ins Auge. Unten am Stengel sitzen gewöhnlich schuppenförmige oder einfachgestaltete Blätter, nach der Höhe nehmen die Laubblätter an Vollkommenheit zu, unterhalb der Blüte werden häufig die Blätter wieder einfach oder gar fadenförmig, und endlich krönt die Blüte das Ganze. Man hat diese verschiedenen Stockwerke der Pflanze seit früherer Zeit als Niederblatt-, Laubblatt-, Hochblatt- und Blütenregion unterschieden.

Man bezeichnet aber als Niederblätter vielfach auch unvollkommen ausgebildete Blätter oben an einer Pflanze, z. B. die Schuppen der Winterknospen. Das ist nun für das Verständnis nicht förderlich. Die Niederblätter am Stengel, an den Rhizomen und Knollen sind verkümmerte, die Knospenschuppen dagegen zu besonderen Zwecken umgebildete Laubblätter. Man sollte daher den Ausdruck Niederblätter ganz aufgeben, denn auch die zu den Niederblättern gerechneten Schuppen einer Zwiebel bedeuten etwas anderes als die verkümmerten Blattschuppen an der Basis eines Stengels. Auch die Hochblätter sind in den meisten Fällen bloß verkümmerte Laubblätter ohne Bedeutung. In einzelnen Fällen dagegen bilden sich gerade die Hochblätter in sehr auffallender Weise um, indem sie zu prachtvoll gefärbten Organen werden, die die Aufgabe übernehmen, die Insekten für die Bestäubung der bei solchen Pflanzen häufig kleinen und unscheinbaren Blüten anzulocken. Solche Hochblätter kommen bei vielen tropischen Zingiberaeen, z. B. den *Alpinia*-Arten, vor, wo die gefärbten Hochblätter, in deren Achseln die Blüten sitzen, im Dämmer der Urwälder besser hervorleuchten, wie die Blüten selbst. Prachtvolle Hochblätter besitzt der südamerikanische Kletterstrauch *Bougainvillea*, der, in Südeuropa eingeführt, dort im Frühjahr eine der schönsten Zierden der Billengärten ist. Die Hochblätter sind schön violett gefärbt und so reichlich an den Zweigspitzen entwickelt, daß die Pflanze von ferne wie mit leuchtendvioioletten Blüten bedeckt aussieht. Erst bei näherem Zusehen erkennt man die gefärbten Organe als Hochblätter und entdeckt in ihren Achseln die kleinen röhrigen gelben Blüten (s. die beigeheftete Tafel). Prächtigt zinnoberrot sind die Hochblätter der zu den Euphorbiaeeen gehörenden Poinsettien aus Mexiko (s. die Tafel bei S. 404).

Den größten Gegensatz zu diesen prangenden Blattmetamorphosen bilden die unscheinbaren, aber sehr wichtigen Knospenschuppen, welche die in den Winterknospen eingeschlossenen Blatt- und Blüten sprosse bis zum Frühjahr vor Umbilden der Jahreszeit schützen. Sie finden sich bei allen Holzpflanzen sowohl an Laubknospen als an Blütenknospen, das heißt sowohl am untersten Teil der Sproßanlagen, welche nur grüne Laubblätter erzeugen, als auch an denen, welche sich zu Blüten entwickeln. Die Knospenschuppen zeigen in der Regel eine feste, derbe Oberhaut, sind häufig außen mit klebrigen Stoffen überzogen und schützen den von ihnen umhüllten jungen Sproß ganz vorzüglich gegen Winterschäden. Wenn sich im Frühling der Sproß zu strecken beginnt, so werden sie entweder abgehoben und abgeworfen, wie bei den Weiden, oder sie rücken nur wenig auseinander und lassen gerade so viel Raum, daß der Sproß hindurchwachsen kann, wie bei der Kälreuterie (*Koelreuteria paniculata*). Bei manchen Arten bleiben sie an ihrer Stelle, bei anderen rücken sie weit auseinander und erhalten sich noch einige Zeit an der Basis des neuen Sproßes, wie bei der Walnuß und den Eschen, wieder bei anderen schlagen sie sich zurück und fallen bald danach ab, wie bei dem Vogelbeerbaum (*Sorbus Aucuparia*) und den meisten Arten der Gattung *Aesculus*.



K. SPRINGER

*Bougainvillea spectabilis.*

### Blattmetamorphosen.

Betrachtet man einen aufrecht wachsenden Pflanzenstengel einer einjährigen Pflanze, so fällt die regelmäßige Verschiedenheit der Blattgebilde, die ihm in verschiedener Höhe ansitzen, sehr leicht ins Auge. Unten am Stengel sitzen gewöhnlich schuppenförmige oder einfachgestaltete Blätter, nach der Höhe nehmen die Laubblätter an Vollkommenheit zu, unterhalb der Blüte werden häufig die Blätter wieder einfach oder gar fadenförmig, und endlich krönt die Blüte das Ganze. Man hat diese verschiedenen Stockwerke der Pflanze seit früherer Zeit als Niederblatt-, Laubblatt-, Hochblatt- und Blütenregion unterschieden.

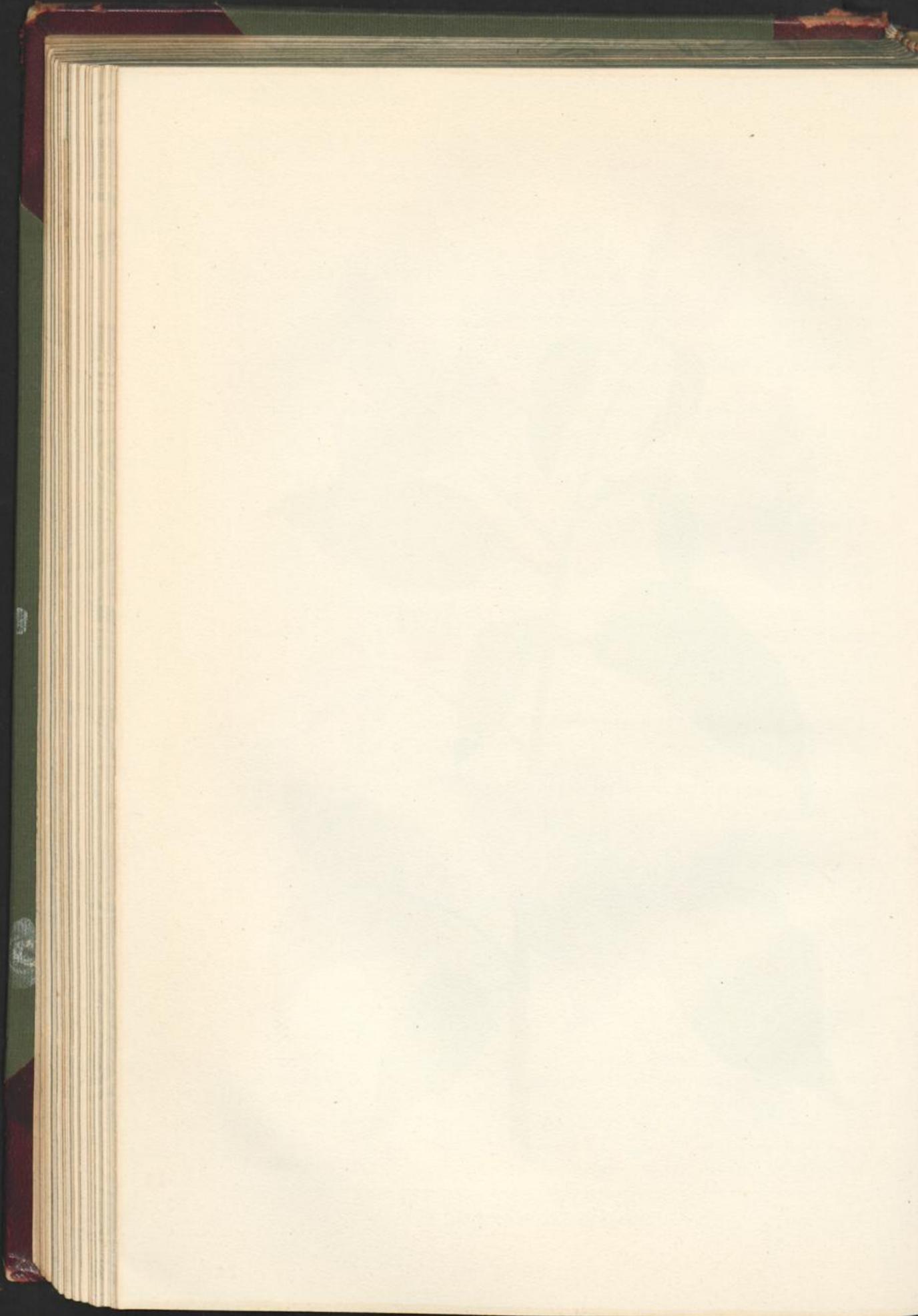
Man bezeichnet aber als Niederblätter vielfach auch unvollkommen ausgebildete Blätter oben an einer Pflanze, z. B. die Schuppen der Winterknospen. Das ist nun für das Verständnis nicht förderlich. Die Niederblätter am Stengel, an den Rhizomen und Knollen sind verkümmerte, die Knospenschuppen dagegen zu besonderen Zwecken umgebildete Laubblätter. Man sollte daher den Ausdruck Niederblätter ganz aufgeben, denn auch die zu den Niederblättern gerechneten Schuppen einer Zwiebel bedeuten etwas anderes als die verkümmerten Blattschuppen an der Basis eines Stengels. Auch die Hochblätter sind in den meisten Fällen bloß verkümmerte Laubblätter ohne Bedeutung. In einzelnen Fällen dagegen bilden sich gerade die Hochblätter in sehr auffallender Weise um, indem sie zu prachtvoll gefärbten Organen werden, die die Aufgabe übernehmen, die Insekten für die Bestäubung der bei solchen Pflanzen häufig kleinen und unscheinbaren Blüten anzulocken. Solche Hochblätter kommen bei vielen tropischen Zingiberaceen, z. B. den *Alpinia*-Arten, vor, wo die gefärbten Hochblätter, in deren Achseln die Blüten sitzen, im Dämmer der Urwälder besser hervorleuchten, wie die Blüten selbst. Prachtvolle Hochblätter besitzt der südamerikanische Kletterstrauch *Bougainvillea*, der, in Südeuropa eingeführt, dort im Frühjahr eine der schönsten Zierden der Willengärten ist. Die Hochblätter sind schön violett gefärbt und so reichlich an den Zweigspitzen entwickelt, daß die Pflanze von ferne wie mit leuchtendvioletten Blüten bedeckt aussieht. Erst bei näherem Zusehen erkennt man die gefärbten Organe als Hochblätter und entdeckt in ihren Achseln die kleinen röhrigen gelben Blüten (s. die beigeheftete Tafel). Prächtigt zimoberrot sind die Hochblätter der zu den Euphorbiaceen gehörenden *Poinsettia* aus Mexiko (s. die Tafel bei S. 404).

Den größten Gegensatz zu diesen prangenden Blattmetamorphosen bilden die unscheinbaren, aber sehr wichtigen Knospenschuppen, welche die in den Winterknospen eingeschlossenen Blatt- und Blüten sprosse bis zum Frühjahr vor Umbilden der Jahreszeit schützen. Sie finden sich bei allen Holzpflanzen sowohl an Laubknospen als an Blütenknospen, das heißt sowohl am untersten Teil der Sprossanlagen, welche nur grüne Laubblätter erzeugen, als auch an denen, welche sich zu Blüten entwickeln. Die Knospenschuppen zeigen in der Regel eine feste, derbe Oberhaut, sind häufig außen mit klebrigen Stoffen überzogen und schützen den von ihnen umhüllten jungen Sproß ganz vorzüglich gegen Winterschäden. Wenn sich im Frühling der Sproß zu strecken beginnt, so werden sie entweder abgehoben und abgeworfen, wie bei den Weiden, oder sie rücken nur wenig auseinander und lassen gerade so viel Raum, daß der Sproß hindurchwachsen kann, wie bei der Kälreuterie (*Koelreuteria paniculata*). Bei manchen Arten bleiben sie an ihrer Stelle, bei anderen rücken sie weit auseinander und erhalten sich noch einige Zeit an der Basis des neuen Sprosses, wie bei der Walnuß und den Eschen, wieder bei anderen schlagen sie sich zurück und fallen bald danach ab, wie bei dem Vogelbeerbaum (*Sorbus Aucuparia*) und den meisten Arten der Gattung *Aesculus*.



K.SPRINGER

*Bougainvillea spectabilis.*



Insbefondere ist in dieser Beziehung *Aesculus neglecta* sehr auffallend, da deren Knospendecken sehr groß und rot gefärbt sind und, wenn sie abfallen, den Boden unter der Baumkrone ähnlich wie herbstliches Laub ganz dicht überdecken. Meistens sind die Schuppen an den Knospen der Holzpflanzen braun und chlorophylllos und ändern ihren Umfang nur wenig, während die Knospe sich öffnet, jene von *Gymnocladus* aber haben eine grüne Farbe und vergrößern sich auch im Frühling um mehr als das Doppelte und Dreifache.

An den Knospen der Weiden ist nur eine einzige Knospenschuppe zu sehen, die Linden haben deren zwei, die Erlen drei, die Manna-Eschen vier, die Buchen, Hainbuchen, Rüstern und Zürgelbäume sehr zahlreiche. Ist nur ein einziges Blatt vorhanden, wie bei den Weiden, so erscheint es tief ausgehöhlt und umgibt wie eine Hülse den zu schützenden Knospenteil; sind einige wenige Niederblätter ausgebildet, wie bei *Gymnocladus*, so wölben sie sich kuppelförmig über die jungen, grünen Blätter; sind aber viele Schuppen entwickelt, so liegen sie wie die Schindeln eines Daches übereinander.

Zu braunen Schuppen ausgebildet, sehen die Knospenhüllen aus wie verkümmerte Blätter. Aber sie sind keine Verkümmierungen, sondern sehr merkwürdige Umbildungen von Laubblattanlagen. Bei dieser Umbildung bildet sich die Blattspreite der ursprünglichen Laubblattanlage nur in den ersten Schritten aus, und der ganze übrige Teil, der Blattgrund, wird zur Knospenschuppe. Ist diese fertig, so erkennt man zuweilen die unentwickelte Blattspreite noch in Form eines kleinen Spitzchens. Mit dem Vergrößerungsglase sieht man, daß dieses Spitzchen wirklich die Form einer kleinen Blattfläche hat, die z. B. beim Spitzhorn sehr zierlich aussieht. Öffnen sich die Knospen, dann bilden in manchen Fällen die Knospenschuppen, die eine Zeitlang noch mitwachsen, ihre kleine Blattfläche noch deutlicher aus. Sehr gut läßt sich das bei *Aesculus macrostachya* beobachten.

Außer diesen Metamorphosen können die Blätter, wie die Wurzeln und Sprosse, noch mannigfachen Metamorphosen unterliegen, um neue Aufgaben zu übernehmen. Ihre Umgestaltung zu Wasserbehältern ist schon in Band I besprochen worden, ebenso die Umbildung in Dornen. Manche Kletterpflanzen erhalten ihre Kletterorgane durch Umbildung von Blättern. Die Ranken der Erbse, der Wicken, von *Cobaea scandens* sind, wie oben (S. 150 ff.) gezeigt wurde, Blattranken, die aus den Endblättchen der gefiederten Laubblätter hervorgehen. Die merkwürdigsten Metamorphosen erleiden die Blätter jedoch bei den insektenfressenden Pflanzen (Bd. I, S. 303 ff.).

### Umbildung des Laubsproßes zum Sexualsproß (Blüte).

Der auffallende Gegensatz, den die Blüten zu den Ernährungsorganen bilden, hat im Anfange botanischer Forschung dazu verführt, sie als Organe ganz eigener Art anzusehen. Erst Cesaipini, der (im Grunde kein unrichtiger Gedanke) die verschiedene Härte oder Zartheit der Gewebe auf eine verschiedene Ernährung zurückführen wollte, war der Ansicht, die Blüte sei ein unmittelbares Erzeugnis der Stengelgewebe, vorwiegend des Markes, in dem man damals die Kräfte des Lebens besonders vereinigt dachte. Diese theoretische Ansicht wurde von Linné aufgegriffen, aber indem er sie mit Swammerdams Ansichten über die Insektenmetamorphose verschmolz, die er überdies mißverstand, kam er auf die Idee, die Blüte entspreche wie ein Insekt aus einer Larve. Die belaubte Pflanze sei der Larve, die Blüte dem fertigen Insekt gleichzuachten. Fruchtbarer wurden Goethes Gedanken (vgl. S. 44 und Bd. I, S. 11 ff.).

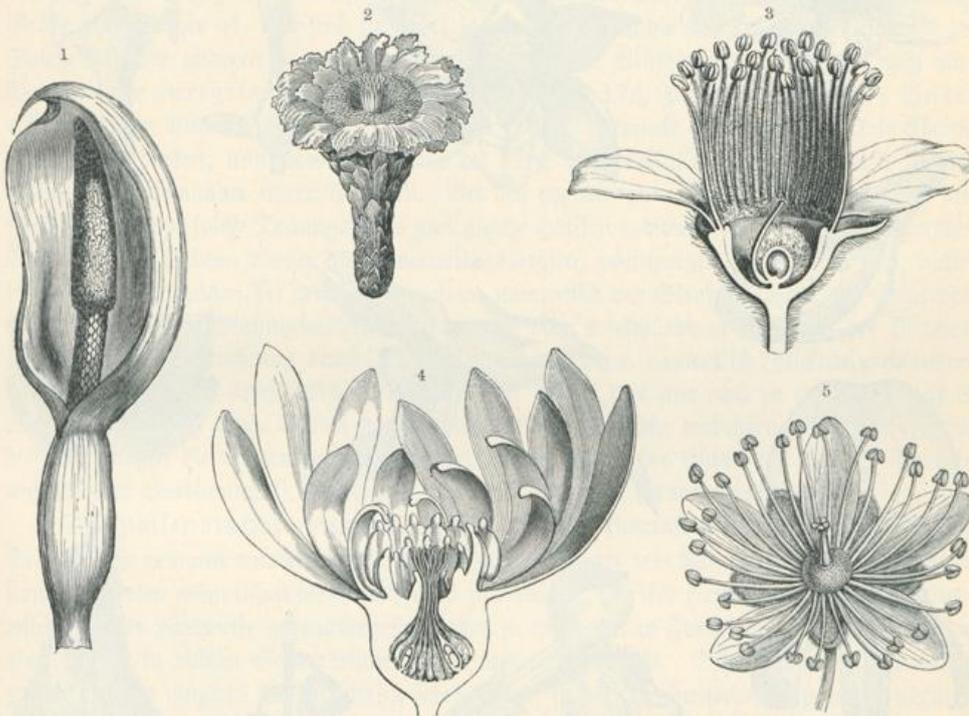
der mit überlieferten Anschauungen brach, von Anfang an die Teile der Pflanzen und so auch die Blüten als Organe ansah und, den Gedanken einer Umwandlung festhaltend, die Blüte als Umwandlung (Metamorphose) einer Laubknospenanlage betrachtete. Die mikroskopische Beobachtung der Blütenentwicklung, von C. F. Wolff begonnen, führte aber noch nicht zu einem völlig klaren Resultat, da Wolff die Blattanlagen für flüssige Tropfen hielt. In der Folge aber bestätigte die Methode Wolffs Goethes Ansicht vollkommen, und der bedeutendste lebende Morphologe, H. Goebel, bezeichnet mit Recht diese Bestätigung der Organumwandlung „als eine der wichtigsten Tatsachen zum Verständnis der Pflanzengestaltung“. Von ganz besonderer Wichtigkeit ist es, daß die neuere Botanik nachweisen konnte, daß die Metamorphose bei den Kryptogamen, gerade so wie bei den höheren Pflanzen, die Entstehung der Fortpflanzungsorgane erläutert, womit die Metamorphose ganz im Sinne Goethes als eine allgemeine Entwicklungsregel in der Natur erscheint.

Die Frage: Was ist eine Blüte? kann man heute kurz mit dem Satze beantworten: Jede Blüte ist ein zu Fortpflanzungszwecken umgewandelter Laubsproß, d. h. die am Vegetationspunkte eines Sprosses ursprünglich entstehenden Blattanlagen haben sich in Blütenteile umgewandelt. Da nun bei Kryptogamen Sprosse sich zu Sexualsprossen umwandeln, z. B. bei Laub- und Lebermoosen, könnte man bei ihnen ebenfalls von Blüten reden. Die in den Pflanzen liegenden inneren Ursachen einer solchen Umwandlung kennen wir nicht, doch läßt sich die Metamorphose durch äußere Bedingungen leiten. Die Auffassung aller Blüten und blütenähnlichen Organe als Metamorphosen wird aber dadurch notwendig, daß auch die erstmalige Entstehung von Blüten im Pflanzenreich gar nicht anders als durch Umwandlung von Ernährungssprossen zu Sexualsprossen oder von Laubblättern zu Sporophyllen stattgefunden haben kann, denn wir wissen sehr genau, daß die Pflanzen nicht von Anfang an mit Blüten versehen waren, sondern daß diese einmal entstanden sind.

Die Achse, welche durch die Blüte abgeschlossen wird, ist nur in seltenen Fällen, nämlich nur bei einigen einjährigen Kräutern, die gerade Verlängerung des Sprosses, welcher aus der ersten am Keimstengel angelegten Knospe hervorgegangen ist (s. Abbildung, Bd. I, S. 13). In diesem Falle folgen an demselben Sprosse über den Laubblättern unmittelbar die zur Blüte vereinigten Blütenteile, und die Blüte wird dann endständig genannt. Viel häufiger zweigt der blütentragende Sproß oder Blütenstiel von einem Laubsproß seitlich ab und entspringt dicht über einem Blatt, welches man Stützblatt nennt, und in diesem Falle spricht man von seitenständigen Blüten. Das ist bei vielen einjährigen Pflanzen der Fall, z. B. dem Gauchheil und Ehrenpreis (*Anagallis arvensis* und *Veronica hederifolia*). Häufig verzweigen sich die Blüten sprosse, und für solche Gruppierungen hat man die Bezeichnung Blütenstand (*inflorescentia*) eingeführt. Das Stützblatt stimmt entweder in der Form, Größe und Farbe mit den tieferstehenden, als Laub fungierenden Blättern überein, oder es weicht im Zuschnitt und im Umfang sowie auch in der Färbung von den übrigen Laubblättern ab und wird dann als Deckblatt (*bractea*) angesprochen.

Solche von den Laubblättern abweichende Deckblätter haben vielfach schon eine besondere Beziehung zu den Befruchtungsvorgängen und werden auch Hochblätter genannt (z. B. die Hochblätter der *Bougainvillea* und *Poinsettia*). Manchmal ist ein ganzer Blütenstand von einem einzigen sehr großen Deckblatte gestützt oder eingehüllt, und in solchen Blütenständen, die namentlich für die Palmen und Aroideen sehr charakteristisch sind, findet man die Deckblättchen an der Basis der einzelnen Blüten gewöhnlich unentwickelt. Bekannt ist das

weiße, den Blütenkolben umgebende Deckblatt der bei uns kultivierten Calla, das gewöhnlich fälschlich für eine Blumenkrone gehalten wird. Ein solches Deckblatt wird Blüten Scheide (spatha) genannt (vgl. untenstehende Abbildung, Fig. 1). Es kommt auch vor, daß ein Teil der Blüten eines Blütenstandes nicht zur Entwicklung gelangt, und daß dann Deckblätter ohne darüberstehende Blüten zu sehen sind. Finden sich solche „leere Deckblätter“ gehäuft an der Basis des Blütenstandes, in eine Ebene gerückt oder dort in sehr gedrängten Schraubengängen gruppiert, so spricht man von einer Blütenhülle (involucrum). Die großen

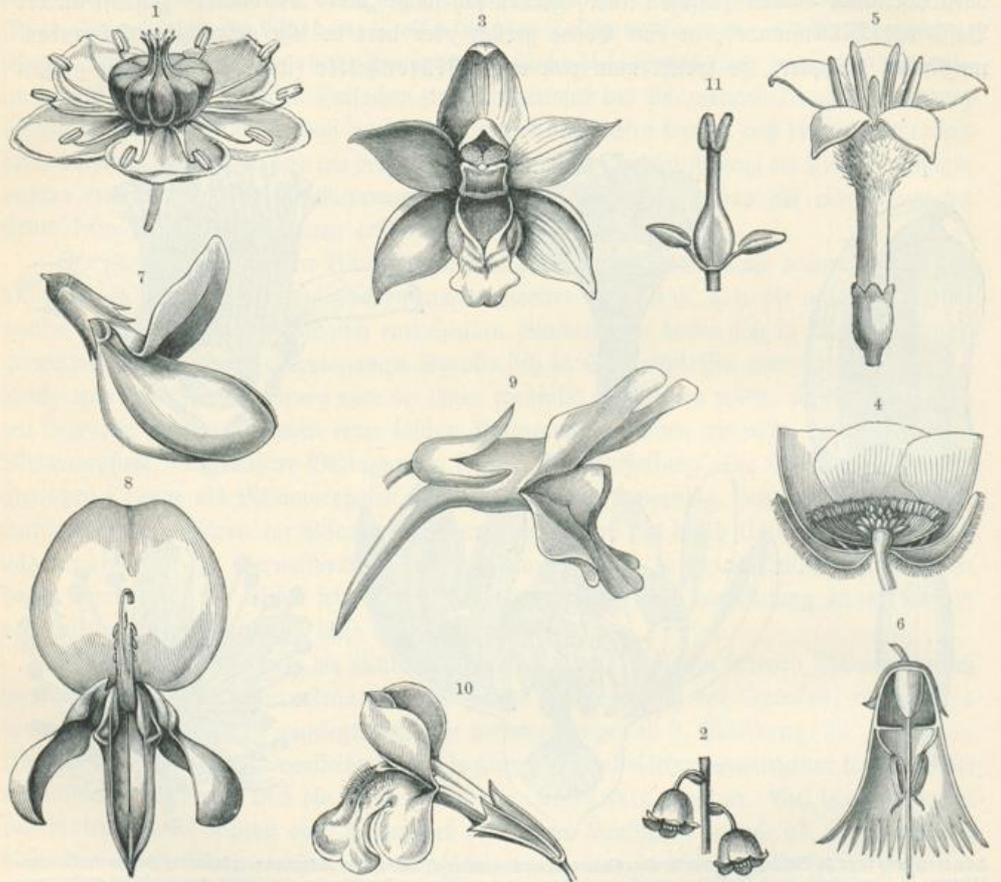


Blumenblätter: 1) Blüten Scheide der Aroidee *Colocasia antiquorum*; 2) Blüte einer Kakteenart mit schraubig geordneten Blumenblättern; 3) Längsschnitt durch die Blüte von *Chrysobalanus*, in der Mitte der Fruchtknoten mit seitlich von demselben entspringendem Griffel; 4) Längsschnitt durch die Blüte von *Calycanthus*, die Blumenblätter in schraubiger Anordnung; 5) Blüte der großblättrigen Linde (*Tilia grandifolia*), der aus den Spigen von fünf Fruchtblättern gebildete, vom Scheitel des Fruchtknotens entspringende Griffel durch eine fünfstrahlige Narbe abgeschlossen.

weißen Deckblätter von *Cornus florida* und *Cornus suecica* sind Beispiele, wie sehr diese Hüllblätter den Blütenstand verschönern. Kleine, starre, trockene und chlorophyllose Deckblättchen in dichtgedrängten Blütenständen heißen Spreublättchen und Spreuschuppen.

