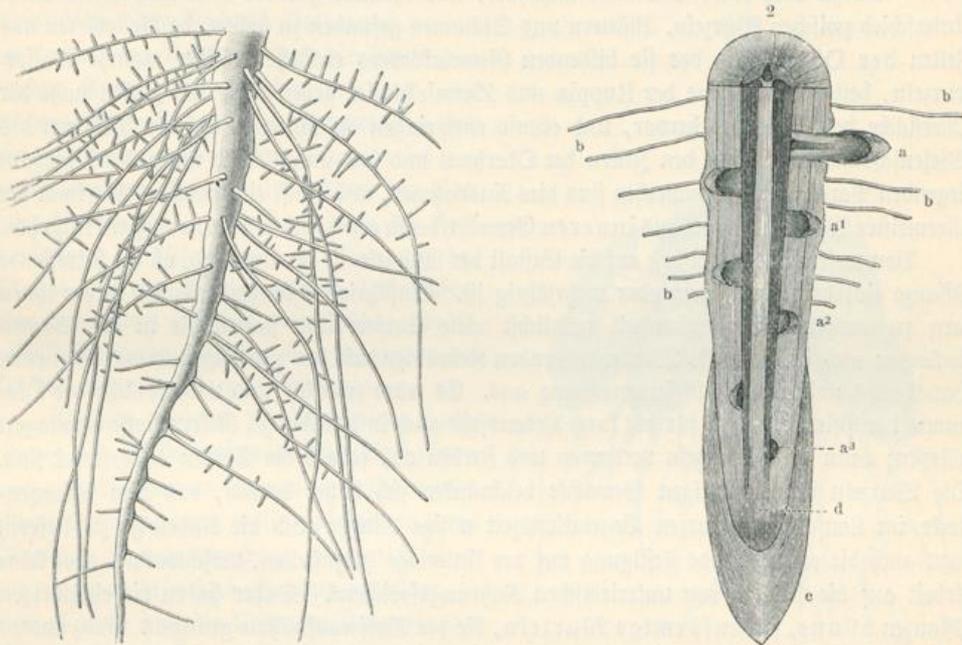


## 5. Die Gestalten der Wurzeln.

### 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 ( $a^2$ ), 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

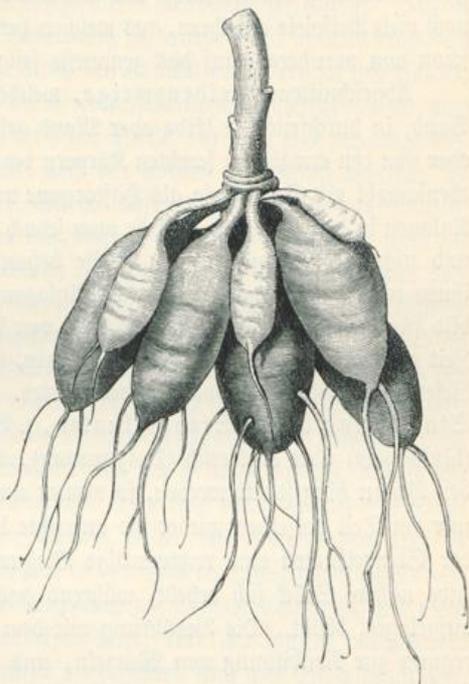
unteren Ende des Sprosses Wurzeln entstehen, die, wenn sie in größerer Zahl und dicht gedrängt beisammenstehen, einen Büschel darstellen, was dann als büschelförmige Wurzel unterschieden werden kann (vgl. Abbildung, S. 165). Dieser Fall ist bei den Monokotylen die Regel, so bei Gräsern, z. B. beim Mais, 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 fast 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 verdichte, 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 verdichten, 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 Aroideen 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 feilförmige 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