An den Blüten unterscheidet man Blumenblätter, Pollenblätter und Fruchtblätter. Die Blumenblätter sind entweder schraubig oder wirtelig angeordnet. Das erstere beobachtet man bei den Seerosen, namentlich bei den Arten der Gattung *Nymphaea* und ihr verwandten Familien, ferner bei *Calycanthus* (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4) und bei den Kakteen (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2). Bei den Blüten der Gattung *Nymphaea* stehen nur die oberen Blumenblätter in einer Schraubelinie, bei den Kakteen und *Kalycanthen* zeigen jedoch die sämtlichen Blumenblätter diese schraubige Anordnung, und zwar sind sie

bei den ersteren so gruppiert, daß die kleinsten zu unterst und die größten zu oberst zu stehen kommen, während bei den letzteren das Umgekehrte der Fall ist. Weit häufiger bilden die Blumenblätter zwei aufeinanderfolgende Wirtel. Besteht der untere Wirtel aus grünen Blättern, deren Gewebe mit jenem der Laubblätter übereinstimmt, während der obere aus zarten,



Blumenblätter: 1) actinomorphen getrenntblättriges Perigon, *Phytolacca decandra*; 2) actinomorphen verwachsenblättriges Perigon, *Convallaria majalis*; 3) zygomorphen getrenntblättriges Perigon, *Epipactis latifolia*; 4) Kelch und Krone actinomorph getrenntblättrig, *Ranunculus glacialis*; 5) Kelch und Krone actinomorph verwachsenblättrig, *Cephaelis Ipeacuanha*; 6) Kelch und Krone actinomorph verwachsenblättrig, *Soldanella alpina*; 7) Krone zygomorph getrenntblättrig, schmetterlingsartig, *Lotus corniculatus* (von der Seite gesehen); 8) Krone zygomorph, getrenntblättrig, schmetterlingsartig, *Spartium scoparium* (von vorne gesehen); 9) Krone zygomorph, verwachsenblättrig, mäskert und gespornt, *Linaria alpina*; 10) Krone zygomorph, verwachsenblättrig, mäskert, nicht gespornt, *Mimulus luteus*; 11) eine Blüte der Esche (*Fraxinus excelsior*) ohne Blumenblätter. Sämtliche Figuren etwas vergrößert. (Zu S. 177.)

in allen möglichen, nur nicht in grüner Farbe prangenden Blattgebilden zusammengefaßt wird, so heißt der untere Kelch (*calix*), der obere Krone (*corolla*). Sind sämtliche Blumenblätter gleich oder doch sehr ähnlich gestaltet und gefärbt, wobei es gleichgültig ist, ob sie nur einen oder zwei Wirtel bilden, so spricht man von einem Perigon. Dieses ist entweder grün (kelchartig), wie bei *Helleborus viridis*, oder nicht grün (kronenartig), wie bei den Tulpen, Hyazinthen und anderen Liliaceen. Sowohl die Blätter des Perigons als auch jene des Kelches und der Krone können an ihrem unteren Ende vollständig voneinander getrennt (s. Abbildung,

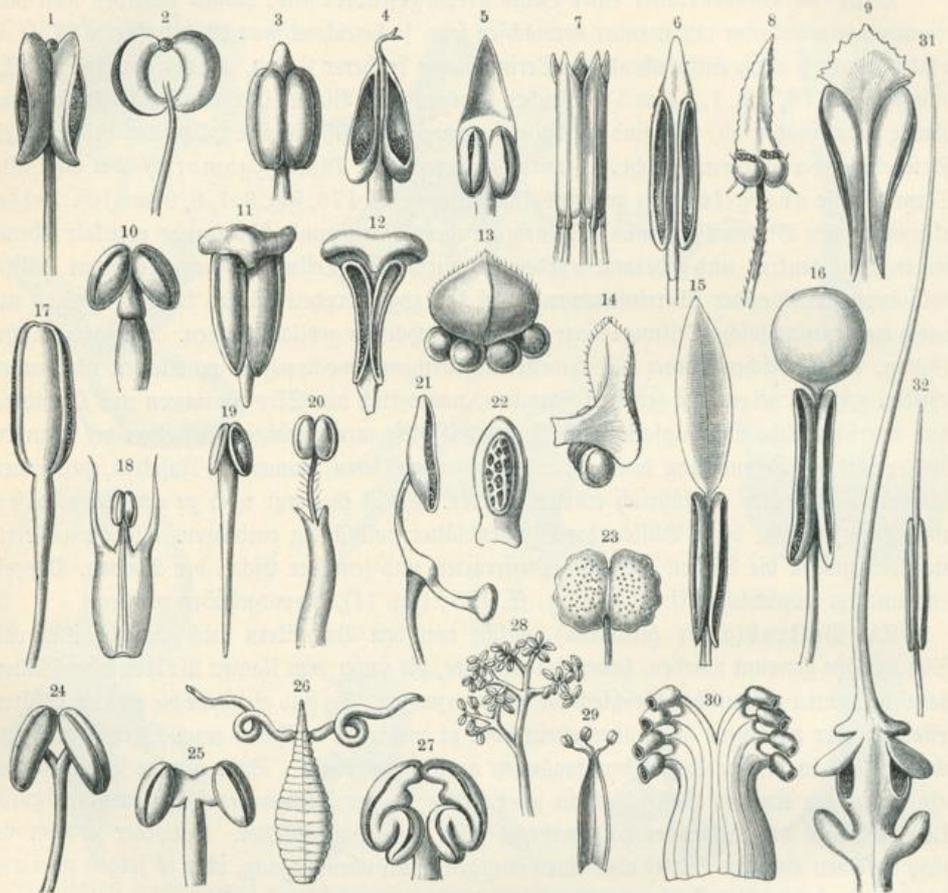
§. 176, Fig. 1, 3 und 4) oder teilweise oder auch ganz miteinander verwachsen sein (s. Fig. 2, 5 und 6). Im letzteren Falle bringt man für die Blüte entsprechend der Ähnlichkeit mit gewissen Geräten die Ausdrücke glockenförmig, trichterförmig, röhrenförmig, stieltellerförmig, krugförmig, radförmig usw. in Anwendung.

Wenn die Blumenblätter einer Blüte gleichgestaltet sind, mögen dieselben nun voneinander getrennt oder miteinander verwachsen sein, so bezeichnet man die betreffende Blüte als *aktinomorph* oder, entsprechend der Terminologie früherer Zeiten, als *regelmäßig* (s. Abbildung, §. 176, Fig. 1, 4 und 5). Weichen dagegen diese Blätter in ihrem Zuschnitt und ihrer Größe voneinander ab, und sind sie dabei so gruppiert, daß die eine Hälfte der Blüte wie ein Spiegelbild der anderen gleicht, so wird die betreffende Blüte *zygomorph* oder nach alter Terminologie *unregelmäßig* genannt (s. Abbildung, §. 176, Fig. 3, 7, 8, 9 und 10). Bei den *aktinomorphen* Blüten kann man sich mehrere ihren Mittelpunkt schneidende vertikale Ebenen hineingelegt denken, und jedesmal werden die durch diese Teilungsebenen gebildeten Hälften vollständig miteinander übereinstimmen. Bei den *zygomorphen* Blüten können dagegen nur durch eine einzige solche Teilungsebene zwei gleiche Hälften gebildet werden. Die *zygomorphen* Blüten, unter welchen wieder die schmetterlingsartigen, zweilippigen, maskierten usw. unterschieden werden, zeigen bei gewissen Familien, namentlich den *Skrofulariazeen* und *Orchideen*, eine uner schöpfliche Mannigfaltigkeit. Inwieweit diese merkwürdigen Gestalten der Blumenblätter mit der Befruchtung durch Vermittelung von Tieren, namentlich Insekten, zusammenhängen, wird später ausführlich erörtert werden. Es ist hier nur noch zu erwähnen, daß es auch Pflanzen gibt, deren Blüten der Blumenblätter vollständig entbehren. Als Beispiele für dieselben mögen die Blüten mehrerer Pfefferarten und jene der Esche, der Weiden, Pappeln und anderer Laubbäume (s. Abbildung, §. 176, Fig. 11), hervorgehoben werden.

Die *Pollenblätter* (*stamina*), welche von den Botanikern auch *Staubblätter* oder *Staubgefäße* genannt wurden, haben die Aufgabe, die unter dem Namen *Pollen* oder *Blütenstaub* bekannten männlichen Geschlechtszellen zu erzeugen. Sie sind gleichwie die anderen Blütenteile entweder paarweise gegenübergestellt oder zu mehreren in Form eines Wirtels gruppiert oder endlich in dichten Schraubenumgängen aneinandergereiht. Sehr wenige Pflanzenarten zeigen nur ein einziges Pollenblatt in jeder Blüte; so der Tannenwedel *Hippuris vulgaris*. Die Mehrzahl der Blüten enthält mehrere oder viele Pollenblätter. Entweder ordnen sich diese in einen einzigen Wirtel oder einen einzigen Schraubenumgang, oder es folgen zwei oder mehrere derartige Wirtel übereinander.

Da bei jeder botanischen Art die Zahl der Pollenblätter in der Regel gleichbleibt, so zwar, daß z. B. in den Blüten des Tannenwedels immer nur 1, in jenen des Flieders 2, in jenen der Schwertlilie 3, in jenen des Waldmeisters 4, in jenen des Veilchens 5 und in jenen der Tulpe 6 Pollenblätter sich entwickeln, so wurden diese Zahlenverhältnisse als Grundlage einer wenn auch nicht gerade natürlichen, aber doch äußerst bequemen und daher sehr populär gewordenen Einteilung der Blüten- oder Samenpflanzen benutzt. Insbesondere in dem von Linné erdachten System finden sich die Pflanzen in Gruppen zusammengestellt, welche Klassen genannt wurden, und von welchen die erste alle jene Pflanzen begreift, die in jeder Blüte nur ein einziges Pollenblatt zeigen, während die zweite Klasse die Gewächse umfaßt, deren Blüten mit 2, die dritte, deren Blüten mit 3 usw. Pollenblättern ausgestattet sind. Da jedoch diese künstliche Einteilung verwandte Pflanzen mit verschiedener Staubfadenzahl auseinanderreißt, nicht verwandte dagegen vereinigt, so ist jenes System in der Botanik nicht mehr gebräuchlich.

Die Gesamtheit sämtlicher einer Blüte angehörenden Pollenblätter wird Andrözeum genannt. Das Andrözeum schiebt sich immer zwischen die Blumenblätter und Fruchtblätter ein, so zwar, daß von außen nach innen stets zuerst die Blumenblätter, dann die Pollenblätter und schließlich die Fruchtblätter folgen.



Pollenblätter: 1) *Empleurum serrulatum*; 2) *Hypericum olympicum*; 3) *Juglans regia*; 4) *Soldanella alpina*; 5) *Viola odorata*; 6), 7) *Artemisia Absinthium*; 8) *Hamulinia* (nach Baillon); 9) *Picea excelsa*; 10) *Euphorbia canariensis*; 11), 12) *Platanus orientalis*; 13) und 14) *Juniperus Sabina*; 15) *Halimocnemis gibbosa*; 16) *Halantium Kulpianum*; 17) *Sanguinaria canadensis*; 18) *Allium sphaerocephalum*; 19) *Actaea spicata*; 20) *Aconitum Napellus*; 21) *Salvia officinalis*; 22) *Viscum album*; 23) *Mirabilis Jalappa*; 24) *Tilia ulmifolia*; 25) *Thymus Serpyllum*; 26) *Acalypha* (nach Baillon); 27) *Bryonia dioica*; 28) *Ricinus communis*; 29) *Corydalis capnoides*; 30) *Polygala amara*; 31) *Doryphora* (nach Baillon); 32) *Paris quadrifolia*.  
Sämtliche Figuren etwas vergrößert. (Su S. 179—181.)

An jedem Pollenblatt unterscheidet man die Anthere als eigentliche Bildungsstätte und Behälter des Pollens und den Träger oder Stiel dieser Anthere, welcher Staubfaden (Filament) genannt wird. Der für den Antherenträger gewählte alte Name Staubfaden erklärt sich daraus, daß wirklich in vielen Fällen, namentlich bei den von jeher mit besonderer Sorgfalt studierten Kulturpflanzen, bei dem Hanf und Hopfen, Roggen und Weizen, Reis und Mais, Mohn und Lein, der Antherenträger eine fadenförmige Gestalt besitzt. Auf viele andere Fälle paßt der Name Faden freilich nicht, und es hört sich seltsam an, wenn der kurze, dicke

Unterfuß der Antheren in den Blüten des Veilchens und der Zaunrübe (s. Abbildung, S. 178, Fig. 5 und 27) Faden genannt wird. Mitunter haben die Träger der Antheren auch die Gestalt von Bändern, oder sie sind spindelförmig und keulenförmig, welche Form insbesondere dort beobachtet wird, wo die Pollenblätter zur Zeit der Ausstreuung des Pollens durch die leiseste Luftströmung in schwingende oder zitternde Bewegung versetzt werden sollen, wie z. B. bei *Thalictrum aquilegifolium*, *Bocconia*, *Sanguinaria* und *Actaea spicata* (s. Abbildung, S. 178, Fig. 17 und 19). Ähnlich den Laubblättern des Zitronenbaumes, deren Stiele eigentümliche Gelenke aufweisen, sind auch die Antherenträger vieler Wolfsmilcharten und Lippenblütler mit Gelenken versehen (s. Fig. 10 und 21, S. 178). Bei mehreren Salbeiarten zeigen diese Gelenke eine wunderbare Vollkommenheit, erinnern lebhaft an die Gelenke der Füße und Fühler von Insekten und werden in ihrer Bedeutung für die Befruchtung später noch ausführlicher zu besprechen sein. Bei den Linden sieht man die fadenförmigen Träger dicht unter der Anthere gegabelt (s. Fig. 24, S. 178), bei den Lerchensporen sind die Antherenträger bandartig und vorn in drei kurze Spitzen geteilt (s. Fig. 29, S. 178), und bei dem Rizinus und mehreren anderen Wolfsmilchgewächsen erscheinen sie vielfach gespalten und verästelt (s. Fig. 28, S. 178). Diese geteilten Antherenträger dürfen übrigens nicht mit den zusammengewachsenen verwechselt werden; denn auch das kommt vor, daß die Antherenträger benachbarter Pollenblätter sich zu einem Bande, einer Röhre oder einer Rinne miteinander verbinden, wie bei den Malven, den Schmetterlingsblütlern und den Polygaleen (s. Fig. 30, S. 178).

Bei den Laubblättern findet man an der Basis des Stieles sehr oft eigentümliche Gebilde, die sogenannten Nebenblättchen (*stipulae*; vgl. S. 124). Diese werden an den Pollenblättern nur selten angetroffen. Am auffallendsten treten sie noch bei einigen Arten der Gattung Milchstern (z. B. *Ornithogalum nutans* und *chloranthum*), beim Lauch (z. B. *Allium rotundum* und *sphaerocephalum*) und Eisenhut (*Aconitum*) in Erscheinung (s. Abbildung, S. 178, Fig. 18 und 20). Manchmal, wie z. B. bei *Doryphora*, sind die Nebenblättchen an der Basis der Staubfäden auch als honigabsondernde Drüsen, welche die Insekten anlocken, ausgebildet (s. Abbildung, S. 178, Fig. 31).

Die Teile der Anthere, welche in besonderen Hohlräumen den Pollen bergen, werden Pollenbehälter, Pollensäcke, das Zwischenstück, welches die Pollensäcke verbindet, wird Konnektiv genannt. Das Konnektiv ist selbstverständlich die unmittelbare Fortsetzung des Antherenträgers oder Staubfadens und wie dieser von einem sehr feinen Gefäßbündel durchzogen. Die Pollensäcke sind entweder wirtelförmig um das Konnektiv gruppiert, wie bei der Eibe, und bilden dann gewissermaßen Nischen rings um das säulenförmige, am freien Ende in eine Art Schildchen übergehende Konnektiv, oder sie erscheinen symmetrisch rechts und links am Konnektiv, wie z. B. bei dem Wacholder (s. Abbildung, S. 178, Fig. 13 und 14). In den allermeisten Blüten findet man zwei Paare von Pollensäcken rechts und links am Konnektiv angewachsen (s. Abbildung, S. 178, Fig. 3). Dies kommt gewiß bei 90 Prozent aller Samenpflanzen vor. Hierzu muß noch bemerkt werden, daß die beiden Pollenbehälter rechts und links nur bei der jugendlichen Anthere durch eine Scheidewand getrennt sind; später schwindet die Scheidewand, und an der ausgewachsenen Anthere sieht man dann statt vier nur noch zwei durch das Konnektiv zusammengehaltene, mit Pollen erfüllte Säcke. Seltener stoßen vier Pollenbehälter oberhalb des Konnektivs zusammen, es schwinden dort die trennenden Scheidewände, und die vier Pollenbehälter sind zu einem einzigen zusammengeschlossen, wie das bei dem Sonnentau (*Drosera*), dem Bisamkraut (*Adoxa*), dem Fichtenspargel (*Monotropa*)

und besonders augenfällig bei der Kugelblume (*Globularia*) zu sehen ist. Bei den Orchideen dagegen ist die Zahl der Pollenbehälter in jeder Anthere von Anfang an auf zwei reduziert und bleibt auch später auf diese Zahl beschränkt.

Sehr eigentümlich gestalten sich die Pollenbehälter in den Antheren der Mimosen. Bei *Acacia*, *Albizzia*, *Calliandra* und *Inga* findet man in jeder Anthere acht rundliche Fächer, in welchen der Pollen ausgebildet wird, und in den Antheren der Gattung *Parkia* sind Längsreihen linsenförmiger Hohlräume ausgebildet, in welchen Ballen aus Pollenzellen eingebettet liegen. Auch die Antheren der Rhizophoreen zeigen in Längsreihen geordnete, mit Pollen erfüllte Kammern, und zwar sind hier mehrere, jedenfalls mehr als vier Längsreihen und alles zusammengenommen bisweilen über 30 Kammern zu sehen. Die mit den Blumenblättern verschmolzenen Antheren der Mistel (*Viscum*; s. Fig. 22, S. 178) enthalten sogar je 40—50 Pollenkammern. Bei den meisten lorbeerartigen Gewächsen (Laurazeen) kommt es vor, daß die vier Fächer der Anthere paarweise übereinanderstehen. Gewöhnlich öffnen sich alle vier Fächer gegen jene Seite zu, wo die Insekten in den Blütengrund einfahren, wenn sie dort Honig gewinnen wollen (vgl. Abbildung, S. 192, Fig. 4).

Eine große Abwechslung in der Gestalt der Anthere wird durch das verschiedene Größenverhältnis des Konnektivs und der von dem Konnektiv getragenen Pollenbehälter bedingt. Bei den meisten Ranunkulazeen, Magnoliazeen, Seerosen und mohnartigen Gewächsen ist das Konnektiv sehr breit, und die Pollenbehälter bilden nur einen schmalen Saum oder Rahmen desselben (s. Fig. 17, S. 178). Beim Schildkraute (*Scutellaria*), dem Bergthymian (*Calamintha*), dem Thymian (*Thymus*; s. Fig. 25, S. 178) und zahlreichen anderen Lippenblütlern, ebenso bei vielen Rosazeen (*Rosa*, *Agrimonia* usw.) erscheint das Konnektiv als ein massiver dreieckiger, viereckiger oder sechseckiger Gewebekörper, welchem die eiförmigen oder kugelförmigen Pollenbehälter eingefügt sind, und solche Antheren gleichen dann manchmal einem Insektenkopfe mit zwei seitlichen Augen. In manchen Fällen kann eine Grenze zwischen Konnektiv und Antherenträger überhaupt nicht gezogen werden; das ganze Pollenblatt erscheint als eine kurze, dicke Säule oder präsentiert sich wie ein Amboss, dessen Masse nischenförmige, mit Pollen erfüllte Räume enthält.

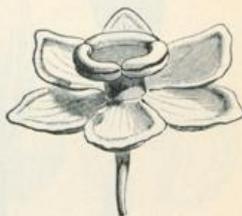
Bisweilen bildet das Konnektiv einen von der kurzen Säule getragenen querlaufenden Hebelarm und ist mit seinem Träger in einer gelenkartigen Verbindung, wie das insbesondere bei mehreren Salbeiarten der Fall ist (s. Abbildung, S. 178, Fig. 21). Bei dem schwächsten Anstoß schwanke solche Konnektive wie Wagebalken auf dem Stützpunkte des Gelenkes auf und ab. Auch bei vielen Liliengewächsen, so namentlich bei den Tulpen, Lilien und Kaiserfronen (*Tulipa*, *Lilium*, *Fritillaria*), ebenso bei einigen Gentianen (*Gentiana ciliata*, *nana* usw.), ist das mit den beiden Pollenbehältern der ganzen Länge nach verwachsene Konnektiv nur an einer Stelle mit dem Träger der Anthere gelenkartig verbunden, und wenn man die Anthere anstößt, kann sie leicht in schaukelnde Bewegung versetzt werden. Einen auffallenden Gegensatz bilden die auf einen sehr schmalen, von den großen Pollenbehältern völlig verdeckten Gewebekörper beschränkten Konnektive, für welche als Beispiel *Mirabilis Jalappa* (s. Abbildung, S. 178, Fig. 23) genannt werden kann.

Daß durch die Gestalt der Pollenbehälter auch das Aussehen der Anthere, ja auch des ganzen Pollenblattes wesentlich beeinflusst wird, ist selbstverständlich. Es kommen da alle möglichen Abstufungen von der kugelförmigen und von der eiförmigen zur länglichen und linealen Gestalt vor. Die Abbildungen von 32 verschiedenen Pollenblättern auf S. 178

geben ein annäherndes Bild von der herrschenden Mannigfaltigkeit. Einen seltsamen Eindruck machen die bogenförmigen Pollenbehälter von *Cyclanthera* (s. untenstehende Abbildung) und die gleich den Hörnern eines Widders gedrehten Pollenbehälter der *Acalypha* (s. Abbildung, S. 178, Fig. 26); ebenso eigentümlich sind die gewundenen Pollenbehälter der Kürbisartigen Gewächse, von welchen als Beispiel die Zaunrübe (*Bryonia dioica*) gewählt wurde (s. Abbildung, S. 178, Fig. 27). Es gibt übrigens Kürbisse, an deren Antheren die Pollenbehälter noch weit mehr als an diesem Beispiele hin und her gewunden sind, so daß sie lebhaft an die Windungen am Großhirn des Menschen erinnern.

Die Fruchtblätter sind wie die Blumen- und Pollenblätter bald wirtelig, bald schraubig angeordnet. Bei den Nadelhölzern und ihren Verwandten erscheinen sie schuppenförmig und zeigen freie, nicht miteinander verwachsene Ränder. Daher heißt diese Abteilung auch Nacktsamige (Gymnospermen). Bei den eigentlichen Blütenpflanzen (Angiospermen) sind sie zusammengerollt und an den Rändern verwachsen, so daß dadurch ein Gehäuse für die Samen gebildet wird, das man Stempel (pistillum, ovarium, Gynäzeum) genannt hat. Sind in einer Blüte mehrere Fruchtblätter vorhanden, so kann jedes einzelne einen besonderen Stempel bilden, und es erscheinen dann mehrere oder zahlreiche einblättrige Stempel in schraubenförmiger oder sternförmiger Anordnung als Abschluß des Sproßes in der Mitte der Blüte, wie z. B. bei den Ranunculazeen (s. Abbildung des *Ranunculus glacialis*, S. 176, Fig. 4). Bei den Mandeln, Pflaumen und Kirschchen, dann bei den Schmetterlingsblütlern und einigen anderen mit diesen verwandten Pflanzengruppen ist am Ende des Blüten sproßes nur ein einziger einblättriger Stempel ausgebildet. Viel öfter findet man aber im Zentrum der Blüte mehrere Fruchtblätter zu einem einzigen Stempel verwachsen (s. Abbildung der *Phytolacca decandra*, S. 176, Fig. 1). Nach der Art und dem Grade der Verwachsung unterscheidet man eine große Zahl verschiedener Baupläne der mehrblättrigen Stempel, die insbesondere zur Charakterisierung der Familien und Gattungen treffliche Anhaltspunkte geben. Die auffallendsten Verschiedenheiten sind dadurch bedingt, daß das eine Mal die wirteligen Fruchtblätter der ganzen Länge nach miteinander verschmolzen sind, während sich ein andermal die Verwachsung nur auf die unteren Teile beschränkt, daß manchmal die eingerollten, verwachsenen Ränder der benachbarten Fruchtblätter zu Scheidewänden im Inneren des Stempels werden, was dann zur Fächerung führt, während in anderen Fällen diese Scheidewandbildung unterbleibt, die Fruchtblätter wie die Dauben eines Fasses sich aneinanderschließen und ein ungefächertes Gehäuse bilden.

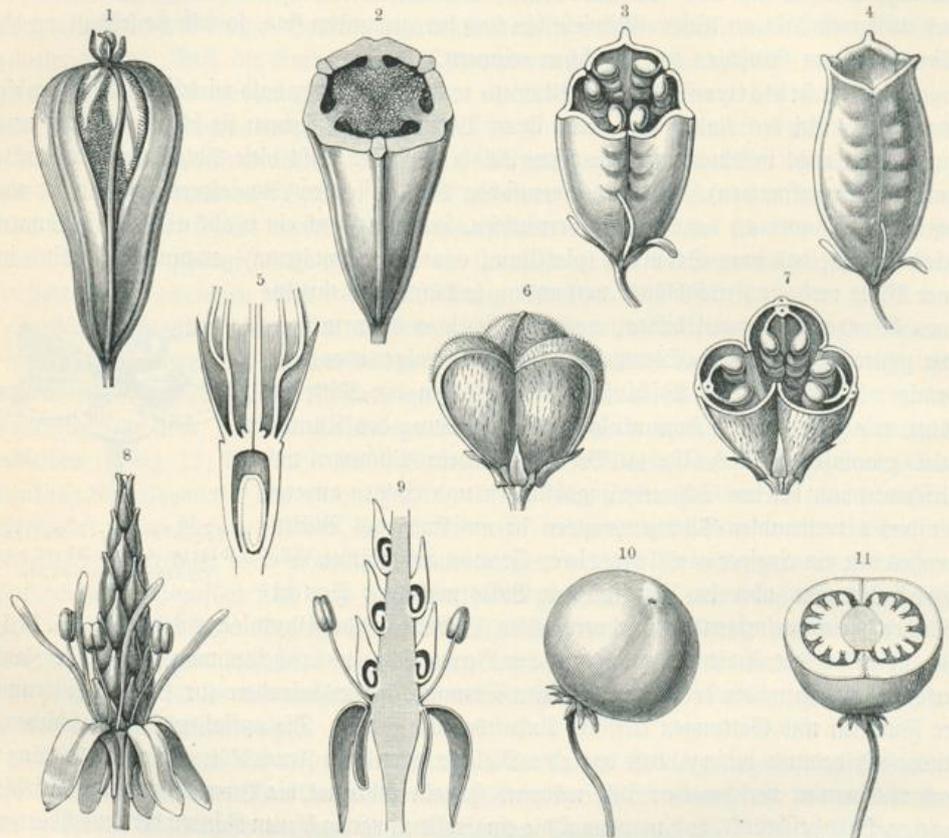
Man unterscheidet als Teile des Stempels den Fruchtknoten, den Griffel und die Narbe. Der Fruchtknoten (die Anlage der Frucht) stellt, wie der Name sagt, in den meisten Fällen ein knotenförmiges Gebilde dar. Umriß und Oberfläche desselben bieten geringe Verschiedenheiten im Vergleich zu der Mannigfaltigkeit der anderen Blütenteile. Meistens ist seine Gestalt eiförmig, ellipsoïdisch, kugelig oder scheibenförmig, seltener in die Länge gestreckt, zylindrisch und walzenförmig, manchmal auch von der Seite her zusammengedrückt und schwert- oder säbelförmig. Oftmals erheben sich an seinem Umfange, entsprechend der Zahl der Fruchtblätter, welche ihn aufbauen, vorspringende Höcker, Wülste, Ecken, Kanten, Leisten und Riele, und insbesondere häufig begegnet man drei- und fünfkantigen Formen. Die Haare, Borsten, Stacheln und Flügel, welche an dem später zum Fruchtgehäuse gewordenen Fruchtknoten in so



Bogenförmige Pollenblätter in der Blüte von *Cyclanthera pedata*.

auffallender Weise hervortreten, sind zur Zeit des Blühens meistens so unentwickelt, daß man nicht einmal die Anlagen zu diesen Auswüchsen erkennt.