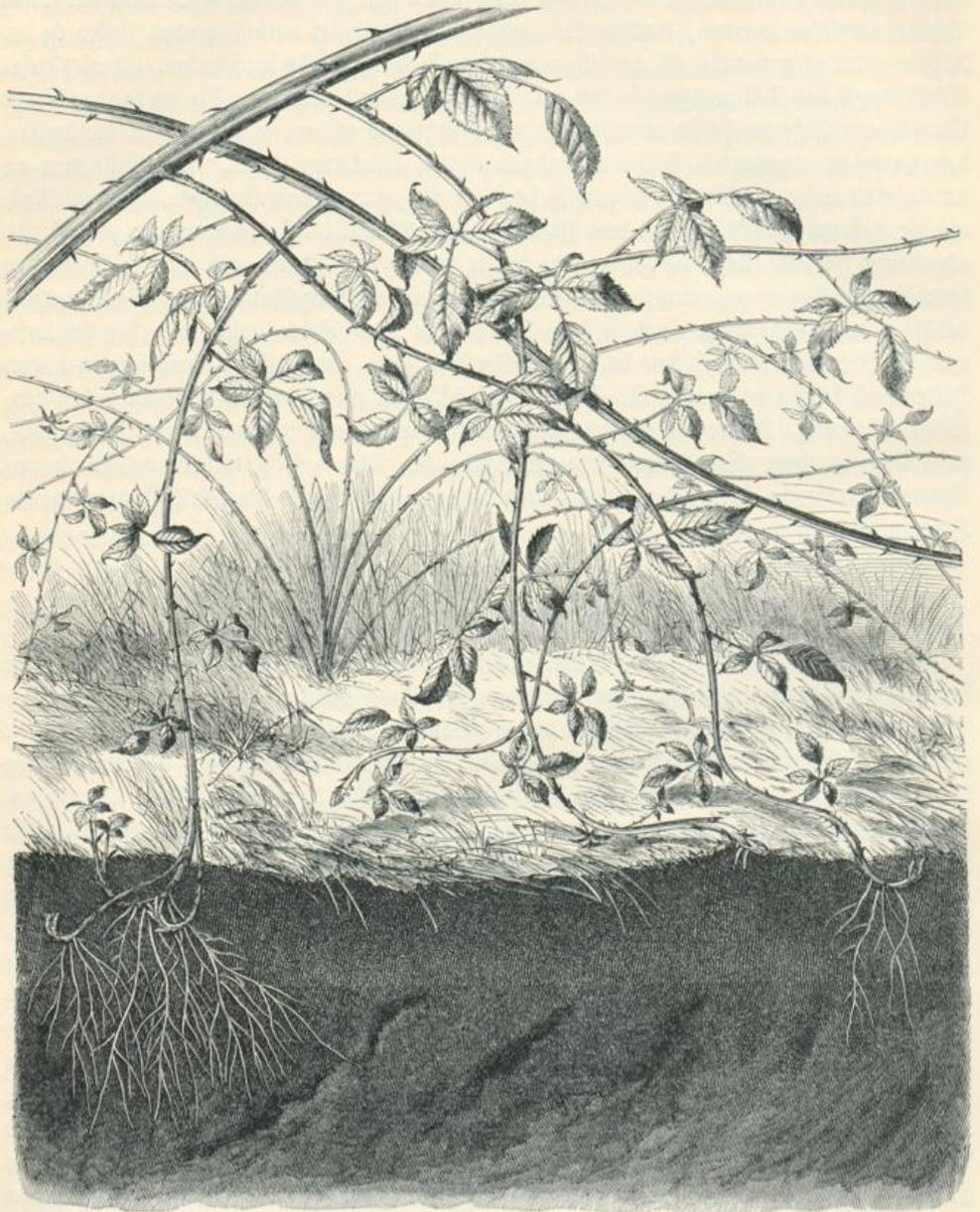
Wurzelspitze einwirkt. Es hat das wachsende Ende der Wurzel feste Sandkörnchen und andere Erdpartikel auf die Seite zu schieben und gleich einem Erdbohrer den Raum zu schaffen, in welchem später die ausgewachsene Wurzel Platz finden soll. Die Wurzelhaube kann mit einem Schilde verglichen werden, welchen 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 Scharoßerwurzeln, 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 Erdorhideen, 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 Hereinziehen des Stammes in die Erde durch die Wurzeln vermittelt wird, ist in allen Fällen sicher nachgewiesen. Die Wurzeln verkürzen sich nach beendigtem