In seinem Inneren birgt der Fruchtknoten die Anlagen der Samen, aus welchen nach erfolgter Befruchtung die reifen Samen hervorgehen. Man hat dieselben unrichtigerweise mit den Eiern der Tiere verglichen und zuzeiten auch Eichen (ovula) genannt. Auch

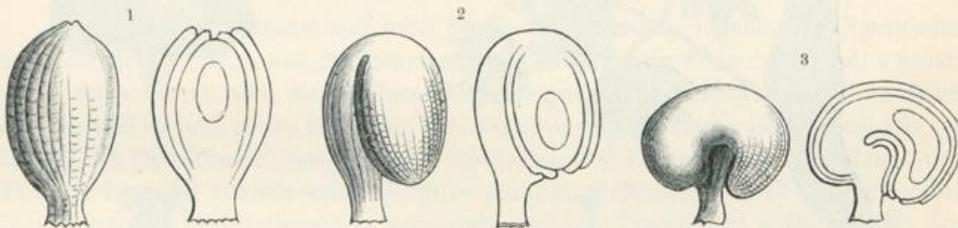


Verschiedene Formen von Fruchtknoten: 1) aufgesprungene Frucht der *Miltonia stellata*; 2) Fruchtknoten der *Miltonia stellata*, quer durchschnitten; 3) Fruchtknoten einer *Reseda* (*Roseda*), quer durchschnitten, 4) derselbe Fruchtknoten, nicht durchschnitten; 5) Längsschnitt durch den Fruchtknoten von *Helianthus tuberosus*; 6) Fruchtknoten des Veilchens (*Viola odorata*), 7) derselbe, quer durchschnitten; 8) Fruchtknoten in der Blüte des *Myosurus minimus*, 9) derselbe, im Längsschnitt; 10) unreifer Fruchtknoten der Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*), 11) derselbe, quer durchschnitten. Sämtliche Figuren etwas vergrößert. (Zu S. 182 und 183.)

die Namen Samenknospen und Keimknospen waren ehemals üblich. Es dürfte aber das passendste sein, diese Gebilde als das, was sie sind, nämlich als Samenanlagen, zu bezeichnen. Sie haben eine etwas verschiedene Gestalt: sie stehen auf einem langen Stiel aufrecht (s. Abbildung, S. 183, Fig. 1) oder werden durch das Wachstum des Stieles umgekehrt (Fig. 2) oder sind gekrümmt (Fig. 3). Vgl. auch S. 268.

Ehemals wurden die Samenanlagen ausnahmslos als Teile der Sprossachse angesehen, man hielt die Samenanlagen einer Knospe für gleichwertig, was zu der Bezeichnung „Samenknospe“ Veranlassung gegeben hat. Weiter nahm man an, daß die Achse mit den Fruchtblättern verwachsen sein könne, und daß es dann den Eindruck mache, als ob die Samen-

anlagen aus den Fruchtblättern entspringen. Später deutete man die Samenanlagen aller Pflanzen als Blattgebilde, als Teile der Fruchtblätter; dann hielt man wieder die Samenknope bald für ein umgewandeltes ganzes Blatt, bald bloß für den Teil eines Blattes usw. Tatsächlich sind die Samenknochen morphologisch nicht in allen Abteilungen des Pflanzenreiches ganz dasselbe. Bei manchen Zykadeen stehen sie an Stelle von Blattsiedern. Auch bei den Blütenpflanzen ist der Ursprung der Samenanlagen recht verschieden. Meistens entspringen sie aus Gewebepolstern, die an den Fruchtblättern entstehen und Plazenten heißen (vgl. Abbildung, S. 182), in anderen Fällen aus einer von der Blütenachse gebildeten Zentralplazenta oder als endständige Bildungen um die Spitze der Blütenachse innerhalb des Fruchtknotens. Die Entwicklungsgeschichte reicht nicht aus, um die morphologische Natur (die Homologie) der Samenanlagen als eine allgemeine zu bestätigen. Da die Samenanlagen in allen Fällen die weiblichen Sexualorgane der höheren Pflanzen sind, die sich von den Mikrosporangien der Kryptogamen (s. S. 259) ableiten, so ist auch gar nicht vorauszusetzen, daß sie in allen Fällen Metamorphosen der gleichen Vegetationsorgane darstellen können.



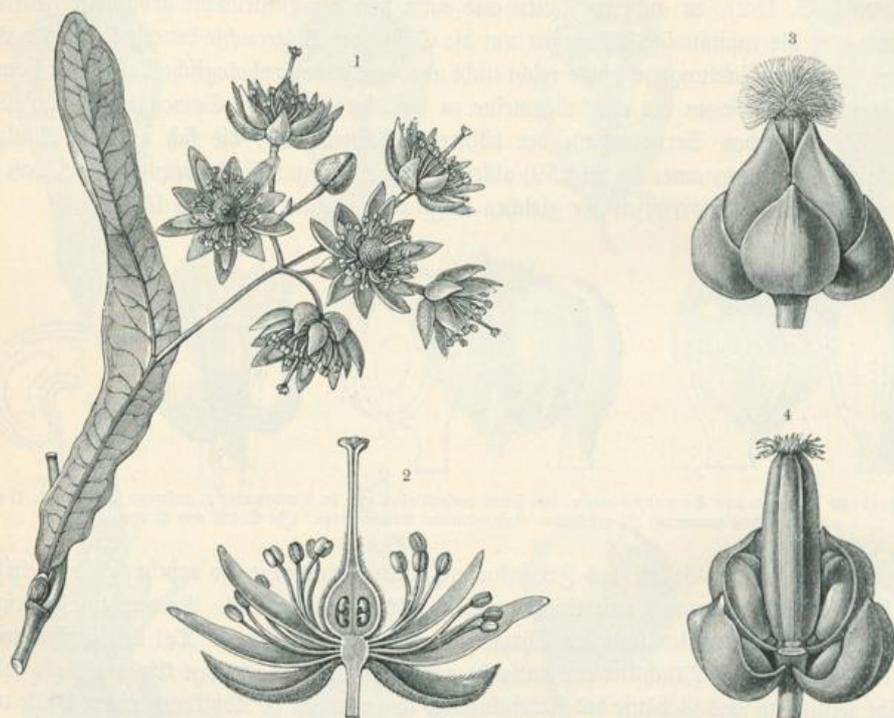
Verschiedene Formen der Samenanlagen, jede Form perspektiviert und im Durchschnitt: 1) aufrechte (orthotrope), 2) umgewendete (anatrop), 3) gekrümmte (campylotrope) Samenanlage. (Zu S. 182 und S. 269.)

Was die äußere Gestalt des Fruchtknotens weiter anbetrifft, so erhebt sich der Griffel vom Scheitel, bisweilen auch von einer der Seiten des Fruchtknotens. An dem einblättrigen Stempel der Fingerfräuter und der Chrysobalanen sieht man in der Tat den Griffel nicht aus dem Scheitel des Fruchtknotens entspringen, sondern es macht den Eindruck, als wäre derselbe seitlich an das Gehäuse des Fruchtknotens angewachsen (s. Abbildung einer Blüte von *Chrysobalanus*, S. 175, Fig. 3). An Stempeln, welche aus mehreren wirtelig gestellten, verwachsenen Fruchtblättern aufgebaut sind, wie z. B. an jenem der *Phytolacca decandra* (s. Abbildung, S. 176, Fig. 1), erscheinen die Griffel oft getrennt und immer einseitig dem betreffenden Fruchtknotenfache aufgesetzt; wenn aber mehrere wirtelig gestellte Fruchtblätter bis hinauf zur Narbe vollständig miteinander verwachsen sind, dann ist nur ein einziger Griffel zu sehen. Manchmal fehlt an dem Stempel der Griffel, und dem Fruchtknoten sitzt dann unmittelbar die Narbe auf, wie das jede Tulpe zeigt.

Die Narbe hat die Pollenzellen aufzunehmen und festzuhalten, und je nachdem diese durch den Wind herbeigetragen oder in zusammenhängenden Klümpchen durch Insekten in die Blüten gebracht werden, ist ihre Form verschieden. In dem einen Falle sind die Narben pinselförmig und federförmig, oder die Teile derselben sind wie ein Federbusch ausgespreizt; in dem anderen Falle finden sich an derselben vorspringende Papillen, Höcker, Kanten und Leisten, an welchen die in die Blüteeinfahrenden Insekten den Pollen abstreifen.

Daß die Pollenblätter metamorphosierte Blätter sind, ist mehrfach hervorgehoben. In den Blüten der Scerosen ist eine scharfe Grenze von Pollenblättern und Blumenblättern überhaupt

nicht zu finden, und man kann dort deutlich ein allmähliches Übergehen der einen in die anderen bemerken. Auch die Blüten gewisser Linden (*Tilia americana*, *alba*, *tomentosa*) sowie die Blüten des Dreizacks (*Triglochin*) sind in dieser Beziehung sehr lehrreich. Bei der Silberlinde (*Tilia tomentosa*; s. untenstehende Abbildung, Fig. 1 und 2) ist unterhalb des Stempels zunächst ein Wirtel von Pollenblättern mit Antheren ausgebildet, diesem folgt ein Wirtel von Blättern ohne Antheren, der aber Honig zur Anlockung der Insekten absondert, dann kommt wieder ein Wirtel von Blättern mit Antheren und unter diesen neuerdings zwei



Blüten der Silberlinde (*Tilia tomentosa*) und einer Art des Dreizacks (*Triglochin Barollieri*); 1) Blütenstand der Silberlinde in natürlicher Größe, 2) Längsschnitt durch eine einzelne Blüte, vergrößert, 3) Blüte des Dreizacks im ersten Stadium des Aufblühens, 4) dieselbe Blüte in einem späteren Entwicklungsstadium, eins der oberen Blumenblätter weggeschnitten. Fig. 3 und 4 etwas vergrößert.

Wirtel von antherenlosen Blättern. Ähnlich verhält es sich bei *Triglochin*, dessen Blüten den Eindruck machen, als beständen sie aus zwei übereinander stehenden, ganz gleich eingerichteten Stockwerken (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3 und 4). Die Blüte beginnt unten mit einem Wirtel aus drei schalenförmigen Blättern ohne Antheren, über diesem folgt ein Wirtel aus drei Blättern mit Antheren, und es sind die großen Antheren während ihrer Entwicklung von den unter ihnen stehenden schalenförmigen Blättern wie von einem Mantel eingehüllt und geschützt. Nun folgt neuerdings ein Wirtel aus drei schalenförmigen, antherenlosen Blättern und über diesem nochmals ein Wirtel von drei Pollenblättern mit großen Antheren, und zwar genau in derselben Gruppierung wie in dem unteren Stockwerke. Wenn einmal der staubförmige Pollen aus den Antheren ausfällt, wird er nicht sofort durch die Luftströmungen entführt, sondern fällt zunächst in die schalenförmige Aushöhlung der unter den Antheren

stehenden Blätter und bleibt hier so lange deponiert, bis der geeignete Zeitpunkt zu seiner Übertragung auf die Narbe einer anderen Blüte gekommen ist. Diese schalenförmigen Blätter, obgleich selbst ohne Antheren, sind also eine Zeitlang mit Pollen angefüllt und sehen aus wie Antheren, welche sich eben geöffnet haben. Sie sind für die rechtzeitige Verbreitung des Pollens und für das Zustandekommen der Befruchtung von größter Wichtigkeit und können mit Rücksicht auf die Rolle, welche sie zu spielen haben, als antherenlose Pollenblätter aufgefaßt werden. In der botanischen Kunstsprache werden die antherenlosen Pollenblätter, d. h. jene Hochblätter, welche zufolge ihrer Stellung in der Blüte den Pollenblättern entsprechen, aber keine Antheren tragen, und deren Gestalt sich bald jener der Staubfäden, bald jener der Kronenblätter nähert, *Staminodien* genannt. Lehrreiche Beispiele von Übergängen der Blumenblätter in Pollenblätter liefern auch gefüllte Blüten, z. B. die gefüllten Päonien und die Gartenrosen.

### Verzweigung in der Blütenregion.

Da die Blüte der Anlage nach selbst ein Sproß ist, so zeigt sie auch alle Eigenschaften eines Sproßes. Es kann aus ihr statt einer Einzelblüte auch ein Verzweigungssystem hervorgehen, dessen Enden dann die einzelnen Blüten tragen. Die Sproßnatur der Blütenstände zeigt sich vielfach noch darin, daß außer den Blüten auch noch Blätter, freilich meist sehr verkleinerte, am Blütenstande sitzen, aus deren Achseln dann die Blüten entspringen. Diese Tragblätter verlieren bei anderen jegliche Funktion und sind zu Schuppen (*Brakteen*) verkümmert. Endlich kann die Verkümmerng so weit gehen, daß von Tragblättern nichts mehr an dem Sexualsproß zu sehen ist, wie bei den Blütenständen der Koniferen. In der Erzeugung solcher Verzweigungen der Blütenprosse, wodurch die mannigfaltigsten Blütenvereine zustande kommen, ist die Pflanze Meisterin. Wie schon oben erwähnt, nennt man diese Verzweigungen *Blütenstände* oder *Infloreszenzen*. Zum Zwecke der Pflanzenbeschreibung hat sich das Bedürfnis herausgestellt, die verschiedenen Blütenstände mit kurzen Namen zu belegen, und es wurde eine eigene Terminologie festgestellt, welche zu dem Trefflichsten gehört, was die Botaniker zu Ende des 18. Jahrhunderts geschaffen haben. Leider ist dieselbe in neuerer Zeit durch das Einführen und Substituieren einer Anzahl aus dem Griechischen abgeleiteter, sehr gelehrlich klingender, aber vollständig überflüssiger Namen nicht nur nicht verbessert, sondern recht schwerfällig gemacht worden. Diese Terminologie in ihren Einzelheiten zu verfolgen, liegt nicht im Plane dieses Buches. Hier genügt es, die auffallendsten Formen der Blütenstände mit ihren seit alter Zeit eingebürgerten Namen übersichtlich vorzuführen.

Um die Darstellung der Blütenstände zu erleichtern und die Beschreibungen abzukürzen, empfiehlt es sich, die Hauptachse, um welche sich alle einzelnen Blütenstiele wie um ein gemeinsames Zentrum gruppieren, oder welche in auffallender Weise die Führung des ganzen Achsensystems übernommen hat, als *Spindel* zu bezeichnen.

Man hat die Blütenstände übersichtlich in zwei Gruppen, in zentrifugale und zentripetale, zusammengestellt. In den zentrifugalen Blütenständen schließt die Spindel mit einer Blüte ab, die zum Mittelpunkt des ganzen Blütenstandes wird. Dieser Blüte stellen sich alsbald zwei oder drei jüngere Blüten an die Seite, deren Achsen unterhalb der zuerst angelegten Blüte aus der Spindel entspringen. In jeder dieser Seitenachsen können wieder Seitenachsen entstehen, welche die von ihnen getragenen Blüten gleichfalls in die Höhe der

mittelständigen ersten Blüte stellen. Die Blütenknospe, von welcher die Spindel abgeschlossen wird, öffnet sich immer zuerst, dann kommen die Blütenknospen an den Seitenachsen erster Ordnung, dann jene an den Seitenachsen zweiter Ordnung usw. an die Reihe. Im großen und ganzen geht demnach die Entfaltung der Blütenknospen vom Zentrum gegen den Umfang des Blütenstandes entsprechend der Altersfolge vor sich, und ein solcher Blütenstand kann daher auch zentrifugal genannt werden. Die einfachste Form, gleichsam das Vorbild aller zentri-



Zentrifugale und gemischte Blütenstände: 1) zusammengesetzte Zyme von *Evonymus europaeus*; 2) gemischter Blütenstand von *Tenerium orientale*; 3) Blütenknäuel von *Cophaelis Ipeacacuanha*. (Zu S. 186—187.)

fugalen Blütenstände, ist die einfache Zyme (*cyma*). Sie zeigt nur drei Blüten, eine mittlere ältere, welche den Abschluß der Spindel bildet, und zwei seitliche jüngere. Da die letzteren in gleicher Höhe von der Spindel entspringen, so erscheint die einfache Zyme als dreizinkige Gabel. Manchmal kommt es vor, daß die Blütenknospe an der Spindel verkümmert oder gar nicht zur Entwicklung gelangt, und dann präsentiert sich der Blütenstand wie eine zweizinkige Gabel (*dichasium*, z. B. bei vielen Geißblattarten). Haben sich an den von der Spindel ausgehenden Seitenachsen statt einzelner Blüten einfache Zymen entwickelt, so spricht man von einer zusammengesetzten Zyme. Als Beispiel möge hier der europäische Spindelbaum (*Evonymus europaeus*; s. obenstehende Abbildung, Fig. 1) vorgeführt sein. Die Blütenstiele können an der zusammengesetzten Zyme dreigabelig oder zweigabelig gruppiert sein,

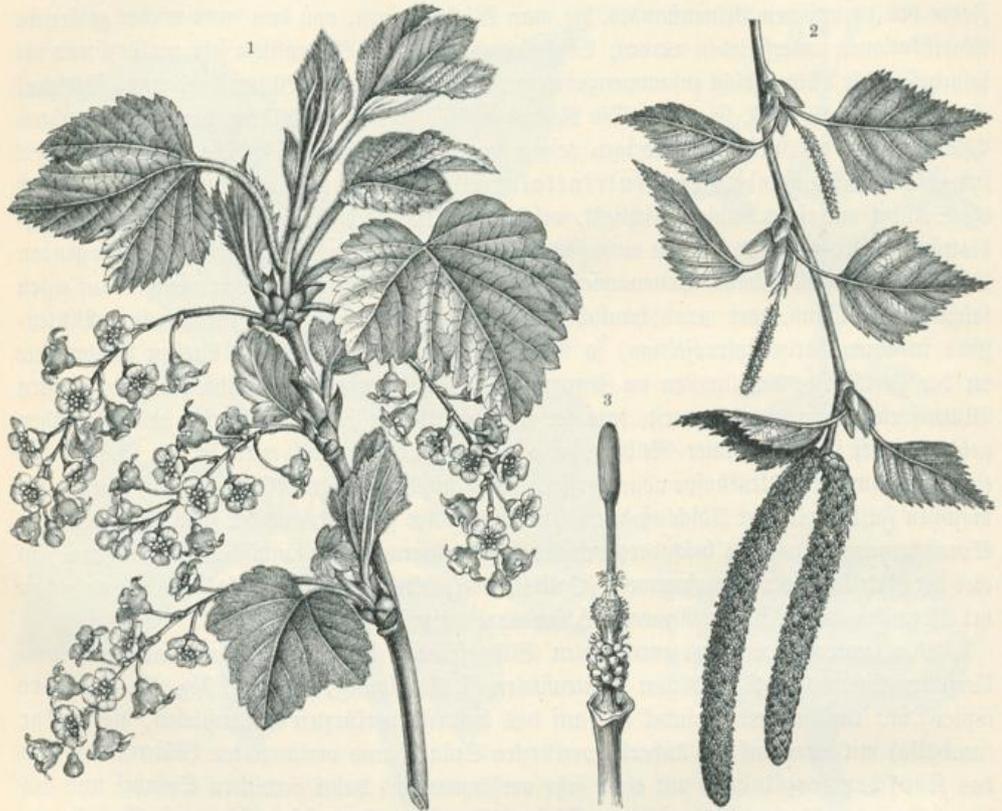
und es kann sich diese Verzweigung schier endlos wiederholen, wie das z. B. an dem rispigen Gipsstraute (*Gypsophila paniculata*) der Fall ist. Manche Zymen sehen den Dolden ähnlich und werden daher auch Trugdolden genannt. Wenn von zwei gegenständigen Blütenstielen oder Seitenachsen einer Zyme die eine nicht zur Entwicklung kommt, die andere dagegen sehr kräftig wird und die Spindel überholt und überragt, so macht sie den Eindruck der Hauptachse und die Spindel den Eindruck einer Seitenachse. Dasselbe kann sich auch an den Teilen einer zusammengesetzten Zyme wiederholen. Geht das so fort und fort, so entsteht jene Form des zymatischen Blütenstandes, die man Wickel nennt, von dem dann wieder zahlreiche Modifikationen unterschieden werden. Erscheinen dagegen die Blütenstiele sehr verkürzt und infolgedessen die Blüten dicht zusammengedrängt, so nennt man den Blütenstand einen Büschel (s. Abbildung, S. 186, Fig. 3). Die Nessengewächse, die Lippenblütler, die rauchblättrigen Pflanzen und die gekreuzblättrigen zeigen eine geradezu unerhörliche Mannigfaltigkeit zymatischer Blütenstände. Die zentripetalen Blütenstände sind daran zu erkennen, daß die Spindel mit einer Knospe abschließt, welche dem Alter nach das jüngste Gebilde am Hochblattstamm ist, während die am entgegengesetzten unteren Ende der Spindel entspringenden Blütenstiele als die ältesten Seitenachsen aufzufassen sind. Sieht man von obenher auf einen solchen Blütenstand, oder veranschaulicht man sich die Ausgangspunkte der einzelnen Blütenstiele in einer Horizontalprojektion, so stehen die untersten und zugleich ältesten Blütenstiele an der Peripherie, die jüngsten im Zentrum des Blütenstandes. Die Blüten an den ältesten Blütenstielen entfalten sich zuerst, jene der jüngsten Blütenstiele zuletzt, und das Ausblühen geht demnach in zentripetaler Reihenfolge vor sich. Die Spindel wird in der Regel durch eine verkümmerte Blütenknospe abgeschlossen, welche nicht zur weiteren Entwicklung kommt. In manchen Fällen wird der Abschluß durch eine Laubknospe gebildet, aus der später ein belaubter Sproß hervorgeht, wie das besonders auffallend an mehreren neuholländischen Myrtengewächsen aus der Abteilung der Leptospermeen (*Callistemon*, *Metrosideros*, *Melaleuca*), desgleichen bei Bromeliaceen (z. B. der Ananas, *Ananassa sativa*) der Fall ist.

Man unterscheidet von zentripetalen Blütenständen die Traube (*racemus*) mit verlängerter Spindel und deutlichen Blütenstielen (s. Abbildung, S. 188, Fig. 1), die Ähre (*spica*) mit verlängerter Spindel und auf das äußerste verkürzten Blütenstielen, die Dolde (*umbella*) mit einer auf das äußerste verkürzten Spindel und verlängerten Blütenstielen und das Köpfchen (*capitulum*) mit einer sehr verkürzten und dabei verdickten Spindel und auf das äußerste verkürzten Blütenstielen. Dieser Blütenstand kennzeichnet die große Familie der Kompositen, zu denen die Kamille, die Astern, die Wucherblume gehören. Alle diese Blütenstände sind durch Mittelformen miteinander verkettet, von welchen die für die Schotengewächse besonders charakteristische Doldentraube (*corymbus*), ein Bindeglied von Dolde und Traube, besonders erwähnt zu werden verdient.

Die größte Mannigfaltigkeit zeigt das Köpfchen, zumal wegen der zahlreichen gehäuften Deckblätter, welche zusammengenommen als flehchartige Hülle die Blüten umgeben. Erwähnenswert ist auch noch eine Form der Ähre mit verdickter Spindel, welche Kolben (*spadix*) genannt wird (s. Abbildung, S. 188, Fig. 3), und dann die unter dem Namen Käzchen (*amentum*) bekannte Ähre, welche Blüten ohne Blumenblätter in den Achseln schuppenförmiger Deckblätter enthält und nach dem Verblühen oder nach der Fruchtreife abfällt, nachdem an der Basis der Spindel vorher eine Trennung des Gewebes und eine Ablösung der Zellen stattgefunden hat (s. Abbildung, S. 188, Fig. 2).

Ähren, ährenförmig gruppiert, bilden eine zusammengesetzte Ähre; Trauben, in Traubenform angeordnet, erzeugen eine zusammengesetzte Traube oder Rispe, und Dolden, doldenförmig vereinigt, geben eine zusammengesetzte Dolde. Erstgenannte kommt bei Gräsern, letztgenannte bei den Doldengewächsen sehr häufig vor.

Man unterscheidet nun auch noch die mannigfaltigsten anderen Kombinationen der oben aufgeführten einfachen Blütenstände, und es ist sehr beachtenswert, daß insbesondere Ver-



Zentripetale Blütenstände; 1) Traube von *Ribes rubrum*; 2) Kätzchen von *Betula verrucosa*; 3) Kolben von *Arum maculatum*. (Zu S. 187.)

bindungen zentripetaler mit zentrifugalen Blütenständen häufig vorkommen. Köpfchen, sowie zusammengesetzte Dolden, welche zymatisch angeordnet sind, Zymen, welche sich in Form von Ähren und Trauben aneinander reihen, sind eine sehr gewöhnliche Erscheinung. In solchen Blütenständen findet dann ein Umspringen in der Reihenfolge des Aufblühens statt. Unter den zusammengesetzten Dolden, welche zu einer Zyme vereinigt sind, kommt die mittelständige Dolde zuerst an die Reihe; aber es öffnen sich an ihr nicht die mittelsten Blüten, sondern jene, welche an ihrem Umfange stehen (s. Abbildung, S. 189). Sind Zymen ährenförmig gruppiert, so blühen zuerst jene an der Peripherie des ganzen Blütenstandes auf, aber das Aufblühen der einzelnen Zymen erfolgt in entgegengesetzter Richtung (s. Abbildung, S. 186, Fig. 2).

Mehr als der achte Teil aller lebenden Blütenpflanzen hat die Blüten in Köpfchen vereinigt, und es dürfte dieser Blütenstand der häufigste von allen sein. Nach ihm kommt die Zyme mit ihren verschiedenen Modifikationen und dann erst die Dolbe, die Traube und die Ähre. Unter allen Gewächsen zeigen die ausdauernden Stauden die im Verhältnis zur Größe des ganzen Stockes umfangreichsten Blütenstände. Manche derselben schieben alljährlich nur einen Stengel über die Erde empor, der an der Basis einige große Laubblätter trägt, weiter aufwärts aber mit schuppenförmigen Deckblättern besetzt ist, sich in zahlreiche Dolben, Trauben und Zymen auflöst und so einen einzigen riesigen Blütenstand bildet. Als Beispiel für diese im Orient, zumal in den Steppenlandschaften Irans und Turkistans, heimische Form kann das auf der Tafel „Orientalische Doldenpflanzen“ bei S. 110 abgebildete *Euryangium Sumbul* gelten. Diese bei Pentshafend südlich von Samarkand im südlichen Turkistan häufige Doldenpflanze entwickelt zu Beginn der Vegetationszeit fünf grundständige, in unzählige Zipfel zerteilte, moschusduftende Laubblätter, die aber nur einige Wochen hindurch ihr frisches Grün bewahren und verhältnismäßig früh welken, bleichen und ein bläsviolettes Kolorit annehmen. Sobald die Verfärbung dieser grundständigen Blätter begonnen hat, erhebt sich ein laubloser, blau bereifter, spargelartiger, 4—5 cm dicker Sproß über die Erde, welcher in unglaublich kurzer Zeit die Höhe von 3—4 m erreicht, sich im oberen



Gemischter Blütenstand einer Umbellifere: zusammengesetzte Dolben, symmetrisch angeordnet.

Drittel quirlförmig verzweigt und in zahlreiche Döldchen auflöst. Ähnlich dieser seltsamen Sumbulstauden verhält sich noch eine ganze Reihe orientalischer Doldenpflanzen, so namentlich aus der Gattung *Ferula* und *Scorodosma*. Auch mehrere schotentragende steppenbewohnende Stauden aus der Gattung *Crambe* entwickeln binnen wenigen Wochen einen Blütenstand mit sparrig abstehenden langen Zweigen von 2 m Höhe und nahezu 2 m Breite. Diesen Staudenpflanzen schließt sich auch die unter dem Namen hundertjährige Aloe bekannte *Agave americana* an, welche auf S. 79 abgebildet ist. Der über die Rosette aus dicken, fleischigen, dornig gezähnten Laubblättern sich erhebende 5—7 m hohe und 6—12 cm dicke Stamm ist nur mit schuppenartigen, vertrocknenden, chlorophyllosen Blättern besetzt und wird zur Spindel eines Blütenstandes, der zu den größten gehört, welche die Pflanzenwelt aufweist.