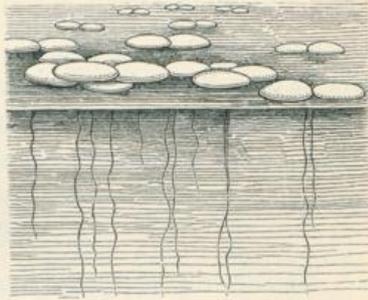
Längenwachstum, in einigen Fällen nur um 2—3, in anderen Fällen aber um 20—30 Prozent, also um nahezu den dritten Teil ihrer Länge. Das noch nicht ausgewachsene Wurzelstück ist oberhalb seiner dem Erdmittelpunkte zuwachsenden Spitze mit haarförmigen Saugzellen ausgerüstet, und diese sind mit der umgebenden 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 ebensoviel 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 Baumfarne und in großer Mannigfaltigkeit an den Stämmen der Epiphyten, zumal der Aroideen, Bromeliazeeen und Orchideen. Bei den Baumfarne, 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 feilförmigen, 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.

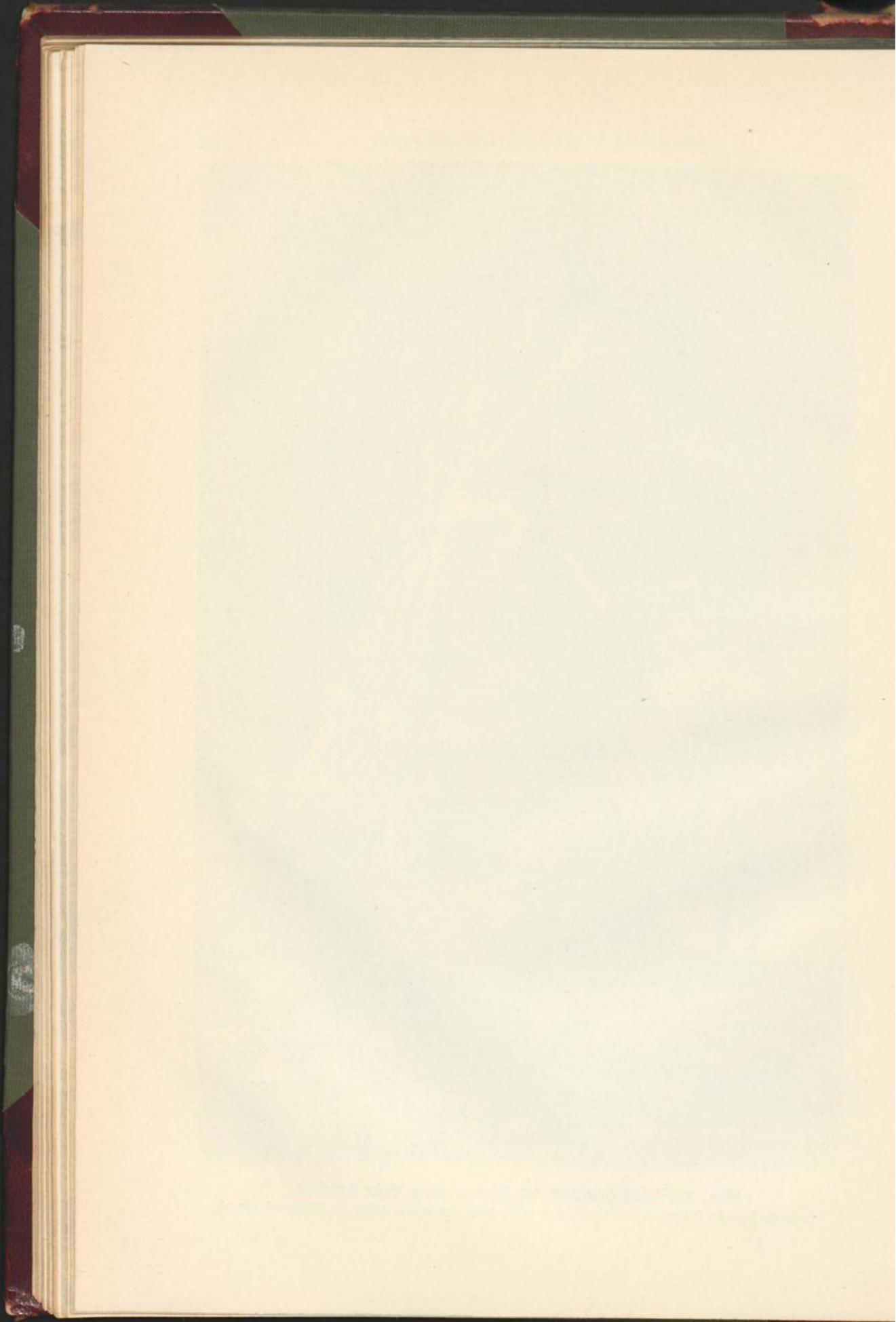
Sobald die schattenseitig am Stamme entsprungenen Kletterwurzeln mit einer dahinterstehenden Unterlage in Berührung kommen, wird dadurch ihr Wachstum auffallend gefördert und in kürzester Zeit eine feste Verbindung mit dem berührten Substrat hergestellt. Nicht nur, daß die Würzelchen in alle Spalten 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 angeschmiegt 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 blasfgelblichen,  $\frac{1}{2}$ —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