Im Gegensatz zu den Staudengewächsen, deren rasch aufsprossende und durch sehr große Blütenstände abgeschlossene Stämme krautig bleiben und nach dem Abfallen der Früchte und



Blühende *Corypha umbraeulifera* auf Ceylon. (Nach Rausfonnet.)

Samen wieder bis zum Grunde abdorren und absterben, ohne zu verholzen, zeigen unsere Holzgewächse, zumal die Bäume, der Mehrzahl nach nur kleine Blütenstände. Allerdings ist die Zahl dieser kleinen, die Bäume schmückenden Blütenstände ungemein groß. Häufig sind die Blumenblätter grünlich gefärbt, und die unscheinbaren, noch dazu zwischen dem Laube verteilten Blütenstände werden dann aus einiger Entfernung gar nicht bemerkt. Manchmal dagegen reihen sich die von holzigen Zweigen getragenen zahlreichen kleinen, aber lebhaft gefärbten Blütenstände dicht aneinander und fließen förmlich zusammen. Wenn an solchen Gewächsen die Entfaltung der Blüten vor jener des grünen

Laubes stattfindet, wie beispielsweise beim Mandelbaum und Kirschbaum, so macht jeder Baum für sich, aus der Ferne gesehen, den Eindruck eines riesigen Blütenstraufes. In den Tropen sind die Laubbäume meistens mit großen, schönfarbigen Blüten ausgerüstet, und die Pracht der blühenden *Pithecolobien*, von *Poinciana regia*, *Jacaranda*, *Jambosa*, *Bombax malabaricus*, *Barringtonia*, *Wormia* u. a. ist unvergleichlich.

Bei den Palmen findet man nur wenige Blütenstände, diese sind aber gewöhnlich sehr groß und reichblütig. Überhaupt kommen bei den Palmen die umfangreichsten aller Blütenstände vor. Jene der Dumpalme (*Hyphaene thebaica*) sowie mehrerer Phönixarten werden über 1 m, jene der *Raffia Ruffii* und der *Plectocomia elongata* 2 m lang, und der Schattenspalme (*Corypha umbraculifera*; s. die Tafel bei S. 190 und die Abbildung, S. 190) wird nachgerühmt, daß sie unter allen Pflanzen der Welt den umfangreichsten Blütenstand besitzt. Diese merkwürdige zweihäufige Palme wächst verhältnismäßig langsam, und es vergehen oft 30—40 Jahre, bis ihr Stamm die Höhe von 20 m erreicht. In diesem Zeitraum kommen niemals Blüten zum Vorschein; erst wenn der Stamm im 70. bis 80. Jahre seine volle Größe von 22 m erlangt hat, erhebt sich aus seinem Scheitel der Blütenstand, dessen Spindel die Höhe von 14 m zeigt. Von dieser Spindel zweigen sich 12—13 stielrunde Äste ab, deren unterste 6 m lang werden. Alle Äste sind in zahlreiche Zweige und Zweiglein aufgelöst und reichlich mit Blüten besetzt. Der ganze Blütenstand zeigt dann, vollkommen ausgewachsen, die fabelhafte Höhe von 14 m und die Breite von 12 m. Sobald sich die Blüten öffnen, beginnen die darunterstehenden fächerförmigen Laubblätter nach und nach zu welken und fallen häufig während der Blütezeit sämtlich ab, so daß dann der Schaft nur den Blütenstand auf seinem Scheitel trägt. Die Blütezeit erstreckt sich über 3—4 Wochen. Sobald die Blütezeit vorüber und die Reife der fruchttragenden Stämme eingetreten ist, stirbt der ganze Stamm ab, und jedes Individuum dieser Palme blüht daher in seinem Leben nur einmal. (Vgl. S. 78.)

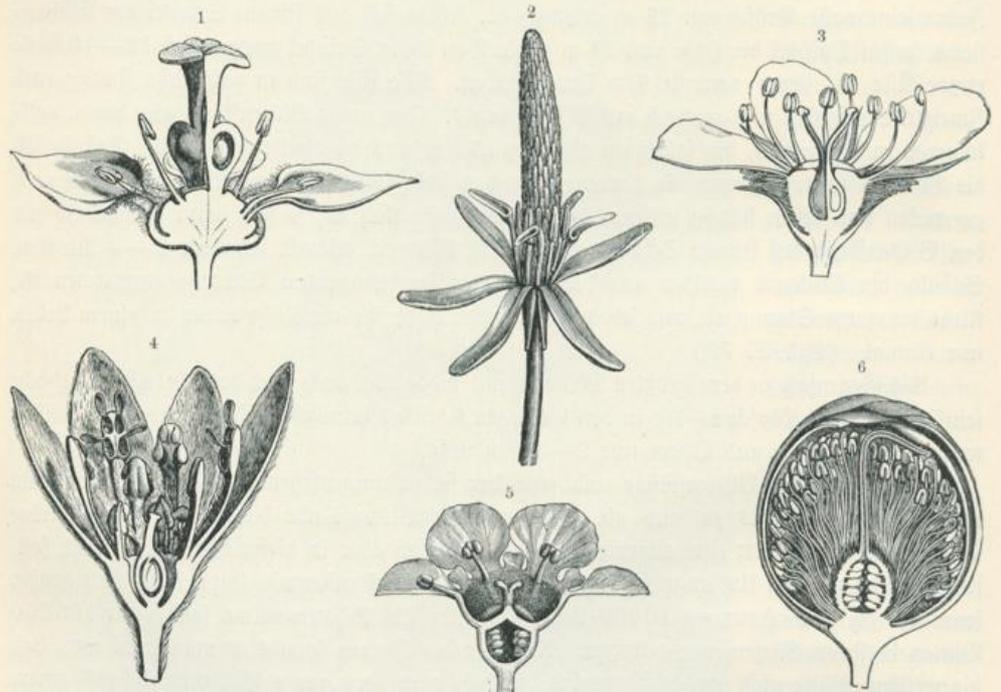
Als Gegensatz zu dem größten Blütenstande möge hier auch noch des Kleinsten gedacht sein, nämlich des Köpfcens der in den Gebirgen Korsikas heimischen *Nananthea perpusilla*, welches in die Höhe und Quere nur 2—3 mm mißt.

Die Größe der Blütenstände und jene der sie zusammensetzenden Blüten nimmt nicht in gleichem Verhältnis zu und ab. Umfangreiche Blütenstände haben häufig sehr kleine Blüten und umgekehrt; eine allgemeine Regel läßt sich aber in dieser Beziehung nicht feststellen. Bei gleichem Umfange zeigt der Blütenstand der *Paulownia imperialis* 100 große, jener der *Spiraea Aruncus* 10 000 kleine Blüten. Die Schattenspalme soll gegen 100 000 Blüten in ihrem Riesentraufe tragen. An einfachen Zymen kommt es manchmal vor, daß die mittlere Blüte nicht ausgebildet wird, so daß dann der ganze Blütenstand aus einem Paare meist eigentümlich verwachsener Blüten besteht, wie das an vielen Arten der Gattung Geißblatt (z. B. *Lonicera alpigena*, *coerulea*, *nigra*, *Xylosteum*) zu sehen ist. Bei vielen Akanthazeen, Windlingen und Nachenblütlern beobachtet man dagegen, daß von den drei Blüten einer einfachen Zyme die beiden seitlichen Blütenanlagen unterdrückt werden, und daß nur die mittelständige zur Entwicklung gelangt, in welchem Falle dann der ganze Blütenstand nur durch eine einzige Blüte repräsentiert ist.

Der Blütenboden, d. h. jener Teil des Blütenstiemes, aus welchem die Blumenblätter und andere Blütenorgane hervorgehen, ist immer etwas verbreitert und entweder kegel- oder scheibenförmig. Derselbe ist manchmal sehr verlängert, kegel- oder zapfenförmig und trägt dann gewöhnlich zahlreiche dicht gedrängte Fruchtanlagen (z. B. bei *Myosurus* in der Abbildung auf S. 192, Fig. 2, und S. 182, Fig. 8 und 9). In anderen Fällen ist er sehr kurz, halbkugelig oder kuchenförmig und trägt nur eine einzige Fruchtanlage, welche im Inneren zahlreiche Samenanlagen enthält (z. B. *Bixa Orellana* in der Abbildung auf S. 192, Fig. 6).

Im Gegensatz zu den somit sehr einfach gebauten Formen des Kegelbodens zeigt der

Scheibenboden eine große Mannigfaltigkeit. Der Scheitel der Achse, welcher die Fruchtanlagen trägt, ist bei demselben häufig von einem fleischigen Gewebe umwallt, von welchem die Blumenblätter und Pollenblätter ausgehen. In manchen Fällen wird die Basis der Fruchtanlage von dem umwallenden Gewebe nicht überhöht, wie z. B. in den Blüten des Götterbaumes (*Ailanthus glandulosa*; s. untenstehende Abbildung, Fig. 1), häufig aber bleibt der die Fruchtanlage tragende Scheitel der Achse im Wachstum sehr zurück, während das Gewebe des Walles sich erhebt und die Gestalt eines die Fruchtanlage umgebenden Bechers oder Kraters annimmt. Man sieht dann die Fruchtanlage im Grunde des Bechers oder Kraters stehen. Die Pollenblätter

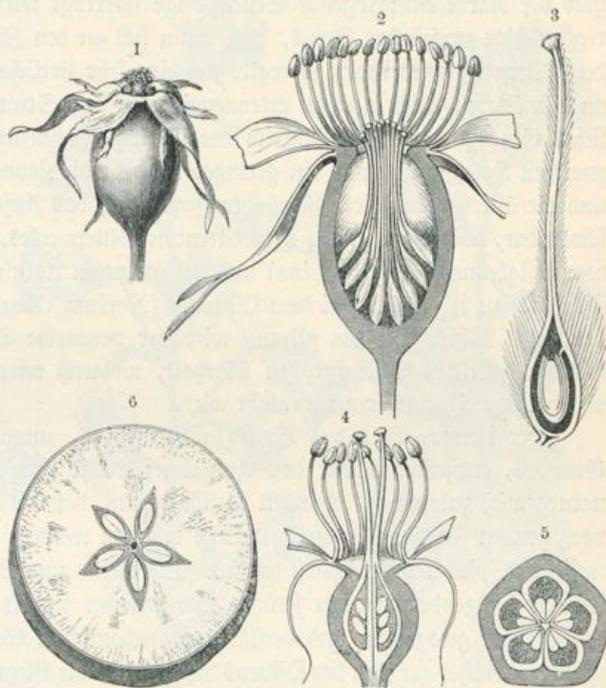


Blütenböden: 1) Scheibenboden von *Ailanthus glandulosa*; 2) Kelchboden von *Myosurus minimus*; 3) Hypanthium von *Agrimonia Eupatoria*; 4) Hypanthium von *Cinnamomum zeylanicum*; 5) Hypanthium von *Ribes rubrum*; 6) Kelchboden von *Bixa Orellana*. Fig. 2 in seitlicher Ansicht, die anderen im Längsschnitte. (Zellweise nach Baillon.) Zu S. 192–193.

und meistens auch die Blumenblätter entspringen dann vom Rande des Bechers, und zwar oberhalb der Basis der im Grunde des Bechers geborgenen Fruchtanlage (z. B. bei *Cinnamomum zeylanicum*; s. obenstehende Abbildung, Fig. 4). Meistens ist nur eine Fruchtanlage im Grunde des Bechers ausgebildet, in den Blüten der Rosen und mehrerer anderer Gattungen sind dagegen mehrere entwickelt. In manchen Fällen (z. B. bei *Ribes*; s. obenstehende Abbildung, Fig. 5) gehen nicht nur die Pollenblätter, sondern auch die Fruchtblätter vom Rande des Bechers aus und überdecken die kraterförmige Vertiefung des Blütenbodens. Mitunter ist die im Grunde des becherförmigen Blütenbodens entwickelte Fruchtanlage mit der Innenwand des Bechers verwachsen, wie beispielsweise in den Blüten von *Agrimonia Eupatoria* (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3). In jene Fällen, wo der Ansatzpunkt der Fruchtanlage von dem Rande des becherförmigen Scheibenbodens überhöht wird, wie das durch die Fig. 3, 4 und 5

der Abbildung auf S. 192 dargestellt ist, wird der Blütenboden Hypanthium genannt. Ein solches Hypanthium ist besonders deutlich bei den Rosen und Pomazeen ausgebildet, wo der Blütenboden tief krugförmig ausgehöhlt ist, in seinem Grunde die Früchtchen und auf seinem Rande die übrigen Blütenteile trägt. Der als Unterbau oder als Umwallung der Fruchtblätter ausgebildete Teil des Blütenbodens wird später sehr häufig zu einem Teile der Frucht. Häufig finden sich noch am Blütenboden Gewebepolster oder Ringe zwischen den Blütenteilen ausgebildet, z. B. S. 192, Fig. 1. Es sind Nektarien, und von ihnen wird meistens Honig ausgeschieden, der als Anlockungsmittel für die die Befruchtung vermittelnden Insekten dient.

Eine Eigentümlichkeit, welche den Blütenboden vor allen anderen Stammgebilden auszeichnet, und deren hier noch zum Schluß gedacht werden soll, ist das begrenzte Wachstum desselben. Solange der Blütenboden an seiner Peripherie Blütenorgane bildet, wächst er noch immer etwas in die Länge, wenn das Längenwachstum auch ein unbedeutendes ist. Nach Ausbildung der Blütenteile aber hat die Verlängerung der Achse nicht nur zeitweilig, sondern ein für allemal ihr Ende erreicht. Diese Tatsache ist insofern von Wichtigkeit, als durch sie einer der wenigen Unterschiede, welche man zwischen Stamm und Blatt feststellen zu können glaubte, eine Beschränkung erfährt. Aber auch mit Rücksicht auf die Architektur



Anlagen und Baupläne von Phanerogamenfrüchten: 1) Fruchtanlage einer Rose (*Rosa Schottiana*), 2) dieselbe, etwas vergrößert, im Längsschnitt, 3) ein dieser Fruchtanlage entnommener Stempel im Längsschnitt; 4) Fruchtanlage des Apfels (*Pirus Malus*), im Längsschnitt, 5) dieselbe, im Querschnitt, 6) Querschnitt durch einen Apfel, der aus dem Hypanthium (Fig. 4) entstand. Fig. 1 und 6 in natürl. Größe, Fig. 2, 4, 5: 3fach, Fig. 3: 8fach vergrößert.

des ganzen Pflanzenstockes hat das begrenzte Wachstum des Blütenbodens eine besondere Bedeutung. Das Stammstück, welches den Blütenboden bildet, trennt sich nämlich, und zwar gewöhnlich mitsamt dem Blütenstiel und nicht selten sogar mit der ganzen Spindel des Blütenstandes, von dem darunterstehenden Hauptstamme, sobald die Blüte ihre Funktion als Fortpflanzungsorgan erfüllt hat, es lösen sich die Blüten- und Fruchtstiele ab, sobald die Blumenblätter verwelkt, die Pollenbehälter entleert, die Früchte ausgereift sind, welcher Vorgang an das Ablösen jener Laubblätter erinnert, die nicht mehr imstande sind, die ihnen zukommenden Aufgaben zu erfüllen. Ähnlich wie nach dem Laubfall an den Ursprungsstellen der einzelnen abgetrennten Blätter eine Narbe entsteht oder ein vertrockneter Stummel zurückbleibt, bildet sich auch an der Stelle, wo sich Blüten oder Blattstiele abgetrennt haben, ein Narbengewebe aus, und an dieser Stelle wächst der Stamm niemals weiter. Mag der betrachtete Sproß mit

einer einzelnen Blüte oder mit einem ganzen Blütenstand endigen, niemals kann sich derselbe nach dem Abfallen der Früchte geradlinig verlängern, sein Spitzenwachstum ist ein für allemal abgeschlossen. Dagegen können aus den Achseln tieferstehender Laubblätter Seitentriebe hervorgehen und über die vernarbte Stelle hinauswachsen, was natürlich den Typus der Verzweigung und die Architektur des ganzen Stammes wesentlich beeinflusst. Dieser Einfluß tritt insbesondere bei den Holzpflanzen, zumal bei hochgewachsenen Sträuchern und Bäumen, auffallend hervor. Indem nämlich der vernarbte Gipfel eines Zweiges durch zwei nahe unterhalb der Narbe entspringende Seitenzweige überragt wird, entsteht eine mehr oder weniger regelmäßige zweizinkige Gabel, und wenn sich an den Zinken dieser Gabel der eben geschilderte Vorgang wiederholt, so ergibt sich eine sehr zierliche Form der Verzweigung, die selbst an den älteren Ästen noch zu erkennen ist und dem Strauch oder Baum ein ganz eigentümliches Gepräge verleiht. Während der jährliche Höhenzuwachs an den in solcher Weise verzweigten Holzpflanzen nur ein geringer ist, geht die Krone derselben auffallend in die Breite, und die älteren blattlosen Äste haben gewöhnlich das Ansehen eines Gewebes oder eines verschränkten, nach oben zu sich verbreiternden Gitterwerkes, wie das in auffallender Weise bei dem Essigbaum (*Rhus typhina*) und bei mehreren *Asculus*-arten (z. B. *Aesculus flava* und *discolor*) zu sehen ist. Bei dem Oleander (*Nerium Oleander*) und häufig auch bei unserer bekannten Mistel (*Viscum album*) wird der vernarbte Scheitel des Hauptsprosses von drei wirtelig gestellten Seitenprossen überholt, wodurch wieder eine eigentümliche Abänderung dieser Verzweigungsform veranlaßt wird.

Der innere Bau des Hochblattstammes, zumal die Anordnung des mechanischen Gewebes, entspricht immer den Aufgaben, welche dem Träger von Blüten und Früchten naturgemäß zukommen. Handelt es sich darum, daß die Blütenteile und die aus ihnen hervorgehenden Früchte in aufrechter Lage erhalten werden, so sind die Stiele und auch die betreffende Spindel biegungsfest gebaut. Die Stiele und Spindeln hängender Blüten und besonders hängender schwerer Früchte sind dagegen zugfest gemacht und in beiden Fällen mit entsprechend gelagertem und verstärktem mechanischem Gewebe ausgestattet. Derselbe Bastzylinder, welcher zur Zeit des Öffnens der Blumen die Biegungsfestigkeit des aufrechten Blütenstieles herzustellen hatte, wird später auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen, wenn aus der aufrechten Blüte eine hängende Frucht hervorgegangen ist. Auch das Umgekehrte kommt vor, und nicht selten werden aus hängenden zugfesten Blütenstielen aufrechte, sehr biegungsfeste, bei dem Ausstreuen der Samen beteiligte Fruchtstiele. Übrigens spielt bei allen diesen Lageänderungen auch die Turgeszenz des an der Peripherie der Blütenstiele ausgebildeten parenchymatischen Gewebes eine hervorragende Rolle.

## 9. Abweichende Formbildung im Pflanzenreiche.

### Mißbildungen.

Es ist nicht zu verkennen, daß in der Formbildung der Organe eine wiederkehrende, feste Regel herrscht, die dem Beobachter so zur Gewohnheit geworden ist, daß er Abweichungen davon nicht erwartet. Treten sie doch ein, so wirken sie überraschend, und indem man das als regelrecht angenommene als das Normale bezeichnet, nennt man die abweichenden Formen

abnorm, pathologisch, krankhaft. Was die Regel normaler Bildungen beherrscht, ist unbekannt. Man spricht wohl von inneren, erblichen Eigenschaften und bildlich von einem Typus, einem Bauplan. Aber das sind nur Bekenntnisse unserer unvollkommenen Einsicht. Die regelmäßigen Formbildungen sind in diesem Bande ausführlich beschrieben worden. Aber auch die gelegentlich vorkommenden „Bildungsabweichungen“, wie man sie genannt hat, erfordern unsere Aufmerksamkeit und unser Interesse bis zu einem gewissen Grade.

Sie erscheinen beinahe als Abwege von dem in der Natur vorgezeichneten Gesetz, was man mit dem Ausdruck des Pathologischen bezeichnen möchte, und dennoch haben auch diese Formen ihre Ursachen, denen zufolge sie so gut wie die normalen entstehen müssen. Besonders ist hervorzuheben, daß nicht jede Abweichung von einer als normal bezeichneten Form krankhaft zu nennen ist. Man nennt krankhaft z. B. eine übermäßige Vermehrung der Gewebe, was man als eine Hypertrophie bezeichnet. Wenn aber bei einer Zuckerrübe eine Hypertrophie der Wurzel eintritt, so nennt man das nicht krankhaft, obgleich die Wurzelform von der normalen abweicht. Man erkennt in diesem hypertrophischen Wachstum der Wurzel einen wichtigen Zweck für das Leben der Pflanze, die Schaffung eines Speicher-



Campanula Medium mit einfachen und gefüllten Blüten. (Zu S. 197.)

raumes. Daher wird man am besten nur dann Formänderungen als krankhaft oder pathologisch bezeichnen, wenn dabei eine Herabsetzung oder ein Verlust wichtiger Funktionen stattfindet. Blätter, die durch Eisenmangel ihr Chlorophyll nicht entwickeln, sind krankhaft verändert. Einen Pilz, der von Anfang an chlorophylllos ist, kann man nicht als krankhafte Bildung bezeichnen.

Die pathologischen Erscheinungen sind so gut wie die normalen mit Formbildung verbunden, sie treten überhaupt meist nur durch ihre charakteristischen Formen in die Erscheinung. Ihre Fülle ist so groß, daß man ganze Bände mit der Beschreibung der krankhaften Gestaltungen füllen kann. Hier kann daher nur das Auffallendste von solchen Tatsachen geschildert werden.

Von vielen pathologischen Erscheinungen kennt man die Ursachen, namentlich von allen denen, die man besonders als „Pflanzenkrankheiten“ bezeichnet. Sie werden nur zum kleinen Teil durch Einflüsse des Bodens und des Klimas allein hervorgerufen. Meistens sind es Insekten oder Pilze, welche als Parasiten die Pflanze oder ihre Teile befallen, worauf schon in Band I hingewiesen wurde. Der Parasit veranlaßt fast immer abnormes Wachstum der befallenen Gewebe, wobei dann Formen entstehen, die vom Normalen abweichen, und an denen man auch gemeiniglich die Natur des Parasiten erkennt.



*Digitalis purpurea* mit großer glockenförmiger Stiefelblüte, die durch Verwachsung und Umbildung mehrerer Blüten entstanden ist. (Zu S. 197.)

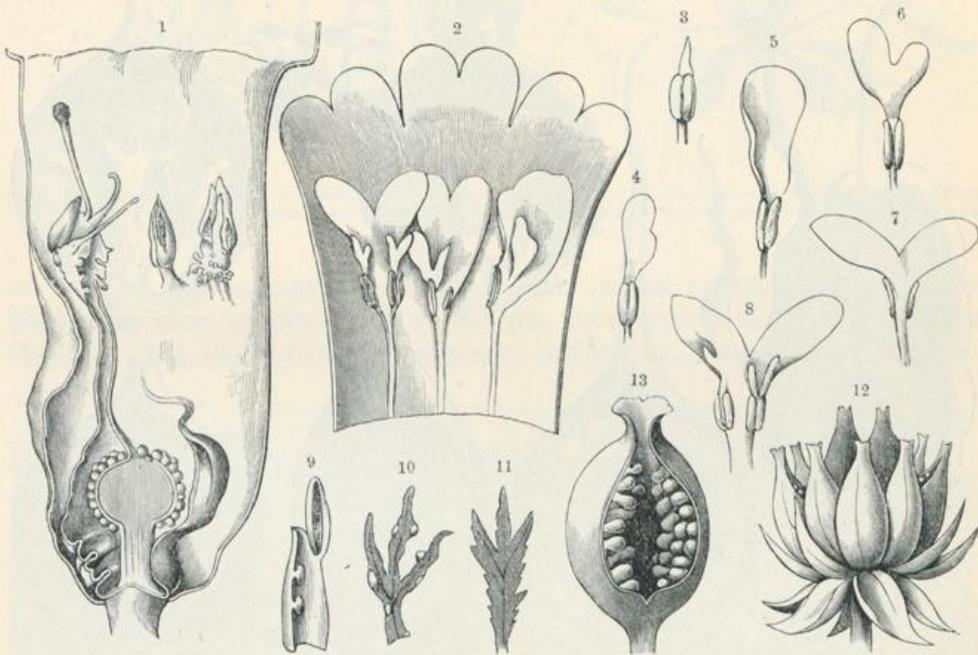
In anderen Fällen sind die Ursachen der Formabweichung nicht bekannt. Es sind innere Stoffwechselfvorgänge, welche die Entwicklung der Organe abnorm beeinflussen. Die dadurch entstehenden Formen pflegt man im Gegensatz zu den Pflanzenkrankheiten als Mißbildungen zu bezeichnen.

Es gibt nun hier allerlei Übergänge von dem Normalen zum Abnormen, was namentlich bei den Blüten sehr anschaulich wird. Manche der Formabweichungen, die man bei Blüten beobachtet, können deshalb nicht als pathologisch bezeichnet werden, weil die Funktion als Fortpflanzungsorgan unter Umständen noch erhalten bleibt. Das ist z. B. bei vielen gefüllten Blüten der Fall, die man auch in der Regel nicht als pathologische Bildungen betrachtet. Man braucht nur an die „Königin der Blumen“, die Rose, zu denken.

Die gefüllten Blüten sind sehr häufig nichts anderes, als Blüten, in welchen Pollenblätter in Blumenblätter umgewandelt wurden. Bei den gefüllten Rosen, Nelken und Primeln kann man alle Übergangsstufen und Mittelformen zwischen Pollenblättern und Blumenblättern sehen (s. Abbildung, S. 197, Fig. 3—8). Häufig bemerkt man an der Stelle, wo das Blumenblatt in den sogenannten Nagel zusammengezogen ist, eine Schwielen von gelblicher Farbe, welche eine verkümmerte Anthere ist, nicht selten ist dort auch eine wirkliche Anthere zu sehen, welche ausgebildeten Pollen enthält. Eine bei diesen gefüllten Blüten oftmals beobachtete Erscheinung ist auch, daß mit der Umwandlung der Pollenblätter in Blumenblätter eine Vermehrung der Blattgebilde Hand in Hand geht. An Stelle eines Pollenblattes treten zwei nebeneinander

stehende, halb in Blumenblätter umgewandelte Pollenblätter auf, oder es findet eine Vermehrung in der Weise statt, daß überzählige hintereinander stehende Blätter entstehen, oder endlich es kommen beide Erscheinungen zugleich vor (s. die gefüllte Primel in Fig. 2 und 8 der untenstehenden Abbildung). Gefüllte Blüten können aber häufig noch so viel entwickelte Staubgefäße und Fruchtknoten enthalten, daß sie Samen bilden.

Sehr auffallende Gestalten entstehen, wenn die Füllung nur eine beschränkte bleibt, z. B. wenn sich der Kreis der Staubfäden in eine zweite Blumenkrone umwandelt, was die auf S. 195 gegebene Abbildung einer Blüte von *Campanula Medium* erläutert. Es sieht aus,



Pollenblätter aus gefüllten und vergrüntem Blüten: 1) Längsschnitt durch eine vergrünte Blüte der *Primula japonica*; 2) Längsschnitt durch eine gefüllte Blüte der *Primula spectabilis*, 3–8) einzelne Pollenblätter aus derselben Blüte; 9) Pollenblatt aus einer vergrünten Blüte der Tigerlilie (*Lilium tigrinum*); 10) und 11) vergrünte Pollenblätter aus den Blüten einer Glockenblume (*Campanula Trachelium*); 12) vergrünte Blüte eines Steinbrechs (*Saxifraga stellaris*), 13) ein einzelnes Pollenblatt aus dieser vergrünten Blüte. Sämtliche Figuren 3–15fach vergrößert. (Zu S. 196–200.)

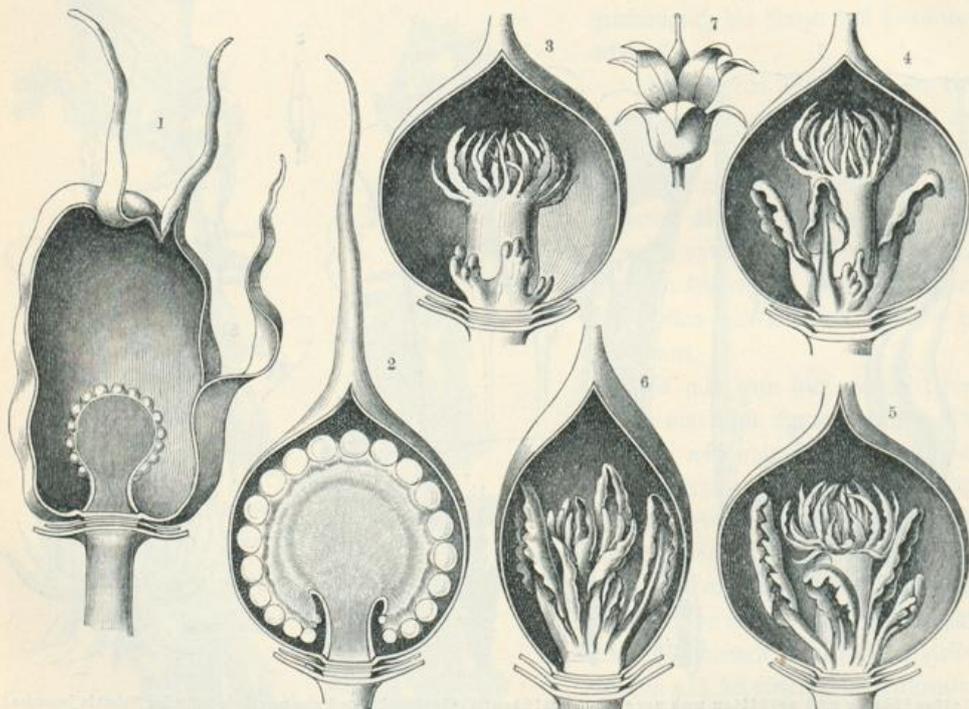
als ob man künstlich eine Krone in die andere gesteckt hätte. Die Staubgefäße sind aber gewöhnlich durch diese Umwandlung in eine Blumenkrone verbraucht worden.

Beim roten Fingerhut, dessen Blüten zygomorph sind, steht am Gipfel gelegentlich eine große, scheinbar regelmäßige Blüte (s. Abbildung, S. 196), die einer Glockenblume so ähnlich sein kann, daß der Laie dem Botaniker das Wunder berichtet, er habe einen Fingerhut mit einer Kampanulablüte gefunden. Diese Mißbildung entsteht in der Weise, daß mehrere Fingerhutblüten miteinander verwachsen. Man erkennt diese Verwachsung daran, daß die Mißbildung viel mehr Staubfäden als die normale Blüte besitzt, die aber meist verbildet sind. In der Mitte steht ein ebenfalls verbildeter Fruchtknoten, aus dem oft kleine grüne Blätter hervorkommen.

Andere Mißbildungen finden sich bei Blüten an deren einzelnen Teilen in verschiedener Form. Bald sind es die Blumenblätter, bald Staubfäden oder Fruchtblätter, die in grüne

Blätter von der Form kleiner Laubblätter umgebildet sind. Man bezeichnet darum diese Mißbildungen als „Vergrünungen“ der Blüten, und es kann auch ein ganzer Blütenstand, z. B. bei Kompositen wie *Bellis* oder *Dahlia*, vergrünen. Von *Dahlia variabilis* befindet sich im Giesener Botanischen Garten eine Pflanze, welche dauernd allerlei Übergänge von gefärbten zu vollständig vergrünnten Blütenköpfen erzeugt.

Bei allen Vergrünungen von Blüten pflegen die Blütenorgane, wie der Name andeutet, mehr oder weniger laubartig und grün zu werden, wodurch die Mißbildung natürlich besonders in die Augen fällt. In den S. 199 abgebildeten Vergrünungen sind bei Fig. 2 die Blumenblätter

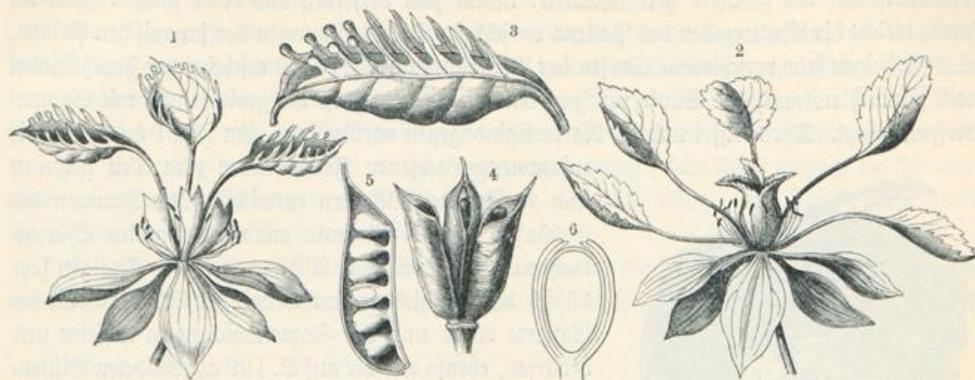


Vergrünungen der Fruchtknoten der *Primula japonica*: 1—6) vgl. untenstehenden Text; 7) eine einzelne vergrünte Blüte von *Primula japonica*. (Zu S. 200.)

zu grünen Blättern geworden, Staubfäden sind vorhanden, die Fruchtblätter sind ebenfalls da, aber abnorm ausgebildet; bei Fig. 1 sind dagegen die drei Fruchtblätter völlig blattartig geworden; in Fig. 3 ist ein einzelnes solches verbildetes Fruchtblatt dargestellt.

Bei den Vergrünungen der Blüten kommt es mitunter vor, daß die Pollenblätter in Fruchtblätter umgewandelt erscheinen, oder daß sich in den Blüten einzelne Blätter finden, welche halb Pollenblatt, halb Fruchtblatt sind. An solchen Mißbildungen ist bemerkenswert, daß die Anthere oder doch die Schwiele, welche als verkümmerte Anthere gedeutet werden muß, gewöhnlich höher steht als der Teil des Fruchtblattes, welcher die Samenanlagen trägt (s. Abbildung, S. 197, Fig. 1 und 9). Übrigens zeigt die Vergrünung der Blüte eines Steinbrechs (*Saxifraga stellaris*), welche in der Abbildung auf S. 197 durch die Figuren 12 und 13 dargestellt ist, daß Antheren und Samenanlagen auch aus demselben Teile der Blüte hervorgehen können. Es waren bei dieser Blüte (Fig. 12) zehn Blumenblätter, fünf herabgeschlagene

Kelchblätter und fünf schmale, aufrechte vergrünte Kronenblätter, entwickelt; den Abschluß der Blüte bildete eine Fruchtanlage aus zwei Fruchtblättern (in der Fig. 12 dunkel schraffiert),



Blütenmißbildungen: 1) und 2) vergrößerte Blüten des Kittersporns (*Delphinium eschmirlanum*), 3) vergrößertes Fruchtblatt derselben Pflanze, 4) normale Fruchtnoten derselben Pflanze; 5) Längsschnitt durch ein einzelnes Fruchtblatt; 6) Längsschnitt durch die Samenanlage. (Zu S. 200.)

wie sie in den Steinbrechblüten gewöhnlich vorkommt. Zwischen den Blumenblättern und der Fruchtanlage waren an jener Stelle, wo sonst zehn Pollenblätter einen Wirtel bilden, zehn Gebilde zu sehen, welche in gewisser Beziehung an Pollenblätter, in anderer Beziehung wieder



*Celosia cristata* (Hahnenkamm) mit verbändelter Blütenproffen. (Zu S. 200.)

an Fruchtblätter mahnten. Ein einzelnes derselben ist durch die Figur 13 abgebildet. Das freie Ende wurde durch eine unregelmäßig gekerbte Schuppe gebildet, welche mit der Narbe eines Stempels, aber ebenfogut mit dem über die Anthere sich erhebenden Fortsatz verglichen werden kann. Was darunter folgt, war tief ausgehöhlt, und in der Höhlung waren rechts und

links in je vier Reihen gelbe warzenförmige Körper zu sehen, welche man beim ersten Anblick für Samenanlagen hätte halten mögen, die sich aber bei näherer Untersuchung als sogenannte Urnutterzellen des Pollens herausstellten, indem jede derselben aus einer großen Zelle bestand, welche die Mutterzellen des Pollens umschloß. Die Abbildungen der japanischen Primel, S. 198, zeigen sehr verschiedene Stufen der Vergrünung. In Fig. 2 erscheint der Fruchtknoten noch ziemlich normal, die Säule im Inneren (die Plazenta) ist ausgebildet und mit Samenknochen besetzt. Der Griffel und die Narbe sind dagegen verkümmert. In Fig. 1 haben sich die

zusammengewachsenen Fruchtblätter zum Teil getrennt und zu schmalen Blättern entwickelt. Im Inneren des Gehäuses ist eine Plazenta mit verkümmerten Samenknochen vorhanden. Die Abbildungen 3—6 zeigen sehr hübsch die verschiedene Umbildung der Säule in eine belätterte Achse und der Samenanlagen in Blätter und bedürfen, ebenso wie die auf S. 199 abgebildeten Blütenmißbildungen, keiner ausführlichen Beschreibung mehr.

In einer Reihe von Fällen hat man nachgewiesen, daß Blüten vergrünen, wenn sich in ihren Knospen Blattläuse ansiedeln und die jungen Organe verletzen. Ob dabei Stoffe von den Blattläusen abgeschieden werden, die in die Anlagen eindringen, oder ob nur der mechanische Reiz der Saugwerkzeuge der Tiere wirksam ist, um diese auffallenden Formänderungen herbeizuführen, ist noch nicht festgestellt.

Eine ganz auffallende, an Stengeln einer ganzen Reihe von Pflanzen häufig auftretende Mißbildung ist die Verbänderung oder Fasziation. Die normalerweise zylindrischen Stengel werden bei ihrem krankhaften Wachstum ganz flach, und da die auf schmalem Raume zusammengedrängten Gefäßbündel auf der Oberfläche des bandförmigen Stengels hervortreten, so sieht es aus, als ob derselbe aus zahlreichen Stengeln verwachsen wäre. Das ist aber nicht der Fall, es handelt sich nur um eine Verbreiterung eines Stengels. Man findet solche Verbänderungen bei *Ranunculus bulbosus*, *Matthiola*



Fasziation eines Spargel sproßes.

*incana*, *Reseda odorata*, *Cichorium Intybus*, *Asparagus officinalis*, *Lilium candidum*, *Pinus sylvestris* u. a. Die obenstehende Abbildung stellt eine sehr hübsche, dabei auch noch spiralig gedrehte Verbänderung eines Spargelstengels dar, der im Gießener Botanischen Garten auftrat. An dem bandförmigen flachen Haupt sproß stehen eine Menge junger Seitensprosse.

Ursachen für die Verbänderung lassen sich nicht angeben. Bekannt ist nur, daß, wenn man einer jungen Pflanze einer Gartenbohne (*Phaseolus*) die Spitze abschneidet, die in den Achseln der Kotyledonen verborgenen Knospen auswachsen, merkwürdigerweise nicht als normale, sondern als verbänderte Sprosse.

In einigen Fällen hat man solche Verbänderungen gezüchtet, und sie sind erblich geblieben, wie bei den als Zierpflanzen gezogenen Hahnenkamm- oder *Celosia*-Arten (s. Abbildung, S. 199).

Hier sind auch am passendsten die merkwürdigen Drehungen von Stämmen zu nennen, die man als Zwangsdrehungen bezeichnet. Bei *Dipsacus* ist diese Formabweichung gleichfalls als erbliche Eigenschaft erzogen worden.

Unendlich groß ist die Zahl der Formabweichungen, welche durch pflanzliche Parasiten bei Pflanzen erzeugt werden. Wir können auf das gewaltige Gebiet der eigentlichen Pflanzenkrankheiten hier nicht ausführlich zurückkommen. Einiges davon ist in Band I, S. 355 ff., geschildert worden, wo auf die Beeinflussung der Form durch die Parasiten hingewiesen wurde.

An dieser Stelle mögen nur einige Ergänzungen durch solche Fälle folgen, die sich nicht ohne weiteres als Wirkungen eines Schmarozers erkennen lassen, aber um so mehr durch ihre Form die Aufmerksamkeit erregen.

Es gehören dahin auffallende Geschwulstbildungen, die bei Holzpflanzen auftreten und gewöhnlich als Krebs bezeichnet werden, obwohl diese Krebse sehr verschiedenartiger Natur sind.

### Krebsgeschwülste.

Als Krebsgeschwülste bezeichnete Hypertrophien werden zum Teil durch schmarozende Pilze veranlaßt. In den meisten Fällen zeigen sie nicht nur eine von der Umgebung abweichende Gestalt, sondern auch ein übermäßiges Wachstum, was man als Hypertrophie zu bezeichnen pflegt. Ohne Zweifel wird die Hypertrophie durch einen von dem Schmarozer ausgehenden Reiz veranlaßt. Wenn infolge der reichlichen Zufuhr von Baustoffen zu dem über das gewöhnliche Maß sich entwickelnden krebzig entarteten Gewebe auch dem Schmarozer ein reichlicher Vorrat von Nährstoffen zur Verfügung gestellt wird, so kann man den Schluß ziehen, daß die Bedeutung der Hypertrophie in der Zufuhr reichlicher Nahrung für den Schmarozer liegt. In vielen Fällen wird aber durch das hypertrophierte Gewebe nur ein Schutzwall gegen das weitere Übergreifen des Schmarozers hergestellt. Es enthält daselbst keine Nährstoffe, welche sich der Schmarozer nutzbar machen könnte, sondern wird vorzüglich aus Korkzellen aufgebaut, welche zu zerstören oder aufzuzehren der Schmarozer nicht imstande ist. Man könnte ein solches Gewebe mit dem sogenannten Wundkork vergleichen, welcher sich nach Verletzungen der Pflanzen an den von der Oberhaut entblößten Stellen oder auch an anderen Wunden einstellt und diese allmählich als schützende Schicht überwallt.

Der Bildungsherd der Krebse ist manchmal nur auf einen kleinen Teil der befallenen Pflanze beschränkt; in anderen Fällen sind ganze Blätter und Zweige und bisweilen sogar umfangreiche Sprosse krebzig entartet und umgestaltet.

Krebse, welche umfangreiche Stammstücke sowohl in ihrem inneren Bau als im äußeren Ansehen verändern, werden bei zahlreichen Holzpflanzen beobachtet. Der Schmarozer nistet sich im Rindenparenchym ein, veranlaßt daselbst eine Hypertrophie, und dazu kommen nachträglich noch die mannigfaltigsten Störungen und Veränderungen im Holz des betreffenden Stammstückes. Der Stamm, Ast oder Zweig erscheint stark gewulstet oder knotig aufgetrieben, die Rinde mannigfaltig zerschrunden und zerrissen, und aus den Rissen der Wucherung fließt bisweilen Harz oder ein gummiartiger Schleim hervor. Da ein solcher Schmarozer mehrere Jahre hindurch seine umgestaltende Tätigkeit ausübt, so nimmt der Krebs von Jahr zu Jahr an Umfang zu. Alljährlich kommen auch an der krebzig entarteten Stelle Sporenträger von mannigfaltiger Gestalt und Farbe zum Vorschein, welche

aber, nachdem die Sporen ausgestreut sind, wieder verschwinden. Der Teil des Stammes oder Astes oberhalb der Krebsgeschwulst verkümmert und stirbt früher oder später ab. Nur in seltenen Fällen vermag sich der Baum oder Strauch des Schmarozers dadurch zu entledigen, daß die krebzig entartete Stelle von den angrenzenden gesunden Stammteilen aus mit Holz und Kork ganz überwallt und so der Schmarozer vernichtet wird. Der auf den Stämmen und Ästen des gewöhnlichen Wacholders (*Juniperus communis*) durch *Gymnosporangium clavariaeforme* veranlaßte Krebs ist als Beispiel für diese unten in Fig. 1 abgebildete Form. Auf den Wacholderarten werden übrigens durch *Gymnosporangium conicum*, *Sabinae* und *tremelloides* auch noch andere Krebse veranlaßt, deren Unterschiede



Krebse: 1) Krebs an dem Stamm des Wacholders (*Juniperus communis*), verursacht durch *Gymnosporangium clavariaeforme*; 2) Krebse an den Blättern der Hirschenmispel (*Aronia rotundifolia*), verursacht durch *Gymnosporangium conicum*.

eingehender zu beschreiben aber zu weit führen würde. Doch ist es wichtig, hier zu bemerken, daß jeder dieser Schmarozer in zweierlei Entwicklungsstufen vorkommt, welche auf verschiedenen Wirtspflanzen leben und auf jeder Wirtspflanze ein anders gestaltetes Gebilde erzeugen. Die *Hydium*-stufe (vgl. Bd. I, S. 388) erzeugt auf dem Laube verschiedener Pomazeen (*Aronia*, *Crataegus*, *Pirus*, *Sorbus*) an beschränkten Stellen knorpelige Anschwellungen, die *Teleutosporen*-stufe dagegen an den Wachholdern (*Juniperus communis*, *excelsa*, *Sabina*) Verdickungen und knollige Auftreibungen der Stämme.

In großen Weißtannenwäldern finden sich nicht allzu selten Bäume, die an ihren Stämmen oder an den Ästen mächtige kugel- oder tonnenförmige Verdickungen zeigen, deren Borke tief eingerissen ist. Dieser Krebs der Weißtanne wird veranlaßt durch einen zu den Uredineen gehörigen Pilz *Melampsora Caryophyllacearum*, dessen Uredoform und *Teleutosporen*-form sich auf Nelfengewächsen (*Stellaria*, *Cerastium*) entwickelt. Das auf der Tanne wachsende *Aecidium elatinum* erzeugt dagegen den Krebs und außerdem an den Zweigen eigentümliche Sproßverzweigungen, die man als „Hexenbesen“ bezeichnet (s. Abbildung, S. 203).

Nicht jede krebssähnliche Hypertrophie ist durch Pilze verursacht. Der Apfelbaumkrebs, Rosenkrebs, Krebs des Weinstockes sind krankhafte Holzwucherungen infolge von Frostverletzungen entstanden. Auch die knollenförmigen großen Anschwellungen an alten Pappeln und anderen Bäumen sind keine Pilzbildungen, sondern scheinen durch eingeschlossene Knospen verursacht zu werden. Bei Überwallungen von abgeworfenen oder abgesägten Ästen bilden sich oft knollenförmige Anschwellungen. Alle diese Bildungen zeigen ein abnormes hin und her gegogenes Wachstum der Holzstränge, das sich auf Durchschnitten als sogenannte Maseren zeigt.



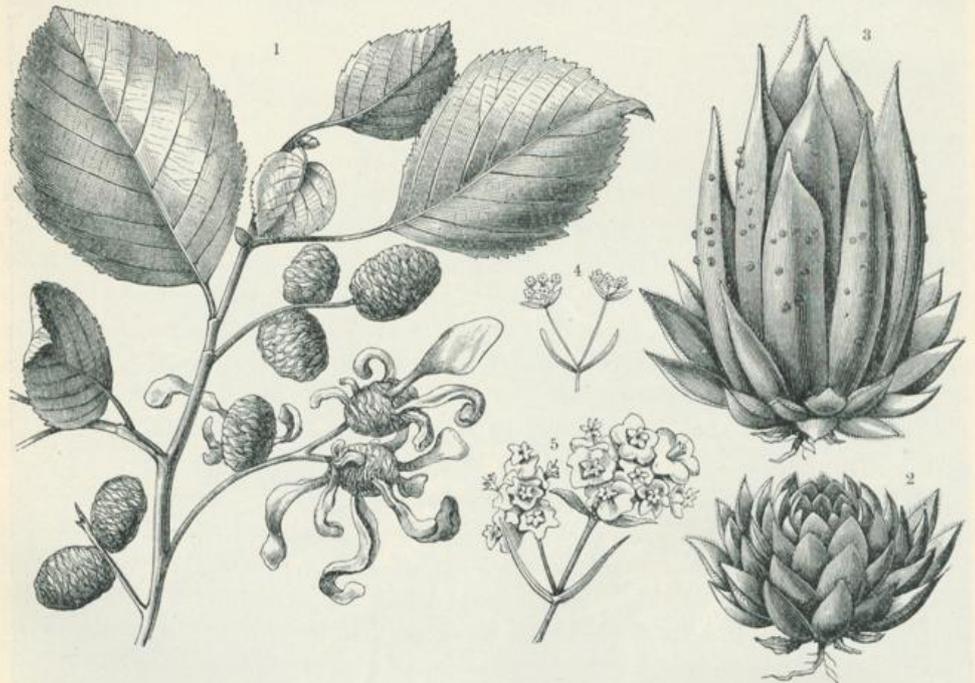
Hexenbesen der Tanne, verursacht durch *Aecidium olatinum*. (Zu S. 202.)

Wenn sich die Umgestaltung von Sprossen durch schmarotzende Sporenpflanzen an Ästen höherer Sträucher oder Bäume einstellt, so kommen Gebilde zum Vorschein, welche der Volksmund mit dem Namen Hexenbesen belegt hat. Die Anregung zur Bildung derselben wird bei den verschiedenen Bäumen durch sehr verschiedene Schmarotzer gegeben. Der Hexenbesen der Weißtanne wird, wie schon gesagt, durch eine Uredinee veranlaßt. Auf einer Anzahl von Laubbäumen entstehen gleichfalls ähnlich geformte Hexenbesen, aber durch Pilze einer anderen Abteilung. Es ist die Gattung *Taphrina* oder *Exoascus*, welche diese Mißbildungen hervorruft, und zwar sind es verschiedene Arten. Auf der Birke wächst *Taphrina betulina*, auf Pflaumenbäumen *Taphrina insititiae*, auf Hainbuchen *T. Carpini*, auf Erlen *T. epiphylla*.

In allen Fällen wächst das Pilzmyzelium jahre- oder jahrzehntelang mit dem Hexenbesen weiter, der weiter nichts als ein verbildetes Verzweigungssystem des Baumes ist. Da der Pilz immer wieder in die neuen Knospen eindringt, so behält das Gebilde seinen abnormen

Wuchs bei. Dabei bleibt der Pilz auf seinen Heerenbesen in der Regel beschränkt, ohne auf andere Teile des Baumes überzugehen.

Bei der Weißtanne geht der Heerenbesen stets von einem der wagerecht abstehenden Seitenäste des Tannenbaumes aus und erhebt sich von der oberen Seite desselben mit aufrechten oder bogig aufsteigenden Zweigen, so daß der Eindruck eines auf der Borke des wagerechten Astes wachsenden Schmarotzers hervorgebracht wird. Die Zweige sind nicht, wie das sonst bei den Seitenzweigen der Tanne der Fall ist, zweizeilig, sondern wirtelförmig gruppiert. Alle sind verkürzt und verdickt und auffallend weich und biegsam, was davon herrührt, daß das



Mißbildungen, durch parasitische Pilze veranlaßt, und Gallen: 1) Krebs an den Deckschuppen der Fruchtblüten von der Granerle (*Alnus incana*), verursacht durch *Exoascus alnitorquus*; 2) Blattrosette der Hauswurz (*Sempervivum hirtum*), 3) Blattrosette derselben Pflanze, von *Endophyllum Sempervivi* befallen; 4) Blütenstand des Napfingchens (*Valeriana carinata*), 5) derselbe Blütenstand mit Muttergallen, verursacht durch eine Gallmilbe. (Zu S. 205.)

Rindenparenchym schwammig aufgetrieben und der Holzkörper nur schwach entwickelt ist. Die Knospen, welche an den gesunden Tannenzweigen eiförmig sind, erscheinen hier fast kugelig. Wie in allen anderen Fällen, wo ein Pflanzenglied oder ganzer Sproß krebzig entartet ist, findet auch an diesem Heerenbesen eine vorzeitige Entwicklung statt. Die Knospen schwellen früher an und kommen früher zur Entwicklung als jene der nicht entarteten Zweige. Die Blätter bleiben kurz, gelblich, sind etwas gekrümmt und fallen schon ein Jahr, nachdem sie sich entwickelt haben, ab, während jene der gesunden Zweige lang, lineal, gerade und oberseits dunkelgrün sind und 6—8 Jahre an ihrer Stelle haften. Das Wachstum der Zweige ist beschränkt; nach wenigen Jahren sterben sie ab, und dann steht in dem dunkelgrünen Geäst der Edeltanne ein struppiger, dürrer Besen, der auffallend genug aussieht, um das Landvolk zu abergläubischen Vorstellungen anzuregen.

Durch schmarozende Sporenpflanzen bewirkte Umgestaltungen der Blütenblätter sind verhältnismäßig selten. *Exoascus alnitorquus* ist die Ursache, daß sich die von ihm befallenen Deckschuppen der Fruchtblüten bei den Erlen (*Alnus glutinosa* und *incana*) in purpurrote spatelförmige, mannigfaltig verkrümmte Lappen verlängern (s. Abbildung, S. 204, Fig. 1); *Peronospora violacea* veranlaßt in den Blüten der *Knautia arvensis* bisweilen die Umwandlung der Pollenblätter in Kronenblätter, so daß die Blüten dann „gefüllt“ erscheinen: *Ustilago Maydis* bewirkt eine Wucherung des Gewebes in den Fruchtblüten der Maispflanze, so daß die aus den betroffenen Fruchtknoten an Stelle der Maiskörner hervorgehenden Krebse den Durchmesser von 7 cm erreichen, und *Exoascus aureus*, welcher sich an den Fruchtblüten der Pappelbäume (*Populus alba* und *tremula*) ansiedelt, ist die Veranlassung, daß sich die betroffenen Fruchtknoten in goldgelbe Kapseln umgestalten, welche die gewöhnlichen um mehr als das Doppelte des Umfanges übertreffen. In diese Abteilung gehören auch jene Bildungen, welche sich aus den Fruchtknoten der Zwetschen, Pflaumen, Schlehen und Ahlkirschen (*Prunus domestica*, *insititia*, *spinosa*, *Padus*) durch den Einfluß des Schmarozers *Exoascus Pruni* entwickeln. Das Gewebe des Fruchtknotens nimmt an Umfang zu, aber in anderer Weise als bei der Entwicklung zu Früchten. Es erscheint wie von zwei Seiten zusammengedrückt, wird brüchig und gelblich, der Same im Inneren verkümmert, und es bildet sich an dessen Stelle eine Höhlung aus. Die krankhaften Früchte, welche aus den Fruchtknoten von *Prunus domestica* hervorgehen, haben die Gestalt von etwas verbogenen Taschen, welche zur Zeit der Sporenreife an der Außenseite wie mit Mehl bestäubt aussehen. Diese führen im Volksmunde den Namen Taschen, Narren, Hungerzwetschen, Hungerpflaumen und fallen schon verhältnismäßig früh von den Bäumen. Sie werden in manchen Gegenden gegessen, haben aber einen faden, süßlichen Geschmack.

Überaus merkwürdige Veränderungen der Gestalt entstehen dadurch, daß ganze Blätter durch Parasiten verbildet werden. So sind z. B. die Blätter, aus welchen sich die Rosetten der Hauswurz *Sempervivum hirtum* (s. Abbildung, S. 204, Fig. 2) zusammensetzen, länglich verkehrt-eiförmig und wenig mehr als doppelt so lang wie breit. Die Blätter derselben Pflanze, welche von dem Schmarozer *Endophyllum Sempervivi* befallen wurden (s. Abbildung, S. 204, Fig. 3), sind siebenmal so lang als breit, erhalten eine lineale Form, sind aufrechtstehend und zeigen eine auffallend blasse Farbe.