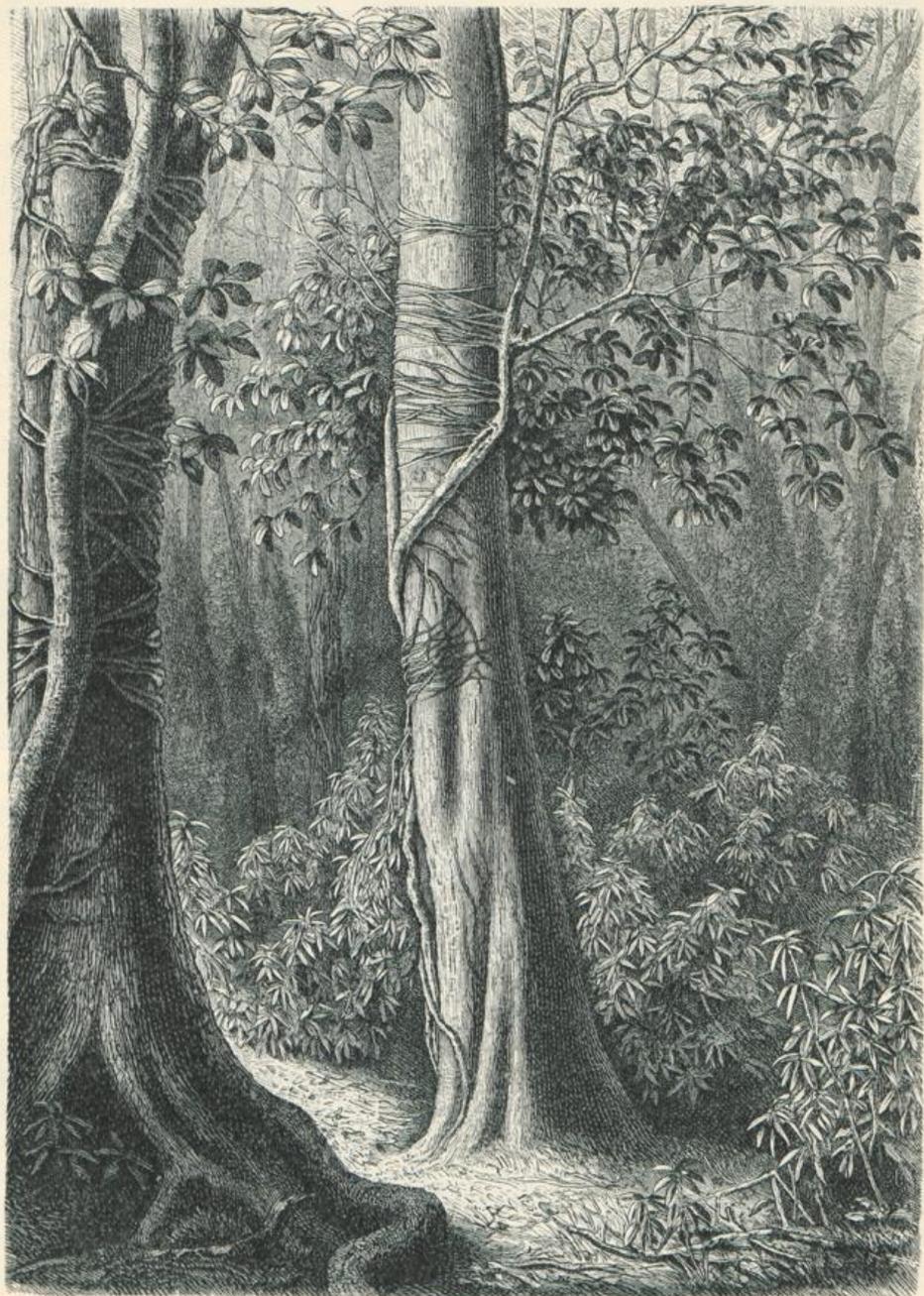
Efeu, mit Kletterwurzeln am Stamm einer Eiche befestigt,  
unten die Form der Blätter am Kletterproß, oben rechts deren abweichende Gestalt am Blütenproß zeigend.