### Gallen.

Unter den Namen Gallmilben, Gallmücken und Gallwespen beschreiben die Zoologen gewisse Aftariden, Fliegen und Hautflügler, welche sich auf lebenden Pflanzen ansiedeln und an den Ansiedelungsstellen eigentümliche Auswüchse veranlassen. Am längsten bekannt sind von solchen Auswüchsen diejenigen, welche auf den Laubblättern der Eichen in Gestalt kleiner rotbackiger Äpfel hervorzunehmen, und die der Volksmund in alter Zeit Laubäpfel und Eichäpfel genannt hat. Im 16. Jahrhundert wurde für diese Gebilde auch der Name Gallen und Galläpfel gebraucht, und zwar im Einklang mit dem altenglischen *galle*, dem französischen *galle* und dem italienischen *galla*, welche Namen samt und sonders auf das lateinische, schon in der Naturgeschichte des Plinius für die in Rede stehenden Auswüchse angewendete *galla* zurückzuführen sind. Die Schriftsteller des 16. Jahrhunderts sprechen übrigens nicht nur

von „Galläpfeln“, sondern auch von „Gallnüssen“, worunter sie die festen, kleinen Auswüchse auf den Laubblättern der Buchen verstehen. Späterhin wurde der Name Gallen für sämtliche an grünen lebenden Pflanzen entstandene, durch Tiere veranlaßte Auswüchse gebraucht. Ja noch mehr. Auch die im vorhergehenden Kapitel besprochenen Veränderungen der grünen Wirtspflanzen durch Ascomyeten und andere schmarogende Sporenpflanzen wurden unter den Begriff der Gallen einbezogen. In jüngster Zeit hat man den Vorschlag gemacht, das Wort Galle durch Zezidie zu ersetzen und die Auswüchse, je nachdem sie durch Pilze, Fadenwürmer (Nematoden), Gallmilben (Phytoptus), Fliegen (Dipteren) usw. veranlaßt werden, als Mykozezidien, Nematosezidien, Phytoptosezidien, Dipterozezidien usw. zu unterscheiden. Für Zoologen mag eine solche der systematischen Einteilung der Tiere sich anschmiegende Einteilung bedeutend und wertvoll sein, für die Botaniker ist sie erst in zweiter Linie brauchbar. Der Botaniker muß hier wie in anderen ähnlichen Fällen die Gestalt des Gegenstandes als obersten Einteilungsgrund festhalten und hat eine auf die Übereinstimmung in der Entwicklung der fraglichen Gebilde begründete Einteilung zu geben. Auch wird bei der übersichtlichen Zusammenstellung zu beachten sein, ob nur ein einzelnes oder ob eine ganze Gruppe zusammengehöriger Pflanzenglieder eine Umgestaltung erfahren hat, und ebenso wird der Ausgangspunkt der Auswüchse berücksichtigt und ermittelt werden müssen, ob Laubblätter, Blütenblätter, Stämme, Wurzeln usw. als Herd der Neubildung erscheinen.

Die einfachste Gallenform sind die durch Gallmilben erzeugten Filzgallen. Es sind Haarwucherungen, die auf beiden Seiten von Blättern entstehen können und gewöhnlich auf den Blattunterseiten längs den Nerven von den Milben hervorgerufen werden. Früher bezeichnete man diese Haarbildungen als Phyllerium und Erineum und hielt sie für Pilzbildungen. Solche Filzgallen finden sich öfters beim Weinstock und an den Blättern der Linde, des Ahorns und der Buche.

Mit diesen Filzgallen dürfen nicht diejenigen Haarbildungen an Blättern verwechselt werden, die ohne jeden Einfluß von Milben entstehen, aber von diesen als passende Wohnungen benutzt werden. Im ersten Bande, S. 425, sind solche Haarpilze beschrieben und mit dem Namen Domatien von den Filzgallen unterschieden worden.

Eine große Menge einfacher Gallen wird unter dem Namen Mantelgallen zusammengefaßt. Die Tiere, welche die Ursache dieser Gallenbildungen sind, verharren zeitlebens an der Außenseite der betreffenden Blätter, vermehren sich dort und heften auch ihre Eier der Oberhaut der Blätter an. Durch den Reiz, welchen die Tiere auf die Stätte ihrer Ansiedelung ausüben, wird dort eine Wucherung des Zellgewebes veranlaßt. Es entstehen infolgedessen Hohlräume, welche den angesiedelten Tieren und ihrer Brut zur Wohnung dienen und sie wie ein schützender Mantel umgeben. Mit Rücksicht auf die Entwicklungsgeschichte lassen sich die Mantelgallen in Kollgallen, Stulpgallen und Hülsengallen unterscheiden. Die Kollgallen werden durch Gallmilben, Blattläuse, Blattflöhe und Fliegen hervorgerufen und finden sich zumeist an den Spreiten, seltener auch an den Stielen der Laubblätter entwickelt. Das von den genannten Tieren besiedelte Blattgewebe, welches sich unter gewöhnlichen Verhältnissen flach ausgebreitet haben würde, wächst auf der einen Blattseite stärker als auf der anderen, und die Folge dieses ungleichen Wachstums ist die Bildung einer Rolle, eines Hohlraumes, in welchem die angesiedelten Tiere geborgen sind. Stets ist es die von den Tieren besetzte Seite, welche infolge der Kollung die Innenwand des Hohlraumes bildet, und regelmäßig werden die betroffenen Blätter der Länge nach gerollt. Bei dem Alpenröschen (*Rhododendron*),

dem blutroten Storchschnabel (*Geranium sanguineum*) und den Melden (*Atriplex hastata*, *oblongifolia* usw.) ist es die obere, bei den nicht windenden Geißblattarten *Lonicera Xylosteum* usw.) die untere Seite der Blattspreite, welche den Tieren zur Ansiedelung dient und daher als Innenwand der Rolle erscheint. In manchen Fällen ist die ganze Blattspreite eingerollt, häufiger nur der Blattrand. Bei dem Alpenröschen (*Rhododendron ferrugineum* und *hirsutum*) sind beide Hälften der Blattspreite spiralig eingerollt (s. die Tafel „Gallen“ bei S. 210, Fig. 2), meistens aber ist die Rollung so beschränkt, daß die Rollgalle die Gestalt eines Rahnes oder einer Hohlkehle annimmt. In den meisten Fällen ist das Gewebe der Rollgallen verdickt, brüchig, des Chlorophylls mehr oder weniger beraubt und daher gelblich gefärbt. Nicht selten hat sich auch ein roter Farbstoff eingestellt, so daß die Außenseite der Galle eine rötlichgelbe Farbe erhält. Bei manchen Pflanzen verlängern sich die Oberhautzellen, welche die Innenwand der Rolle bekleiden, in ähnlicher Weise wie bei den früher geschilderten Filzgallen und stellen sich dem freien Auge als Haare dar. Ihr saftiger Inhalt dient dann den Gallmilben zur Nahrung. So verhält es sich z. B. bei dem rostfarbigen Alpenröschen (*Rhododendron ferrugineum*), dessen obere Blattseite für gewöhnlich ganz glatt, an den von Gallmilben befallenen und eingerollten Blättern dagegen dicht behaart ist (s. die Tafel, Fig. 3).

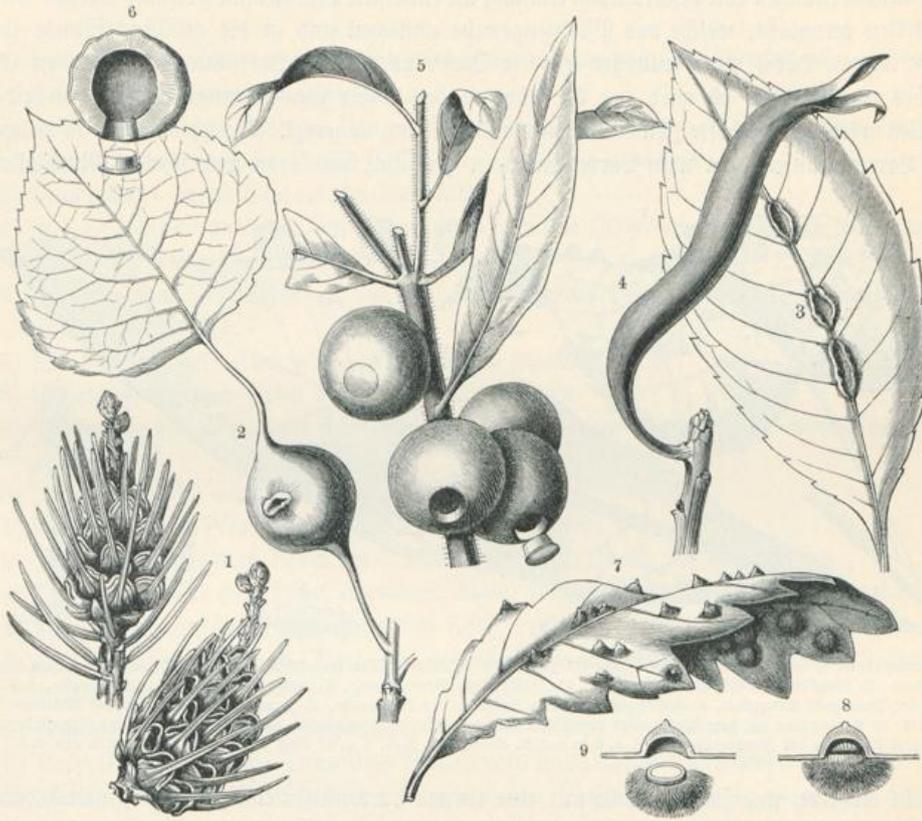
An die Rollgallen schließen sich die Ausstülpungsgallen an. Sie kommen dadurch zustande, daß sich das Gewebe der Blattspreite oder des Blattstieles und mitunter auch das grüne Gewebe der Rinde junger Zweige dort, wo von den Tieren (Gallmilben, Blattläusen, Zweiflüglern) ein Reiz ausgeübt wurde, als eine Ausstülpung erhebt, deren hohle Seite den betreffenden Tieren als Wohnort dient. Diese Ausstülpungen zeigen nach Form und Umfang eine große Mannigfaltigkeit. Auch weichen sie im inneren Bau recht auffallend ab. Als besonders bemerkenswerte Gestalten mögen die nachfolgenden hervorgehoben werden. Zunächst die Faltengallen. Es bilden sich in der Blattmasse tiefe faltenförmige, bisweilen geschlängelte Rinnen, welche an der oberen Seite mit einem engen Spalte münden und über die untere Seite des Blattes als Schwiele vorpringen. Das wuchernde Gewebe, welches den Grund der Rinne bildet, ist vergilbt, und häufig ist die rinnenförmige Vertiefung mit kurzen Härchen besetzt. Die Faltengallen werden durch Gallmilben veranlaßt. Die bekanntesten Faltengallen sind jene an den Laubblättern von *Carpinus Betulus*, der Birke, *Clematis Flammula* und *recta* und *Ribes alpinum*. Den Faltengallen schließen sich weiterhin die Runzelgallen an. Die Ausstülpungen beschränken sich auf das von einigen kräftigen, rippenartig vorspringenden Strängen begrenzte grüne Gewebe des Blattes und haben nur eine geringe Tiefe; die obere Seite des Blattes erscheint mit Buckeln und Höckern, die untere mit Mulden und Gruben versehen. Da immer zahlreiche solche Ausstülpungen nebeneinander entstehen, so ist die betroffene Stelle des Blattes in auffallender Weise gerunzelt. Als Beispiele für diese Gallenform erscheinen die durch die Blattlaus *Schizoneura Ulmi* erzeugte Runzelgalle auf dem Laube der Rüster (*Ulmus campestris*; s. die Tafel bei S. 210, Fig. 15) und die durch eine andere Blattlaus, *Myzus ribis*, erzeugte Runzelgalle auf dem Laub der Johannisbeere (*Ribes rubrum*; s. die Tafel, Fig. 6—8). Die letztere zeigt meistens mehrere Runzeln zu großen blasenförmigen Ausstülpungen vereinigt, ist oberseits rot gefärbt und an der ausgehöhlten Seite mit gegliederten, drüsentragenden, zelligen Gebilden besetzt, welche sich dem freien Auge als kurze Haare darstellen. Andere Ausstülpungsgallen, z. B. an den Blättern von *Hieracium Pilosella*, hat man mit dem Namen Köpfigengallen belegt. In noch anderen Fällen haben die Ausstülpungen die Gestalt eines Hornes und sind sehr verlängert,

besitzen verhältnismäßig dicke Wandungen und werden als Hörnchengallen bezeichnet. Die durch eine Gallmilbe verursachte Köpfigengalle des Schlehdornes (*Prunus spinosa*) ragt über die untere Blattseite fast ebenso stark vor wie über die obere, während die gleichfalls durch eine Gallmilbe verursachte Galle an den Laubblättern der Ahlkirsche (*Prunus Padus*) oberseits als langer Beutel, unterseits nur als kleine Warze sich erhebt. Es sieht aus, als ob ein Nagel durch das Blatt gesteckt worden wäre. Manche Köpfigen- und Hörnchengallen sind nur einseitig ausgebildet, und es herrscht in dieser Beziehung eine überaus große Mannigfaltigkeit. An den durch die Blattlaus *Tetraneura Ulmi* auf den Blättern der Rüstern veranlaßten beutelförmigen Ausstülpungen bildet sich zur Zeit, wenn die Blattläuse die Höhlung verlassen, an dem verschmälerten Teile des Beutels ein verhältnismäßig weiter Schlitze aus, wie auf der Tafel bei S. 210, Fig. 16, zu sehen ist.

An die Ausstülpungsgallen reihen sich als dritte Abteilung der Mantelgallen die Umwallungsgallen an. Sie stellen gleich den Stulp gallen Höhlungen dar, in welchen die gallenerzeugenden Tiere leben. Ihre Entwicklungsgeschichte ist aber eine wesentlich andere. Die Gallenhöhle entsteht dadurch, daß das Gewebe in der Umgebung jener Stelle, wo sich ein Tier angesiedelt hat, oder wo ein Ei an die Oberhaut angeheftet wurde, zu wuchern beginnt, sich in Form fleischiger Schwielen und Wälle erhebt und so lange fortwächst, bis die Ansiedelungsstelle der Tiere dachförmig oder kuppelförmig überwallt und überwölbt ist. Die Höhlung entsteht demnach hier nicht durch Ausstülpung, sondern durch Überwallung. In der äußerern Erscheinung sind diese Gallen sehr mannigfaltig. Eine der einfachsten Formen findet sich an den Blättern der Eiche (*Fraxinus excelsior*; s. Abbildung, S. 209, Fig. 3), sie wird dort durch die Gallmücke *Diplosis botularia* veranlaßt. Das Tier heftet seine Eier in die rinnenförmige Vertiefung der Blattrippen. Alsdann entstehen an beiden Seiten der Rinne fleischige Wülste, diese legen sich aneinander, bilden über der Rinne ein Dach, und die Höhlung ist fertig. Eine Verwachsung der das Dach bildenden Wülste findet hier nicht statt. Später entsteht ein klaffender Spalt, wie er an der Abbildung S. 209, Fig. 3, zu sehen ist, durch den die Gallmücken ausfliegen können. Ähnlich wie diese Galle an den Eichenblättern verhalten sich jene an der Mittelrippe der Rüsternblätter (*Ulmus campestris*; s. die Tafel bei S. 210, Fig. 17), welche durch eine Blattlaus (*Tetraneura alba*) veranlaßt wird.

Die sogenannten Terpentingalläpfel (*Carobe di Giude*; s. Abbildung, S. 209, Fig. 4), welche auf verschiedenen Arten der Gattung *Pistacia* durch Blattläuse hervorgerufen werden, gehören gleichfalls zu den Umwallungsgallen. Der Gewebekörper, welcher die Anlage eines Laubblattes bildet, und aus welchem sich unter gewöhnlichen Verhältnissen ein gesiedertes Blatt mit dunkelgrünen, elliptischen Teilblättchen entwickelt haben würde, wächst zu einem Körper heran, der lebhaft an eine Hülsenfrucht erinnert. In dem von den verwachsenen Teilblättchen umschlossenen Hohlraum, der durch das erste Tier entsteht, wohnt später eine ganze Blattlauskolonie (*Pemphigus cornicularius*). Wenn die Zeit zum Verlassen der Höhlung gekommen ist, so öffnet sich die Hülse an der Spitze, indem dort die Enden der verwachsenen, die Wand der Höhlung bildenden Teilblättchen sich trennen und etwas zurückkrümmen (s. Abbildung, S. 209, Fig. 4). Eine ähnliche Entwicklungsgeschichte wie die Terpentingalläpfel haben die unter dem Namen „chinesische Gallen“ eingeführten Umwallungsgallen. Sie stellen unregelmäßig ausgefackte, lappige und höckerige graue Hülsen dar und stammen von dem Sumach, *Rhus semialata*. Zwei andere Umwallungsgallen, welche ihrer Form wegen besonders erwähnt zu werden verdienen, entstehen an den Blattstielen der Pappelbäume,

zumal der Arten *Populus nigra*, *pyramidalis* und *dilatata*. Die eine, als deren Erregerin die Blattlaus *Pemphigus bursarius* anzusehen ist (s. untenstehende Abbildung, Fig. 2), bildet glatte, äußerlich gewöhnlich rotbackige Auftreibungen an der oberen Seite des rinnenförmigen Blattstieles. Wenn man diese Auftreibungen durchschneidet, so sieht man, daß sie hohl sind und daß der von den Blattläusen bewohnte Hohlraum dicke, fleischige Wandungen

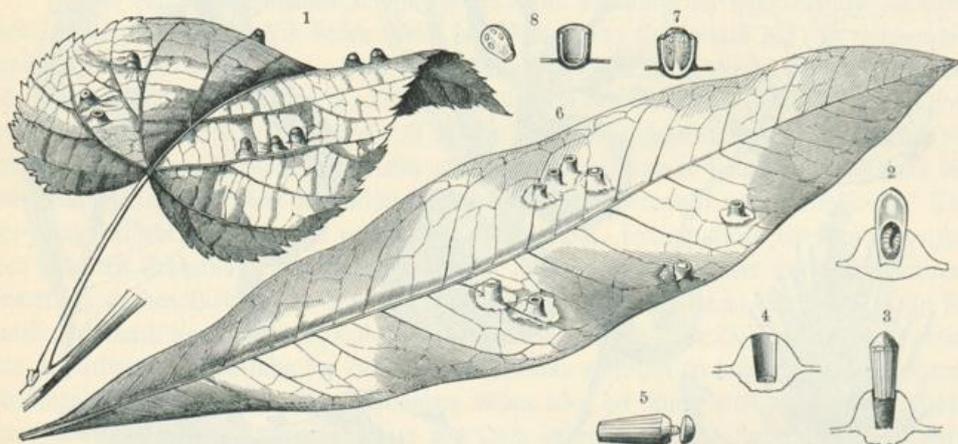


Gallen: 1) Kuckucksgalle an den Zweigen der Fichte, verursacht durch *Chermes abietis*; 2) Umwallungsgalle am Blattstiele der Pyramidenpappel (*Populus pyramidalis*), verursacht durch *Pemphigus bursarius*; 3) Umwallungsgallen auf dem Blatt der Esche (*Fraxinus excelsior*), verursacht durch *Diplosis botularia*; 4) Umwallungsgalle an der Pistazie (*Pistacia Lentiscus*), verursacht durch *Pemphigus cornicularius*; 5) Markgallen an der Rinde von *Davalia longifolia*, verursacht durch *Cecidioses Eromita*, 6) Längsschnitt durch eine dieser Gallen; 7) Kapselgallen auf einem Blatt der österreichischen Esche (*Quercus austriaca*), verursacht durch *Cecidomyia (Janetia) Cerris*, 8) eine solche Galle im Durchschnitt mit feststehendem Deckel und 9) nach Abfallen des Deckels. Fig. 1 bis 7 in natürl. Größe, Fig. 8 u. 9: 3fach vergrößert. (Zu S. 208—217.)

besitzt. Das fleischige Gewebe dieser Wandungen ist eine Wucherung des Blattstieles. Wenn die Bewohner der Gallenhöhle auswandern, bildet sich ein von wulstigen Lippen umrandeter Spalt aus, wie es in der obenstehenden Abbildung, Fig. 2, dargestellt ist. Die andere an den Blattstielen der erwähnten Pappelbäume zu beobachtende Galle, welche durch die Blattlaus *Pemphigus spirotheca* veranlaßt wird, bildet sich in der Weise aus, daß die Ränder des rinnenförmigen Blattstieles sich schwielig verdicken, als fleischige Wülste erheben und über der Rinne zusammenschließen; gleichzeitig findet eine schraubige Drehung des betroffenen Blattstieltheiles statt, und es entsteht dadurch eine Galle, deren Höhlung wie das Innere eines

Schneckengehäuses schraubig gewunden ist. Eine Verwachsung der wulstigen Ränder des Blattstieles findet nicht statt; sie liegen zwar anfänglich dicht aneinander, aber später trennen sie sich, und es entstehen schraubenförmig gewundene Spalten, aus welchen die weißflaumigen Blattläuse hervorkriechen können (s. die beigeheftete Tafel, Fig. 1).

Die unter dem Namen Markgallen zusammengefaßten einfachen Gallen erscheinen als Anschwellungen von beschränktem Umfang an einzelnen Pflanzengliedern und werden durch Insekten veranlaßt, welche das Pflanzengewebe anstechen und in die gebildete Wunde ihre Eier legen. Dabei wird entweder nur die Oberhaut des zur Brutstätte ausgewählten Gewebes verletzt, oder es wird das Ei sofort in das tiefere Gewebe eingeschoben. In beiden Fällen wird eine lebhafteste Zellteilung in der Umgebung angeregt. Die Hohlräume, in welchen die Larven haufen, hat man Larvenkammern genannt, und man unterscheidet Markgallen,



Markgallen: 1) Kapselgallen auf dem Blatte der großblättrigen Linde (*Tilia grandifolia*), verursacht durch *Hormomyia Réaumuriana*, 2) Längsschnitt durch eine solche Galle, im Inneren die Nade zeigend, 3) Längsschnitt durch eine Kapselgalle, aus der eben die Innengalle hervortritt, 4) Außengalle nach dem Ausfallen der Innengalle, 5) Innengalle im Moment des Abfallens des Dedels; 6) Kapselgallen auf dem Blatte einer brasilischen *Celastrus*-Art, 7) Längsschnitt durch eine dieser Gallen, 8) dieselbe nach dem Ausfallen der Innengalle. Fig. 1 u. 6 in natürl. Größe, Fig. 2—5, 7 u. 8: 2fach vergrößert. (Zu S. 210 und 213.)

welche mehrere, und solche, welche nur eine einzige Larvenkammer enthalten (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2 und 7). Die Wände der Larvenkammern lassen in ihrem Aufbau eine große Mannigfaltigkeit erkennen. In allen Fällen zeigen sie eine aus saftreichen, dünnwandigen Zellen gebildete, unmittelbar an das Ei angrenzende Schicht, welche Markschicht oder Gallenmark genannt wird, und eine äußere Schicht, welche als Haut oder Rinde das Gallenmark umgibt (s. die beigeheftete Tafel, Fig. 10). In den meisten Fällen ist auch noch eine dritte Schicht eingeschaltet, welche aus sehr festen Zellen besteht, und die man Hartschicht oder Schutzschicht genannt hat. Das Gallenmark hat die Aufgabe, die aus dem Ei geschlüpften Larven mit Nahrung zu versorgen, und dem entsprechend sind die Zellen desselben auch mit nahrhaften Stoffen ausgerüstet. Es ist bemerkenswert, daß die Ausbildung des Markes ungemein rasch vor sich geht, und daß sie sofort beginnt, nachdem das Ei in das Gewebe gelegt wurde. Die aus dem Ei ausschließende Larve findet die Innenwand der ihr zum zeitweiligen Aufenthalte angewiesenen Kammer immer schon mit der nötigen Nahrung ausgestattet, fällt auch mit Heißhunger allsgleich über das saftreiche Zellengewebe an der Innenwand her und weidet dasselbe ab. Merkwürdigerweise wird der abgeweidete Teil der Zellen in kürzester Zeit wieder

## Erklärung der Tafel ‚Gallen auf Blättern‘.

---

- 1) Umwallungsgallen an dem Blattstiel der Schwarzpappel (*Populus nigra*), veranlaßt durch *Pemphigus spirotheca*.
- 2) Rollgallen an den Blättern des rostfarbigen Alpenröschens (*Rhododendron ferrugineum*), veranlaßt durch die Gallmilbe *Phytoptus alpestris*.
- 3) Querschnitt durch eine solche Rollgalle.
- 4) und 5) Klunkergalle an den Ästen des Quendels (*Thymus Serpyllum*), veranlaßt durch die Gallmilbe *Phytoptus Thomasi*.
- 6) Runzelgallen auf dem Blatt des Johannisbeerstrauches (*Ribes rubrum*), veranlaßt durch *Myzus ribis*.
- 7) Ein Stück des Blattes von der Unterseite gesehen.
- 8) Querschnitt durch einen Teil dieser Runzelgalle.
- 9) Markgalle auf dem Blatt der Grauweide (*Salix incana*), veranlaßt durch *Nematus pedunculii*.
- 10) Dieselbe Galle, aufgeschnitten.
- 11) Ein Stück der Wand dieser Galle im Durchschnitt.
- 12) Markgallen auf dem Blatt einer Rose, veranlaßt durch *Rhodites Rosae*.
- 13) Markgallen auf dem Blatt derselben Rose, veranlaßt durch *Rhodites Eglanteriae*.
- 14) Markgallen auf dem Blatt derselben Rose, veranlaßt durch *Rhodites spinosissima*.
- 15) Runzelgallen auf dem Blatt der Ruster (*Ulmus campestris*), veranlaßt durch *Schizoneura Ulmi*.
- 16) Beutelgallen auf demselben Blatt, veranlaßt durch *Tetraneura Ulmi*.
- 17) Umwallungsgalle auf demselben Blatt, veranlaßt durch *Tetraneura alba*.
- 18) Markgallen auf dem Blatt der Purpurweide (*Salix purpurea*), veranlaßt durch *Nematus gallarum*.
- 19) Markgalle auf den Blättern derselben Weide, veranlaßt durch *Nematus vesicator*.