10

11





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

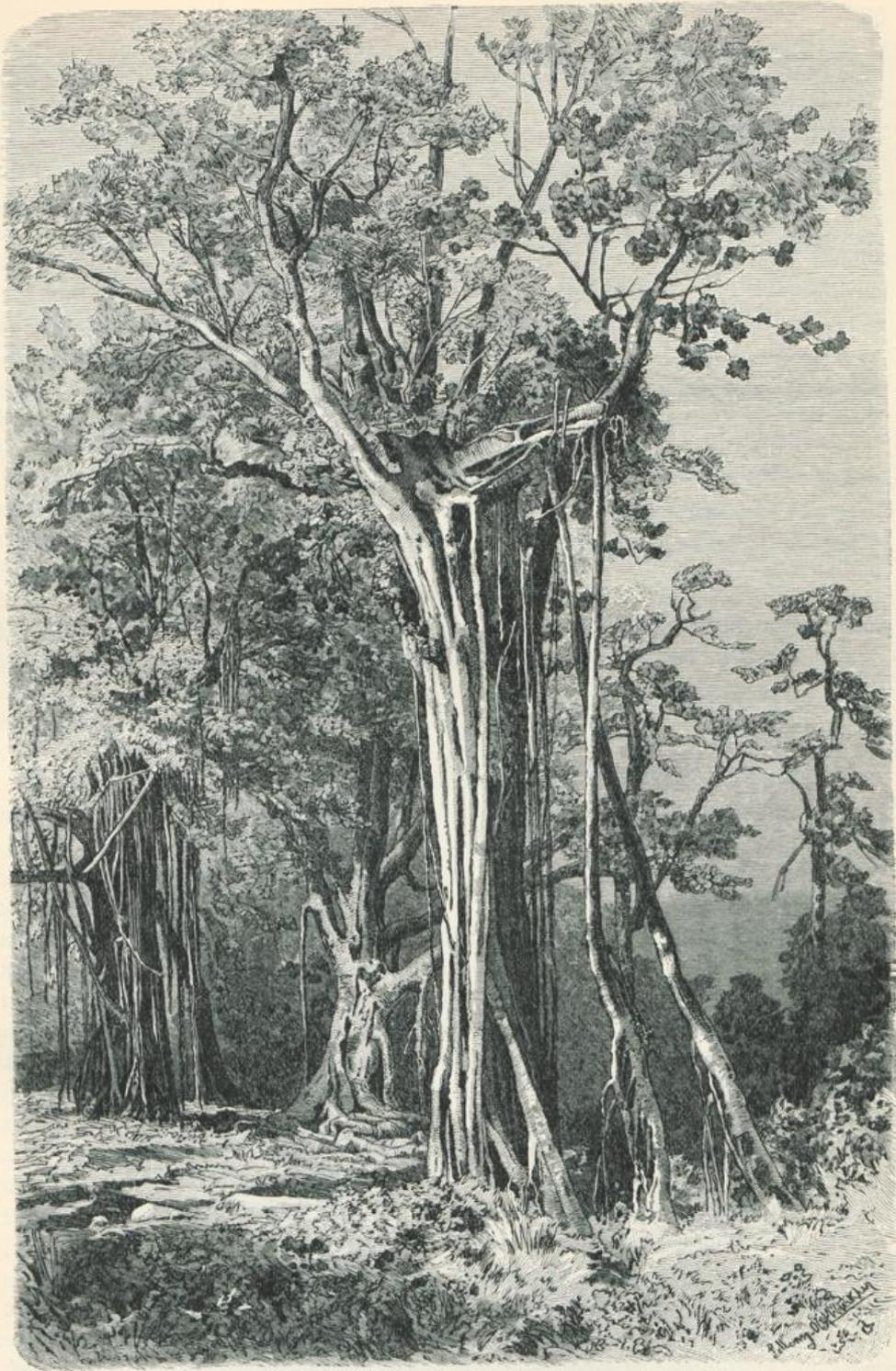
langen unverästelten oder kurzästigen, fransenförmigen Fasern auswachsen (s. Abbildung, S. 161). Die Oberhautzellen jener Fransien, welche mit einer festen Unterlage in Berührung