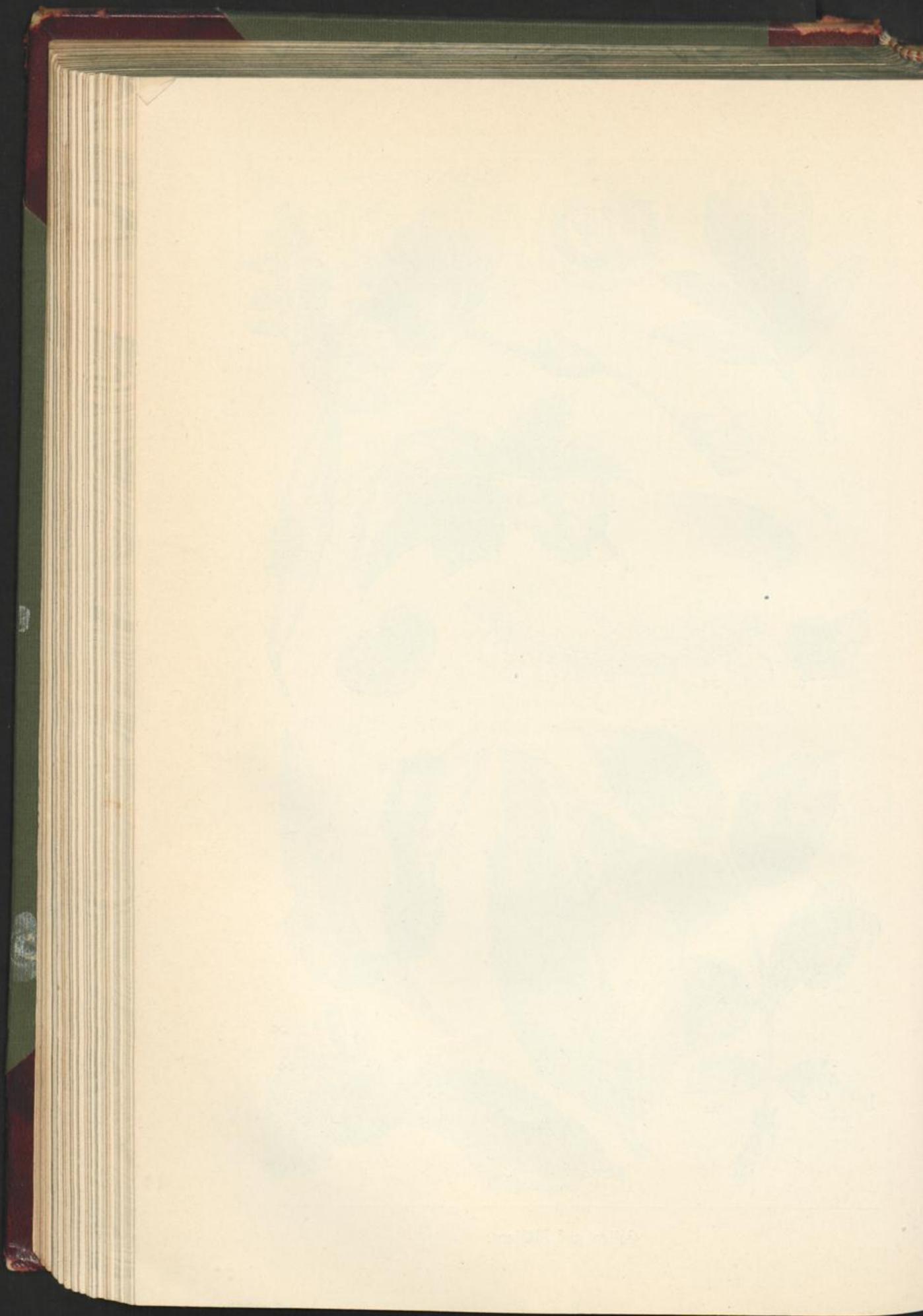
Fig. 1, 2, 4, 6 und 9 in natürlicher Größe, Fig. 5 und 6: 4fach, Fig. 3 und 7: 8fach, Fig. 8 und 11: 50fach vergrößert.

---





Gallen auf Blättern.



erfüllt. Die Zellen des Gallenmarkes verbleiben nämlich so lange, als die Larven in der Larvenkammer der Nahrung bedürfen, in teilungsfähigem Zustande, dadurch werden die in den Gallenkammern abgeweiteten, oberflächlichen Zellenlagen in kurzer Zeit wieder durch neue, aus der Tiefe emporwachsende, ersetzt. Die auf den Blättern von *Salix incana* entstandene kugelige Galle (s. die beigeheftete Tafel, Fig. 9) ist einkammerig, und in deren Kammer lebt eine Larve auf Kosten der äußerst dünnwandigen, mit Stärkemehl und anderen Nährstoffen erfüllten Zellen, welche das Gallenmark bilden (Fig. 11). Die Larve macht in der Kammer förmliche Rundgänge, fängt an einer bestimmten Stelle mit der Vertilgung der Zellen an und weidet sie, in der Runde fortschreitend, ab (Fig. 10). Bis sie zu der Stelle gekommen ist, wo sie den Fraß begonnen hat, sind dort schon wieder neue, zur Nahrung geeignete Zellen ausgebildet worden.

Die Hartschicht und Rindenschicht sind in der mannigfaltigsten Weise als Schutzmittel der Galle, einerseits gegen die Gefahr des Vertrocknens im Hochsommer, andererseits gegen die Angriffe der Vögel und anderer Tiere ausgebildet. Zu dem letzteren Zwecke ist die Rindenschicht häufig in ähnlicher Weise gestaltet wie die Fruchthüllen, welche den Samen und Keimling zu schützen haben. So erklären sich die herben Stoffe, harten Schalen, pelzigen Überzüge, siruppigen Fortsätze und noch zahlreiche andere Schutzmittel, welche bei den Gallen gerade so wie bei den Fruchthüllen ausgebildet sind, und welche in der That die merkwürdige Ähnlichkeit von Gallen und Früchten bedingen. Manche eigentümliche Ausbildung an der Oberfläche dieser fruchtähnlichen Gallen sind freilich aus diesen Gesichtspunkten allein nicht zu erklären, und es mögen in ihnen wie in so vielen anderen Fällen noch andere Vorteile liegen, für welche uns das Verständnis derzeit noch abgeht.

Für die Ähnlichkeit mancher Gallen mit Früchten gibt es eine ganze Reihe von Beispielen. Die an den Pollenblüten der österreichischen Eiche (*Quercus austriaca*) durch *Andricus grossulariae* veranlaßte Einzelgalle hat nicht nur die Form und Größe einer Johannisbeere, sondern ist auch rot gefärbt und saftreich, und wenn an einem Blütenstande der genannten Eiche gleichzeitig mehrere solcher Gallen zur Entwicklung gekommen sind, so ist man beim ersten Anblick wirklich versucht zu glauben, es seien hier Trauben der Johannisbeere der Eiche angehängt worden. Die durch die Buchengallmücke *Hormomyia* (*Oligotrophus*) *Fagi* verursachten Gallen auf den Blättern der Rotbuche ähneln dagegen kleinen Steinfrüchten insofern, als sie mit einer Hartschicht ausgestattet sind, welche mit dem Steine, und einer äußeren Schicht, die mit dem Fruchtfleisch einer Steinfrucht verglichen werden könnte. Auch die Gallen an den Fruchtknoten mehrerer Lippenblütler, z. B. der *Nepeta pannonica*, veranlaßt durch die Gallwespe *Aulax Kernerii*, und bei *Salvia officinalis*, durch die Gallwespe *Aulax Salviae* erzeugt, ahmen die Form von kleinen Steinfrüchten nach. Das Insekt legt seine Eier in einen der vier Fruchtknoten, welche die Blüten enthalten. Dieser Fruchtknoten vergrößert sich nun innerhalb einer Woche zu einer glatten, gelbgrünen Kugel, welche schon äußerlich das Aussehen einer unreifen Ahlkirsche hat. Ein Durchschnitt lehrt, daß die Kugel auch einen ähnlichen Bau wie eine Kirsche besitzt. Eine saftreiche Außenschicht umgibt einen festen Steinkern, aber in der Höhlung liegt statt eines Samens die weiße Larve der Gallwespe. Die Gallen fallen, ähnlich wie Früchte, im Juli ab, überwintern auf dem Erdboden, und im nächsten Jahre kriecht sich das ausgewachsene Insekt durch die Gallenwand eine Ausflugsöffnung.

Auf die Ähnlichkeit der unter dem Namen Galläpfel bekannten, durch verschiedene Zynipiden erzeugten kugelligen Eichengallen (s. Abbildung, S. 215, Fig. 3) und der auf den Rosen- und

Weidenblättern vorkommenden kleinen, rotbackigen, durch *Rhodites Eglanteriae* und *Nematus gallarum* veranlaßten Gallen (s. die beigeheftete Tafel, Fig. 13 und 18) mit Apfel- früchten wurde schon im Eingange dieses Abschnittes hingewiesen. Besonders häufig sind Markgallen, welche an gewisse Trockenfrüchte erinnern. Die an der grünen Rinde junger Eichenzweige entstehenden, durch *Aphilothrix Sieboldi* veranlaßten Gallen (s. Abbildung, S. 215, Fig. 1) gemahnen an die Früchte von *Metrosideros*-Arten, die auf den Blättern der österreichischen Eiche durch *Neuroterus lanuginosus* und *Spathogaster tricolor* erzeugten Gallen (s. Abbildung, S. 215, Fig. 11 und 14) haben eine ausgesprochene Ähnlichkeit mit den Schließfrüchten des Waldmeisters und des kletternden Labkrautes (*Asperula odorata* und *Galium Aparine*), die „hemdknöpfschenförmigen“ Gallen, welche auf den Eichenblättern durch die Gallwespen *Neuroterus fumipennis* und *numismaticus* hervorgebracht werden, ahmen die Früchte von *Omphalodes* nach (s. Abbildung, S. 215, Fig. 12 und 13), und die auf den Blättern von *Duvalia longifolia* durch den Schmetterling *Cecidoses Eremita* erzeugte Galle hat die Gestalt einer mit Deckel auffpringenden Kapsel (s. Abbildung, S. 209, Fig. 5 und 6). Die Oberfläche dieser Gallen erscheint wie jene der Früchte in allen erdenklichen Abstufungen glatt, warzig, höckerig, mit Samt- oder Wollhaaren, mit Borsten und Stacheln, Franzen und Krallen und selbst mit moosähnlichen Auswüchsen besetzt. Die an den wilden Rosen vorkommenden Gallen, von deren Oberfläche moosähnliche Auswüchse ausgehen (s. die Tafel bei S. 210, Fig. 12), sind seit uralter Zeit unter dem Namen *Bedeguar* bekannt. Sie werden durch die Rosengallwespe (*Rhodites Rosae*) veranlaßt, die ihre an der einen Seite spitz zulaufenden und mitunter hakig gebogenen Eier zeitig im Frühling in die Oberhaut eines noch in der Knospe zusammengefalteten, unentwickelten Laubblattes hineinlegt. Dadurch wird eine veränderte Wachstumsweise in der Umgebung veranlaßt, welche sich zunächst durch die Ausbildung zahlreicher Haare kundgibt. Die aus den Eiern ausgekrochenen Larven dringen tiefer in das Blattgewebe ein, das sich zu einem Gallenmark ausgestaltet und je nach der Zahl der Larven mehr oder weniger Kammern enthält. Von der Außenschicht erheben sich immer mehr und mehr Haare und Franzen, und es entstehen so diese seltsamen Gebilde, von welchen ehemals die Meinung herrschte, daß sie, unter das Kopfkissen gelegt, einen ruhigen Schlaf herbeizuführen imstande seien. Meistens werden die Stiele der in der Knospe liegenden jungen Blätter angestochen, und in diesem Falle sterben dann die darüber folgenden Teile des Blattes frühzeitig ab. Seltener wird das Ei in die Oberhaut eines Teilblättchens gelegt, in welchem Falle die Blätter ihre gewöhnliche Größe erreichen und nur auf dem betreffenden Teilblättchen mit einem kleinen *Bedeguar* besetzt sind, wie es Figur 12 der Tafel bei Seite 210 zeigt. Wenn gleichzeitig die Blattstiele von drei jugendlichen, in der Knospe zusammengedrängten Blättern angestochen werden, was sehr oft vorkommt, so entstehen drei an einer verkürzten Achse dicht zusammengedrängte Einzelgallen, und das ganze Gebilde erreicht dann nicht selten die Größe eines Pinienzapfens.

Die Stelle, wo das wachstumsfähige Gewebe der Pflanze von dem eierlegenden Tier angestochen wird, erhält sich in manchen Fällen auch später als freier offener Kanal; in anderen Fällen bildet sich an der Wundstelle ein Korkgewebe aus, so daß die Kammer, in welcher die Larve lebt und zur Puppe wird, von der Außenwelt ganz abgeschlossen ist. In diesen Fällen muß das auskriechende Insekt durch die Wand der Galle einen Ausführungsgang bilden, was dadurch geschieht, daß von dem entwickelten Tier mittels der Kiefer ein Loch ausgebissen wird (s. Abbildung, S. 215, Fig. 3). Die Gallwespen (*Zynipiden*) verlassen ausnahmslos auf diese

Weise den Raum, welcher ihnen bisher nicht nur als sichere Wohnung, sondern zugleich als nie versiegende Speisekammer gedient hat.

Überaus merkwürdig und darum einer eingehenderen Schilderung wert ist die Art und Weise, wie sich jene Markgallen öffnen, welche einer mit Deckel aufspringenden Kapsel ähnlich sehen und dem entsprechend als Kapselgallen angesprochen werden. Wenn die Zeit herannaht, wo die Larve die Kammer verlassen soll, um sich in der Erde zu verpuppen, findet entlang einer kreisförmigen Linie eine Trennung in dem Gewebe statt, und der von dem Kreis umschriebene Teil der Gallenwand wird als Deckel abgestoßen. Sehr hübsch ist dieser Vorgang an der durch die Gallmücke *Cecidomyia* (*Janetia*) *Cerris* (s. Abbildung, S. 209, Fig. 7) an den Blättern der österreichischen Eiche (*Quercus austriaca*) veranlaßten Galle zu verfolgen. Die Galle stellt im geschlossenen Zustand ein festes, rundliches Gehäuse dar, welches in das Blatt so eingeschaltet ist, daß es sich über die obere Blattseite als kleiner bespitzter Keil, über die untere Blattseite als eine Scheibe, welche mit einem Näschen aus dicht zusammengedrängten Haaren besetzt ist, erhebt. Im Herbst trennt sich von der unteren Seite dieses Gehäuses ein kreisrundes, deckelartiges Stück los. Dasselbe entspricht genau dem Umfang der erwähnten, mit Haaren besetzten Scheibe und ist so scharf ungrenzt, daß es den Eindruck macht, es sei mit einem Messer herausgeschnitten worden (s. Abbildung, S. 209, Fig. 8 und 9). Der Deckel fällt nun ab, und auch die Larve, welche aus dem Ei hervorgegangen war, und die den Sommer hindurch in der Kammer dieser Galle gelebt hatte, fällt zu Boden, dringt in die Erde, spinnt sich dort ein und verwandelt sich im darauffolgenden Frühling zu einer Puppe, aus welcher im Mai die Gallmücke auskriecht.

Noch seltsamer ist die durch den Schmetterling *Cecidoses Eremita* an dem grünen Rindengewebe der jungen Zweige von *Duvalia longifolia*, einer südamerikanischen Anardiacee, hervorgebrachte, auf S. 209, Fig. 5 und 6, abgebildete Galle. Dieselbe ist kugelförmig, sehr hart und beherbergt in ihrer großen Kammer die aus dem Ei hervorgegangene Raupe. Wenn die Zeit zum Verpuppen herangerückt ist, bildet sich gegenüber von dem Anzapfpunkt der Galle ein Pfropfen aus, der mit einem vorspringenden Rande versehen ist. Nach Entfernung desselben bemerkt man ein kreisrundes Loch, welches in die Gallenkammer führt, und durch welches die Raupe ihren bisherigen Wohnort verläßt. Es gibt noch merkwürdigere Formen in dieser Abteilung der Gallenbildungen. An den Blättern der großblättrigen Linde (*Tilia grandifolia*) entsteht in der Umgebung des von der Gallmücke *Hormomyia Réaumuriana* gelegten Eies eine Wucherung, welche sich vergrößert und an der oberen Blattseite als ein stumpfer Keil, an der unteren als halbkugelige Warze vorragt. Die Kammer dieser Galle ist von der Made der genannten Gallmücke bewohnt. Im Juli verfärbt sich die Spitze des kegelförmigen Teiles, wird gelb und braun, und nun bemerkt man auch eine Furche, welche den Keil umsäumt. Wird die Galle zu dieser Zeit der Länge nach durchgeschnitten, so erkennt man, daß sich in dem die Kammer umgebenden Gewebe eine Scheidung in zwei Schichten derart vollzogen hat, daß die äußere Schicht, welche in das grüne, unveränderte Blattgewebe allmählich übergeht, zu einem Wall geworden ist, welcher die innere, die Made unmittelbar umhüllende Schicht bis zur Höhe der oben erwähnten Kreislinie umgibt. Das ganze Gewebe hat sich in eine „Außengalle“ und eine „Innengalle“ gesondert, und die Innengalle erscheint wie ein Ei im Eibecher eingesenkt (s. Abbildung, S. 210, Fig. 2). Im Hochsommer trennt sich die Innengalle vollständig von der Außengalle und wird von der letzteren förmlich ausgestoßen. Das geschieht dadurch, daß das Gewebe der Außengalle stark

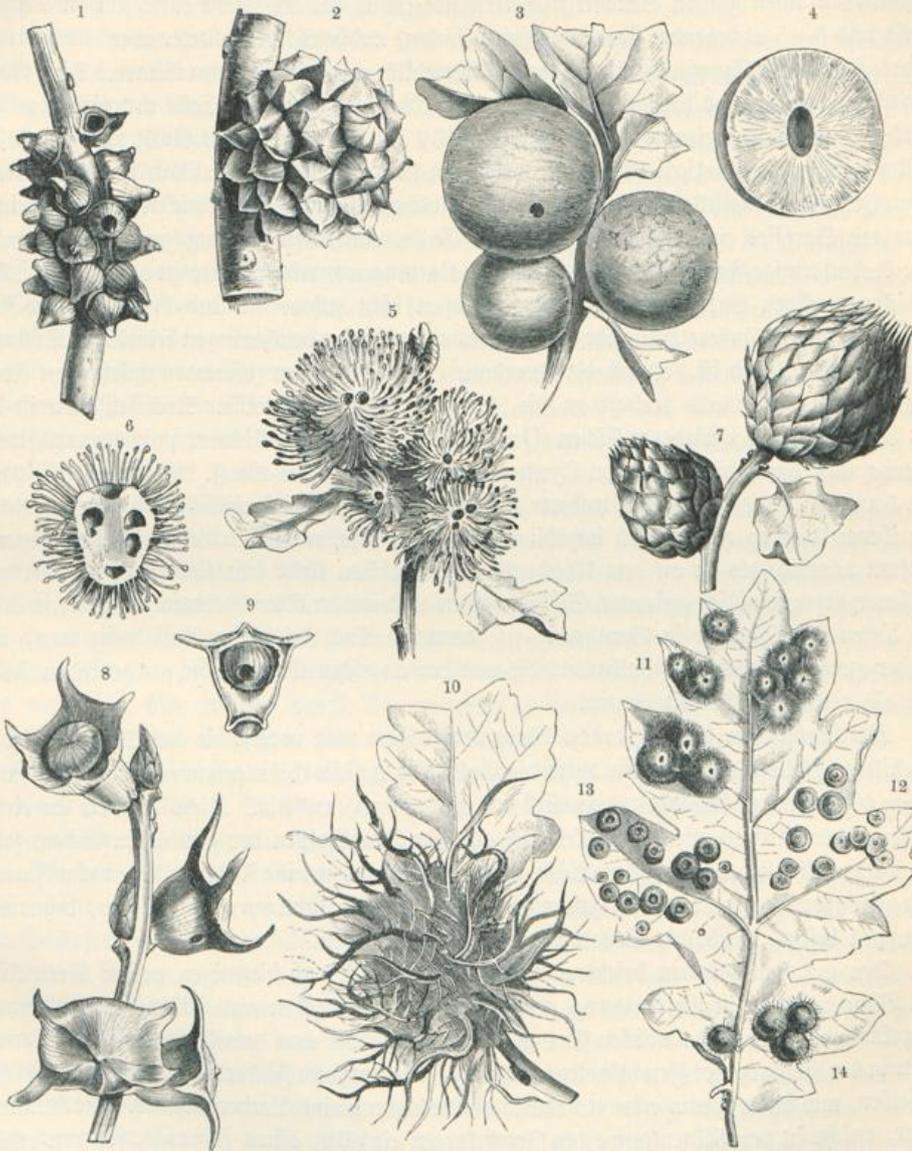
aufquillt, so daß ein Druck auf die einem Pfropfen nicht unähnliche und unterwärts etwas verichmälerte Innengalle ausgeübt wird (s. Abbildung, S. 210, Fig. 3). Die ausgestoßene Innengalle fällt auf die Erde unter den Lindenbaum und nimmt eine dunkelbraune Farbe an; die Außengalle aber hat nun die Gestalt eines Kraters, dessen Grund von dem aufgequollenen Zellgewebe eingenommen ist (s. Abbildung, S. 210, Fig. 1 und 4); später schrumpft sie und erscheint dann als eine durchlöcherter, grüne Verdickung in der grünen Spreite des Lindenblattes. Die Kammer der abgefallenen Innengalle birgt die Gallmückenlarve, welche sich noch eine Zeitlang von dem saftigen, die Innenwand der Kammer bekleidenden Zellgewebe ernährt, sich in der Kammer auch während des Winters ruhend verhält und im darauf folgenden Frühling verpuppt. Vor der Verpuppung wird von ihr eine ringförmige Furche unter der kegelförmigen Gallenspitze ausgefressen, und wenn dann die Puppe auskriechen will, braucht sie nur an die Gallenspitze zu drücken, worauf sofort im Umkreise der Furche eine Trennung des Zusammenhanges erfolgt, die kegelförmige Gallenspitze als Deckel abgeworfen und eine weite Ausgangspforte gebildet wird (s. Abbildung, S. 210, Fig. 5). Eine sehr ähnliche Ausbildungsart von Kapselgallen findet sich an den Laubblättern einer in Brasilien vorkommenden Art der Gattung *Celastrus* (s. Abbildung, S. 210, Fig. 6—8), nur enthält dort die Innengalle mehrere Kammern, und die Außengalle hat die Form eines der grünen Blattfläche aufgesetzten Bechers.

Die Ursprungsstelle der Markgallen wird durch die gallenerzeugenden Tiere bestimmt. Diese sind in betreff der Stelle, wohin sie ihre Eier legen, im allgemeinen sehr wählerisch, und es ist wahrhaft staunenswert, mit welcher Fündigkeit von ihnen selbst sehr versteckte und schwer zugängliche Punkte aufgesucht werden, wenn Aussicht vorhanden ist, daß dort die aus dem Ei hervorkommenden Larven nicht nur Nahrung, sondern auch eine gesicherte Heimstätte finden. Die kleine Gallwespe *Blastophaga grossorum* legt ihre Eier in die Fruchtknoten der sogenannten Gallenblüten im Inneren der Urnen von *Ficus Carica* (s. S. 384 und Abbildung, S. 380, Fig. 14 und 15); *Aphilothrix* legt ihre Eier in die grüne Rinde, aus der Markgallen entstehen (S. 215, Fig. 1), die Gallwespe *Cynips caput Medusae* legt sie an die Seite der Hüllblättchen, welche die Fruchtblüten der Eichen (*Quercus sessiliflora* und *pubescens*) umgeben, und erzeugt dort eine Galle mit unzähligen, wirr durcheinander geflochtenen starren und spitzen Franzen, welche die Angriffe anderer Tiere abwehren (s. Abbildung, S. 215, Fig. 10).

Die von *Aphilothrix Sieboldi* (s. Abbildung, S. 215, Fig. 1) erzeugte Galle ist insbesondere auch dadurch bemerkenswert, daß von ihrer Oberfläche ein klebriger, süß schmeckender Saft abgefordert wird, welcher kleine Ameisen anlockt. Diese Ameisen suchen ihre Nahrungsquelle, den süßen Saft auf den Gallen, für sich allein auszubeuten und wehren alle anderen Tiere, welche sich diesen Gallen nähern wollen, ab. Mithin spielen sie die Rolle von Wächtern der Gallen und schützen die Erzeuger und Bewohner derselben gegen die Nachstellungen verschiedener Schmarotzer, namentlich der Arten der Gattungen *Torymus* und *Synergus*. Man wird dadurch lebhaft an die in Band I, S. 422, geschilderten Vorgänge der Schutzeinrichtungen der Blätter von *Cecropia* erinnert. Noch ist zu bemerken, daß die Ameisen häufig aus Sand und Erde einen vollständigen Mantel um die durch *Aphilothrix Sieboldi* erzeugten Gallen bauen, um den süßen Saft ungestört genießen zu können, wodurch der Schutz noch wesentlich vervollkommt wird.

Zusammengesetzte Gallen werden diejenigen genannt, an deren Aufbau mehrere unmittelbar aneinander grenzende Glieder einer Pflanze teilnehmen. Sie lassen sich in drei

Gruppen, in die Knoppergallen, Ruckucksgallen und Klunfergallen, zusammenstellen. Die Knoppergallen umfassen mehrere, häufig sogar sämtliche Teile eines Sprosses. Von den



Eichengallen: 1) Markgallen an der Rinde, veranlaßt durch *Aphilothrix Sieboldi*; 2) Knoppergalle aus einer Blattknospe, veranlaßt durch *Cynips Hartigii*; 3) Markgallen an einem Eichenweige, veranlaßt durch *Cynips Kollari*, 4) eine solche Galle durchschnitten; 5) Knoppergallen aus Blattknospen, veranlaßt durch *Cynips lucida*, 6) eine solche Galle durchschnitten; 7) beblätterte Knoppergalle, veranlaßt durch *Aphilothrix gemmae*; 8) Knoppergallen aus Blattknospen, veranlaßt durch *Cynips polycera*; 9) Längsschnitt durch eine solche Knoppergalle; 10) Galle an der Fruchthülle der *Quercus pubescens*, veranlaßt durch *Cynips caput Medusae*; 11-14) Markgallen auf dem Blatte der österreichischen Eiche (*Quercus antriaca*): 11) veranlaßt von *Neuroterus lanuginosus*, 12) von *Neuroterus numismatis*, 13) von *Neuroterus fampennis*, 14) von *Spathogaster tricolor*. Nach G. Mayr. (Zu S. 211-216.)

blattlosen Knoppergallen sind insbesondere jene Formen hervorzuheben, welche mit eigentümlichen Schutzmitteln gegen die Angriffe der den Gallenwespenlarven nachstellenden Tiere

ausgerüstet sind. Die auf S. 215, Fig. 8 und 9, abgebildete, durch *Cynips polycera* veranlaßte, aus den Blattknospen der *Quercus pubescens* und *sessiliflora* hervorgehende und gewissermaßen einen ganzen Seitentrieb vertretende Galle hat die Form einer jungen Nüßel- frucht und 3—5 abstehende, starre und spitze Zacken, welche als veränderte, aber ohne Grenze in das Gewebe der Sprossachse übergehende Blattgebilde angesehen werden können. Diese Galle ist einkammerig, und es hat sich das Gewebe ihrer Wand in eine Außengalle und eine kugelige, markige Innengalle gesondert. Die auf S. 215, Fig. 2, abgebildete Galle wird durch die Gallwespe *Cynips Hartigii* veranlaßt, welche ein Ei in die Mitte einer Blattknospe der Stiel- eiche (*Quercus sessiliflora*) legt. Aus einer solchen Blattknospe entwickelt sich statt eines belaubten Sprosses eine einkammerige, kleine Galle, von deren Umfang große nagelförmige oder keulenförmige Fortsätze ausgehen, welche als umgewandelte Blätter zu deuten sind. Die verdichten, eckigen Enden dieser Fortsätze schließen dicht zusammen und bilden so gewisser- maßen eine zweite äußere Hülle der Gallenkammer, welche zu durchdringen feindlichen Schlupf- wespen nicht möglich ist. Durch die Anordnung und Form der zusammenschließenden Fort- sätze erinnert diese Galle lebhaft an die Zapfenfrucht einer Zypresse. Noch seltsamer ist die aus den Knospen verschiedener Eichen (*Quercus pendulina*, *sessiliflora*, *pubescens*) hervor- gehende und durch die Gallwespe *Cynips lucida* veranlaßte Galle (s. Abbildung, S. 215, Fig. 5 und 6). Dieselbe enthält mehrere Larvenkammern und ein reichliches Markgewebe, und von ihrem Umfang erheben sich unzählige dünne Fortsätze, welche an Leimspindeln erinnern, insofern nämlich, als sie an dem köpfchenförmig verdichten Ende sehr kleberig sind. Die dem Gallenerzeuger feindlich gesinnten Schlupfwespen und andere Tiere nehmen sich wohl in acht, mit diesen Leimspindeln in Berührung zu kommen. Auch bei dieser Galle mag man, wie bei der zuvor besprochenen Gallenart, die von der angeschwollenen Achse ausgehenden Fort- sätze als veränderte Blätter deuten.