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 nikobarischen 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.

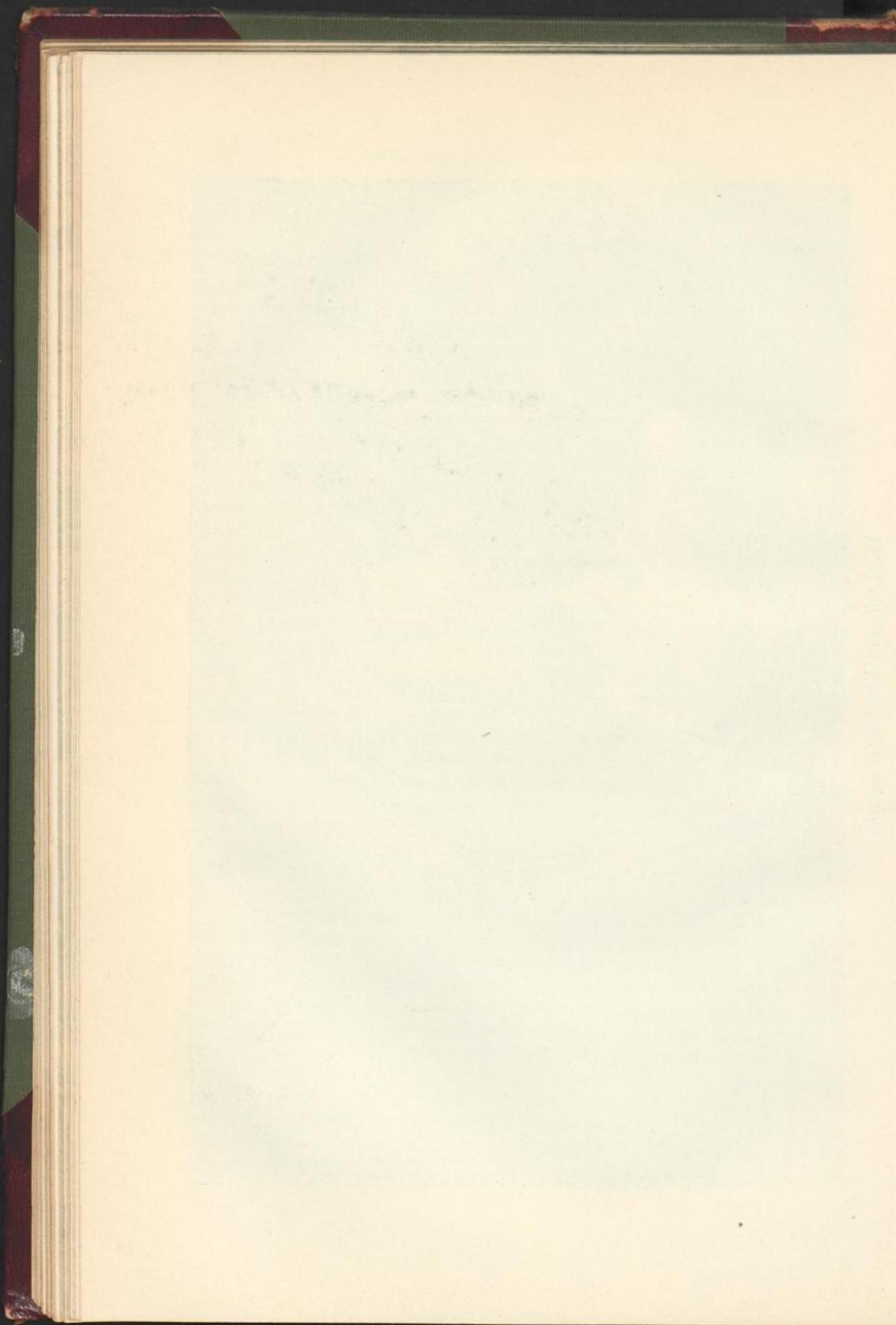
Der merkwürdigste Vorgang, durch welchen die zum Klettern bestimmten Sprosse an die zur Stütze sich darbietende Wand gelangen, wird aber bei mehreren tropischen Bignoniazeen aus der Verwandtschaft der *Bignonia unguis* beobachtet, von denen die am Rio Negro in Brasilien heimische *Bignonia argyro-violacea* 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 unermüdet 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