Als Vorbild der beblätterten Knopperrgallen mag vorerst die auf S. 215, Fig. 7, abgebildete Galle dienen, welche durch die Gallwespe *Aphilothrix gemmae* an verschiedenen Eichen (*Quercus pedunculata*, *sessiliflora*, *pubescens*) entsteht. Diese erinnert an einen Hopfen- oder Lärchenzapfen, entwickelt sich aus den Laubknospen der genannten Eichen, zeigt eine stark verkürzte, angeschwollene Achse, deren Gewebe sich in eine Außengalle und eine Innen- galle gesondert hat, und ist mit zahlreichen vertrockneten, braunen, lanzettlichen, behaarten Schuppen besetzt, welche die Gestalt von Deckblättern haben.

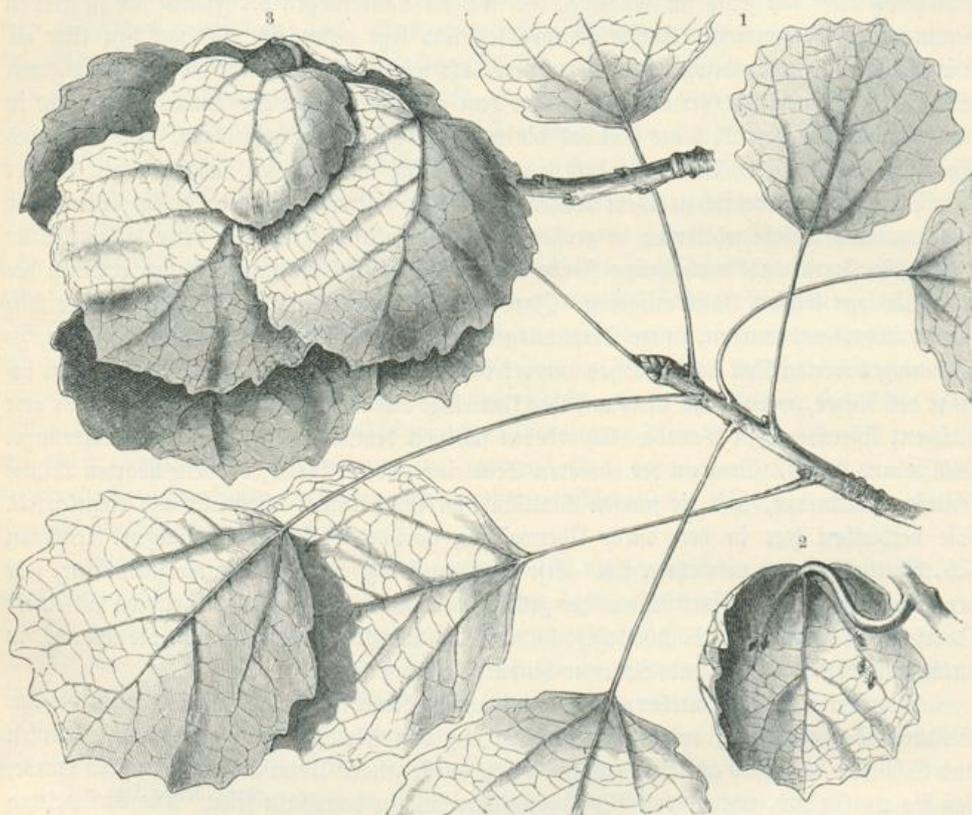
Den mit Laubblättern besetzten Gallen schließen sich noch diejenigen an, zu deren Auf- bau Blumenblätter in Verwendung gekommen sind. Sie gehen aus Blütenknospen hervor, in welche von kleinen Gallmücken Eier gelegt wurden. Die aus dem Ei schlüpfenden Larven leben in der Höhlung des Fruchtknotens oder, wo dieser mehrere Fächer hat, in einem der Fächer desselben, und dieser Raum erlangt dadurch die Bedeutung einer Larvenkammer. Die Blumen- krone, welche in der Blütenknospe den Fruchtknoten einhüllt, öffnet sich nicht, sondern erhält sich als eine geschlossene Kappe über der Larvenkammer. Der Kelch erscheint aufgebläht, ver- größert, bisweilen fleischig angeschwollen. Die ganze Galle macht den Eindruck einer Knospe oder kleinen Zwiebel und erinnert an jene knospenförmigen Ableger, welche an Stelle der Blüten an den Hochblattstiengeln gewisser Laucharten entstehen. Besonders findet man solche Gallen am Hornklee (*Lotus corniculatus*), wo sie durch die Gallmücke *Diplosis (Contari- nia) Loti*, an verschiedenen Arten der Königsferze (*Verbascum austriacum*, *nigrum*, *Lych- nitis* usw.), wo sie durch *Asphondylia Verbasci*, an mehreren Arten des Gamanders

(*Teucrium montanum*, *Chamaedrys*, *Scordium* usw.), wo sie durch die Wanzen *Laccometopus Teucrii* und *clavicornis*, und an der Teufelskralle (*Phyteuma orbiculare*), wo sie durch *Cecidomyia Phyteumatis* hervorgebracht werden.

Den Knoppergallen schließen sich jene merkwürdigen Gallenbildungen an, welche die Basis von Sprossen unwachsen. Die bekannteste und verbreitetste in diese Gruppe gehörige Galle wird durch die Blattlaus *Chermes Abietis* an den Zweigen der Fichtenbäume (*Abies excelsa*) hervorgebracht (s. Abbildung, S. 209, Fig. 1). Eine der „Altmütter“ der genannten Blattlaus saugt zeitig im Frühling, ehe noch die Laubknospen der Fichten sich zu strecken beginnen, an der untersten Knospenschuppe fest und legt neben sich ein Häufchen Eier ab. Die Verletzung, welche durch das Saugen veranlaßt wird, und noch mehr die Einführung von Stoffen in das verletzte Gewebe, welche von dem saugenden Tiere herkommen, veranlaßt in dem darüberstehenden Teil des Triebes die merkwürdigsten Veränderungen. Die Achse des Sprosses verdickt sich. Die Basis der von dieser Achse ausgehenden nadelförmigen Blätter schwillt an und gestaltet sich zu einem weichen, weißlichen, saftreichen Gewebe, dessen Zellen unter anderem auch Stärkemehlkörner in großer Menge enthalten. Das freie Ende dieser Blätter behält die Form und dunkelgrüne Farbe der gewöhnlichen Fichtennadeln und erscheint der kissenförmigen blassen Basis aufgesetzt. Inzwischen sind aus den Eiern, welche von der Altmutter abgelagert wurden, junge Tiere ausgekrochen, welche ihre Geburtsstätte verlassen, zu dem umgeänderten Teil des Sprosses emporkriechen und sich dort verteilen. Nun beginnt infolge des Reizes, welchen die Tiere auf ihre Unterlage ausüben, eine neue Wucherung in dem bleichen, kissenförmigen Gewebe. Es erheben sich von demselben krepfenartige Vorsprünge, Wülste und Wälle, zumal an der vorderen Seite eines jeden Kissens; die benachbarten Wülste schließen zusammen, und die jungen Blattläuse werden förmlich überwallt und eingekapfelt. Sie verbleiben hier in den durch Überwallung gebildeten kleinen Höhlungen, ernähren sich, häuten sich und vermehren sich. Erst im August beginnt die Galle auszutrocknen, jede der kleinen Höhlungen öffnet sich vor der grünen, dem Kissen aufgesetzten Nadelspitze mit einem Querspalt (s. Abbildung, S. 209, Fig. 1), und die Blattläuse verlassen nun die Räume, in welchen sie den Frühling und Sommer hindurch gehaust hatten.

Mit dem Namen Klunkern bezeichnet man in Norddeutschland Mißbildungen an den Blütenständen der Eiche, an welchen die Häufung von Blattgebilden zu Knäueln, Knöpfen und Schöpfen besonders auffällt, und für welche durch genaue Untersuchung festgestellt wurde, daß sie als Gallen, erzeugt von *Phytoptus Fraxini*, zu betrachten seien. Die Ansiedelung von Mücken, Blattläusen und Milben erfolgt jedesmal am Ende eines Sprosses, und zwar stets zur Zeit, wenn dieser noch unentwickelt in der Knospe steckt. Die Achse eines solchen sprossendes bleibt infolge des Reizes der angesiedelten Tiere mehr oder weniger verkürzt. Damit für die zwischen den Blättern angesiedelten Tiere der nötige Raum geschaffen werde, ist entweder die Spreite, oder es ist der scheidenförmige Teil des Blattes vertieft und ausgehöhlt, und indem sich diese Teile der Blätter aufeinanderlegen, entstehen Höhlungen, nicht unähnlich denjenigen, welche sich an den Zapfen der Nadelhölzer für die heranwachsenden Samen ausbilden. Der Scheidenteil der Blätter ist nicht selten etwas verdickt, und sein saftiges Zellgewebe dient dann den in der Galle wohnenden Tieren zur Nahrung. An derartige Gallen, zu denen auch die auf S. 218 abgebildete, auf den Eipen häufig anzutreffende, von *Schizoneura tremulae* erzeugte Galle gehört, schließen sich die absonderlichen Gebilde an den Zweigspitzen der Weiden, welche der Volksmund Weidenrosen nennt. Sie werden durch die Gallmücke

*Cecidomyia* (*Dichelomyia*) *rosaria* veranlaßt. Die Laubknospe, aus der sie entstehen, behält ihre kurze Achse und entwickelt aus dieser zahlreiche grüne Blätter, welche wie die Blätter einer gefüllten Rose gruppiert sind. Die untersten Blätter dieser „Rose“ weichen in ihrer Gestalt von den gewöhnlichen Laubblättern der betreffenden Weidenarten nur wenig ab. Meistens ist nichts weiter als eine Verkürzung und Verbreiterung des Blattstiels und der Blattscheide zu bemerken, während sich die grüne Spreite und ihre fiederförmige Strangverteilung fast unverändert erhalten haben. An den weiter aufwärts beziehentlich einwärts folgenden



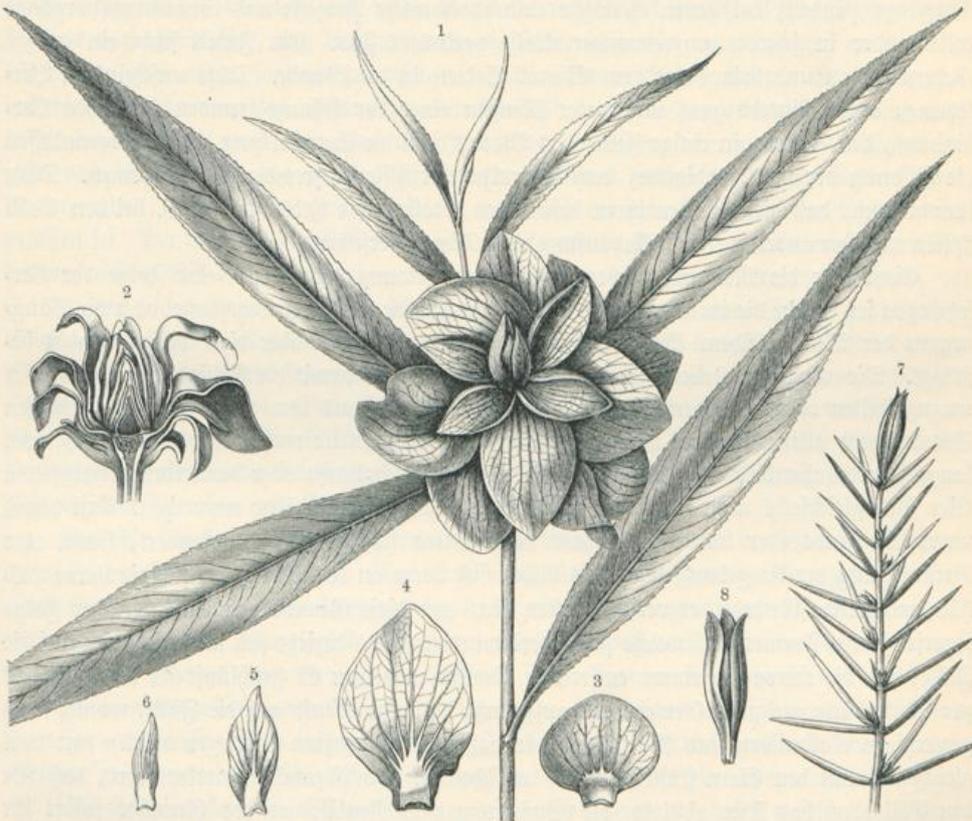
Bildung einer Klunkergalle in der Krone eines Espenbaumes: 1) normaler Espenweig mit unveränderten Laubblättern; 2) ein von der Blattlaus *Schizoneura tremulae* befallenes Blatt der Spitze, von der unteren Seite gesehen; 3) ganze Klunkergalle in der Krone der Spitze. (Zu S. 217.)

Blättern nimmt dagegen der scheidenförmige Teil des Blattes auffallend an Umfang zu und der grüne Spreitenteil an Umfang ab, und noch weiter gegen den Mittelpunkt der „Rose“ werden die Blätter schuppenförmig, und es trägt der Sproß auffallend verkürzte Blätter mit breiten bleichen, fleischigen Blattstielen, welche in eiförmige oder lanzettliche, von strahlig verlaufenden Strängen durchzogene Blattspreiten übergehen (s. Abbildung, S. 219, Fig. 1—6). Bemerkenswert ist, daß die Zahl der Blätter in einer solchen Weidenrose immer größer ist als diejenige, welche an einem unveränderten Sproß der betreffenden Weidenart gefunden wird.

Einen bemerkenswerten Gegensatz zu diesen Klunkergallen, welche sich als weit offene Rosetten darstellen, bilden diejenigen, deren sämtliche Blätter zusammenschließen oder sich

gewissermaßen ballen, wie etwa die Blätter an einem Kohlkopfe, so daß die ganze Galle ein kopfförmiges Aussehen erhält, wie solche z. B. durch Gallmilben am Quendel (*Thymus Serpyllum*) hervorgebracht werden (s. die Tafel bei S. 210, Fig. 4 und 5).

An den Sprossen der Eibe (*Taxus baccata*), des Leines (*Linum usitatissimum*), der zypressenartigen Wolfsmilch (*Euphorbia Cyparissias*), des stiellosen Leimkrautes (*Silene acaulis*) und mehrerer Ericen (*Erica arborea*, *carnea* usw.) entstehen durch den Einfluß verschiedener Mücken (*Cecidomyia Taxi*, *Euphorbiae*, *Ericae scopariae* usw.) Gallen mit linealen,



„Weidenrosen“ und „Kiebbeeren“: 1) Kluntergalle auf dem Zweige der Silberweide (*Salix alba*); 2) Längsschnitt durch diese Galle, 3–6) Blätter aus dieser Kluntergalle; 7) Zweig von *Juniperus communis*, welcher von einer Kluntergalle (Kiebbeere) abgeschlossen ist; 8) eine abgelöste solche Kluntergalle, etwas vergrößert. (Zu S. 218–220.)

aufrecht abstehenden, zu Büscheln zusammengedrängten Blättern. Der Grund der gehäuften Blätter und auch die Achse der Galle ist gewöhnlich etwas verdickt, wodurch der Eindruck hervorgebracht wird, daß die linealen Blätter einem rundlichen Knopfe aufsitzen, was namentlich bei der zypressenförmigen Wolfsmilch recht auffallend hervortritt. An diese Form reiht sich die unter dem Namen Kiebbeere bekannte, an Zweigen des Wacholders (*Juniperus communis*) vorkommende, von der Gallmücke *Hormomyia* (*Oligotrophus*) *juniperina* veranlaßte Gallenbildung an. Die nadelförmigen Blätter des Wacholders stehen an den unveränderten Sprossen zu drei und drei in Quirlen beisammen. Durch den Einfluß der genannten Gallmücke erscheinen nun die Quirle am obersten Ende der Zweige so verändert, daß der

vorlegte derselben infolge Verbreiterung der Nadeln einen dreizackigen Becher darstellt, während der letzte Quirl sich zu einem von drei kurzen Blättchen umschlossenen Gehäuse ausgestaltet (s. Abbildung, S. 219, Fig. 7 und 8). Die Galle erinnert in ihrer Form sehr auffallend an die Zapfen gewisser Lebensbäume (*Thuja occidentalis*, *orientalis* und *plicata*).

Die Erklärung der Gallenbildung stößt auf große Schwierigkeiten, und es fehlt an einer befriedigenden Einsicht, welche diese so überaus merkwürdigen Tatsachen verständlich macht. Man muß aber auch wohl beachten, daß es sich nicht um einfache, sondern um sehr verwickelte Vorgänge handelt, bei denen chemische und mechanische Prozesse und Gestaltungsvorgänge miteinander in schwer zu trennender Weise verknüpft sind. Ein Insekt sticht ein junges Eichenblatt an und bringt mit dem Ei auch Sekrete in die Wunde. Diese unscheinbare Verletzung, dieser Eintritt ganz minimaler Mengen einer der Pflanze fremden chemischen Verbindung, des Sekrets, in einige Zellen des Blattes dazu die Entwicklung des Eies veranlassen die Bildung der merkwürdigsten, dem Charakter der Pflanze fremden Gallenformen. Dazu kommt noch, daß diese Gallen ihren besonderen Stoffwechsel haben und z. B. bei den Galläpfeln die Zuwanderung und Anhäufung von Tannin erfahren.

Einmal war die Meinung verbreitet, daß die Bildung der Gallen eine Folge der Verletzungen sei, welche die im Wachstum begriffenen Gewebe durch den Legestachel oder die Saugorgane der Tiere erleiden. Die neueren Untersuchungen haben aber diese Meinung nicht bestätigt. Die verletzten Zellen gehen zugrunde und haben damit die Fähigkeit verloren, sich umzugestalten oder veränderte Tochterzellen zu erzeugen; aus dem angrenzenden lebendigen Gewebe geht allenfalls Kork hervor, welcher die Wunde verschließt, aber das ist noch lange keine Gallenbildung. Die in das Gewebe eingeschobenen oder demselben angehefteten Eier sind gleichfalls nicht imstande, eine Gallenbildung unmittelbar anzuregen. Erst dann, wenn die Made oder Larve die Eihaut verläßt und flüssige Stoffe absondert, findet eine Veränderung der Umgebung statt. Es bilden sich dann an der Stätte, wo sich die Larve aufhält, wuchernde Gewebe der verschiedensten Art, und diese Gewebe nehmen in rascher Folge jene seltsamen Formen an, welche geschildert wurden. Das bezieht sich natürlich auch auf die Fälle, wo die Larve an einem entfernten Punkte aus dem Ei geschlüpft ist und sich das zur Wohnstätte geeignete Gewebe erst aufgesucht hat, und ebenso auf die Fälle, wo sich ausgewachsene Gallmilben und Blattläuse einen passenden Platz zum Eierlegen wählen und dort gleichzeitig mit den Eiern flüssige Stoffe ausscheiden. Es ist auch bemerkenswert, daß für den Fall, daß das Tier abstirbt, die Wucherung und Neubildung des Gewebes sofort ihr Ende erreicht und die Galle nicht zur Ausbildung kommt. Die Zellen in der Umgebung des Tierleichnams bräunen sich und sterben ab, woraus mit Recht geschlossen wird, daß nur die von lebenden Tieren ausgeschiedenen Stoffe Gallenbildung verursachen können. Man glaubte, daß das von dem Eierlegenden Tier bei der Eiablage ausgeschiedene Sekret als chemischer Reiz wirke, der die Gallenbildung auslöse. Allein künstliche Injektionen der Sekrete von *Nematus viminalis* in Weidenblätter führten niemals zur Gallenbildung. Ebenso unwirksam waren Extrakte junger Gallen oder von Tieren und Eiern. Mögen nun auch die Methoden künstlicher Injektion von der Wirkung des Legestachels abweichen, die Versuche sprechen nicht dafür, daß ein einfacher chemischer Reiz genügt, um das Wachstum der Gallen zu veranlassen. Einige Gallenforscher nehmen an, daß nicht das Sekret des Legestachels, sondern der von den Tieren zur Verflüssigung der Nahrung ausgeschiedene scharfe Speichel es sei, welcher auf das Zellgewebe der von dem Insekt gewählten Wohnstätte einwirke.

Die chemische Zusammensetzung dieser Stoffe ist zwar unbekannt, man nimmt aber an, daß die wirksamen Bestandteile zu jener Gruppe stickstoffhaltiger Verbindungen gehören, welche Enzyme genannt werden und von denen in Band I, S. 292, die Rede war. Die Enzyme haben die Fähigkeit, chemische Spaltungen hervorzurufen und damit den Stoffwechsel zu beeinflussen. Ob das aber dahin führen muß, daß die Gewebe der befallenen Pflanzenteile ganz und gar neue Wege der Formbildung einschlagen und die merkwürdigen Gallen erzeugen, läßt sich nicht erkennen. Für diese Annahme wird angeführt, daß die Larve anfangs wenig wächst, vielmehr erst, wenn die Galle ausgebildet ist, schnell ihre Größe erreicht. Daraus wird geschlossen, daß die zuerst von der Larve aufgenommene Nahrung nicht von ihr selbst verwendet wird, sondern zunächst das gallenbildende Sekret liefert. Es scheint aber, daß diese Ausscheidung des „gallenbildenden Stoffes“ durch die Larve länger andauern muß, damit die Galle sich ausbildet. Das widerspricht der Annahme, daß der bloße Stich des Insekts und die Wirkung des dabei ausgeschiedenen Sekrets ausreiche, um die Gallenbildung hervorzurufen, also daß der ganze Vorgang wesentlich als eine chemische Reizwirkung aufzufassen sei. Der Versuch, die Gallen einfach als Chemomorphosen, d. h. durch chemischen Reiz hervorgerufene Bildungen anzusehen, ist eigentlich nur eine Anwendung der Theorie von Sachs, der allgemein die Form der Pflanzenorgane auf „organbildende Stoffe“ zurückführen wollte. Diese Theorie ist ziemlich grob-materialistisch und leidet an dem Fehler, daß die organbildenden Stoffe eine rein hypothetische Annahme sind. Es sind noch niemals organbildende Stoffe beobachtet worden. Diese Theorie läßt sich also gar nicht in eine Vorstellung umsetzen. Wie soll man sich die Wirkung der Stoffe vorstellen? Ist es denkbar, daß eine chemische Verbindung, eine Säure, ein Enzym so über die Nährstoffe dominieren kann, daß es sie zur Bildung von Geweben und Organen in Bewegung setzt?

Viel eher könnte man sich vorstellen, daß solche Stoffe auf eine von der Pflanze ausgehende Entwicklung hemmend wirken. Man könnte die Gallen als Adventivbildungen auffassen, deren Entwicklung durch die Verwundung durch ein Insekt angeregt würde. Statt daß sich normale Sprosse oder Wurzeln bilden, würde durch die chemischen Ausscheidungen die normale Entwicklung gehemmt und es entstehen Gallen. Dafür sprechen Versuche Beijerincks, daß man Weidenroßgallen durch Tötung der Larve zum Austreiben von beblätterten normalen Sprossen veranlassen kann. So lange das Insekt lebte, war diese normale Entwicklung offenbar gehemmt durch Reize chemischer und anderer Art, die die Larve ausübte.

Die Schwierigkeit, die Gallenbildungen als bloße Chemomorphosen ansehen zu können, ist der Grund, weshalb manche Forscher sogar angenommen haben, es müsse bei der Gallenbildung Keimplasma der Tiere sich mit dem pflanzlichen Plasma vereinigen und dadurch eine symbiontische Beziehung zwischen der Galle und dem Insekt zustande kommen. Das ist aber äußerst unwahrscheinlich. Die Tatsache, daß schon pflanzliche Protoplasmen, falls sie verschiedenen Pflanzenarten angehören, sich abstoßen und durchaus keine Vereinigung miteinander eingehen, wie das die Amöben verschiedener Schleimpilzarten beweisen, macht es ganz unwahrscheinlich, daß tierische und pflanzliche Protoplasmen zu Lebenszwecken verschmelzen sollten.

Auch die Ansicht, daß die von den gallenbildenden Tieren ausgeschiedenen flüssigen Stoffe imstande seien, das Protoplasma der Pflanzenzellen so zu verändern, daß die Gallenbildung gewissermaßen als eine Änderung der Urteigenschaften der betreffenden Pflanze anzusehen sei, hat etwas Gezwungenes. Kerner war dieser Ansicht und handelte die Gallenbildung nicht in der Morphologie, sondern im Kapitel über Entstehung der Pflanzenarten ab, was der Herausgeber

jedoch nicht vertreten kann. Es handelt sich vielmehr bei den Gallenbildungen nur um eine Richtungsänderung der Entwicklung durch den Einfluß der von den Gallentieren ausgehenden, vielleicht zum Teil chemischen, teils aber auch andersartigen Reize.

Dafür spricht auch die wiederholt gemachte Beobachtung, daß nicht nur das Protoplasma jener Zellen, auf welche die von den Tieren ausgeschiedenen Stoffe unmittelbar einwirken, zu einer veränderten Bautätigkeit angeregt wird, sondern daß sich die Einwirkung von Zelle zu Zelle fortpflanzt und auf immer weitere Kreise erstreckt. Die Schildlaus *Chermes Abietis* saugt sich an ein Blättchen der Fichtenknospe fest und kann nur einige wenige Zellen des in dieser Knospe geborgenen jungen Sprosses unmittelbar beeinflussen. Nichtsdestoweniger beginnen bald darauf Tausende von Zellen an dem aus der Knospe hervorstehenden Sprosse sich in veränderter Weise auszugestalten, ein Vorgang, welcher lebhaft an den Einfluß der Befruchtung auf die Ausgestaltung des Fruchtknotens zur Frucht erinnert.

Von hoher Bedeutung ist auch die Tatsache, daß verschiedene Tiere auf ein und derselben Pflanze verschieden gestaltete Gallen hervorrufen. Nebeneinander können auf einem Rosenblatte die von *Rhodites Rosae* erzeugten Bedegware, die von *Rhodites Eglanteriae* erzeugten erbsenartigen Markgallen und die von *Rhodites spinosissima* erzeugten, unregelmäßige Buckel bildenden Markgallen vorkommen (s. die Tafel bei S. 210, Fig. 12—14). Auf demselben Rüsternblatt erzeugt *Schizoneura Ulmi* eine Runzelgalle, *Tetraneura Ulmi* eine Beutelgalle und *Tetraneura alba* eine Umwallungsgalle (s. dieselbe Tafel, Fig. 15—17). Auf den Blättern der Purpurweide findet man bisweilen dicht nebeneinander die kugelige Markgalle von *Nematus gallarum* und die blasenförmig aufgetriebene Markgalle, welche durch *Nematus vesicator* erzeugt wird (s. dieselbe Tafel, Fig. 18 und 19), und man trifft Eichenblätter, auf welchen die kleinen Markgallen von vier verschiedenen Gallwespen, nämlich von *Neuroterus lanuginosus*, *numismaticus*, *fumipennis* und *Spathogaster tricolor*, gruppenweise nebeneinander vereinigt stehen (s. Abbildung, S. 215, Fig. 11—14). Für mehrere Eichen, so namentlich für die Stieleiche (*Quercus pedunculata*), ist es nachgewiesen, daß durch 20—30 verschiedene Gallwespen ebenso viele verschiedene Gallenformen erzeugt werden.

Es verdient hier auch erwähnt zu werden, daß ein und dieselbe Tierart auf verschiedenen Pflanzen zwar ähnliche, aber doch etwas abweichende Gallen hervorruft. So z. B. ist die durch *Nematus pedunculi* auf den unterseits weißfilzigen Blättern der *Salix incana* erzeugte Galle weißfilzig, die durch dieselbe Gallmücke auf den fahlen Blättern der *Salix purpurea* erzeugte Galle fahl; die auf den hellgrünen Blättern der *Rosa canina* durch *Rhodites Rosae* erzeugte Galle ist blaßgelb und höchstens an der Sonnenseite etwas rotbackig, die auf den violetten Blättern der *Rosa rubrifolia* durch dieselbe *Nematus*-Art hervorgebrachte Galle ist dunkelviolettblau usw. Diese Abweichungen sind allerdings nur unbedeutend, zeigen aber, daß die Arteeigenschaften der Pflanze auf die Gallenbildung einen bestimmten Einfluß behalten.