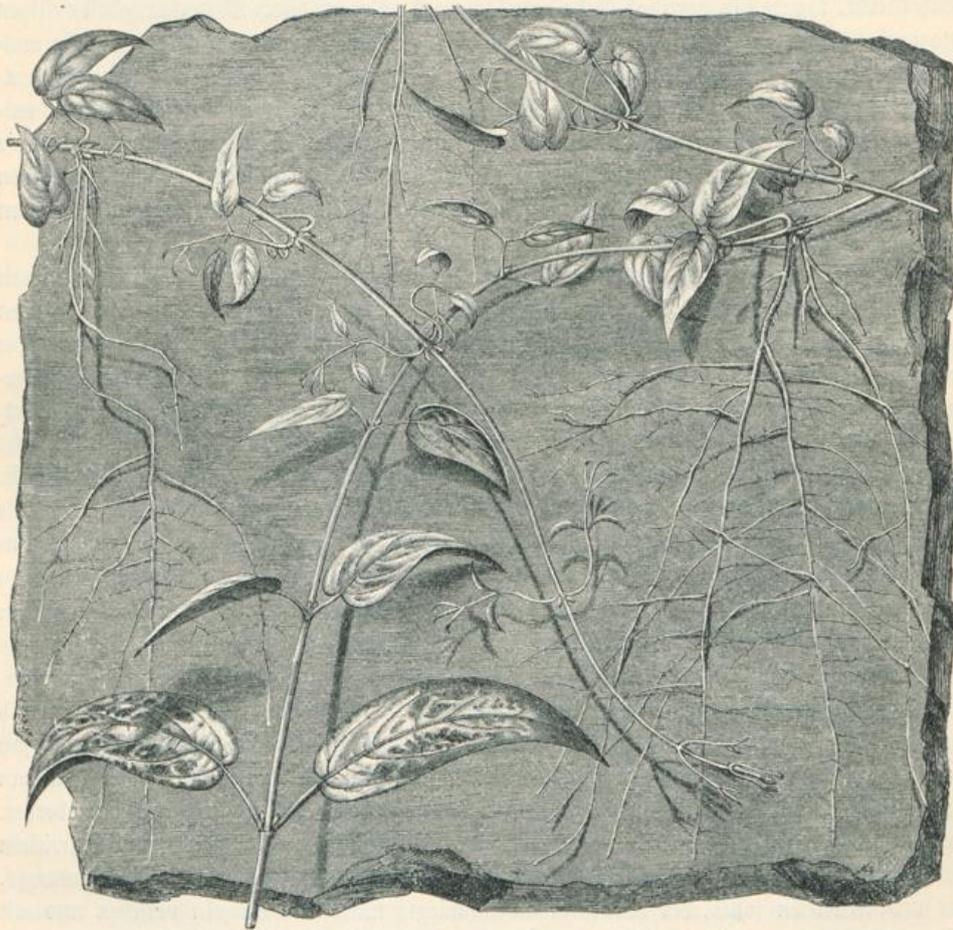


Ficus mit gitterbildenden Luftwurzeln.

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

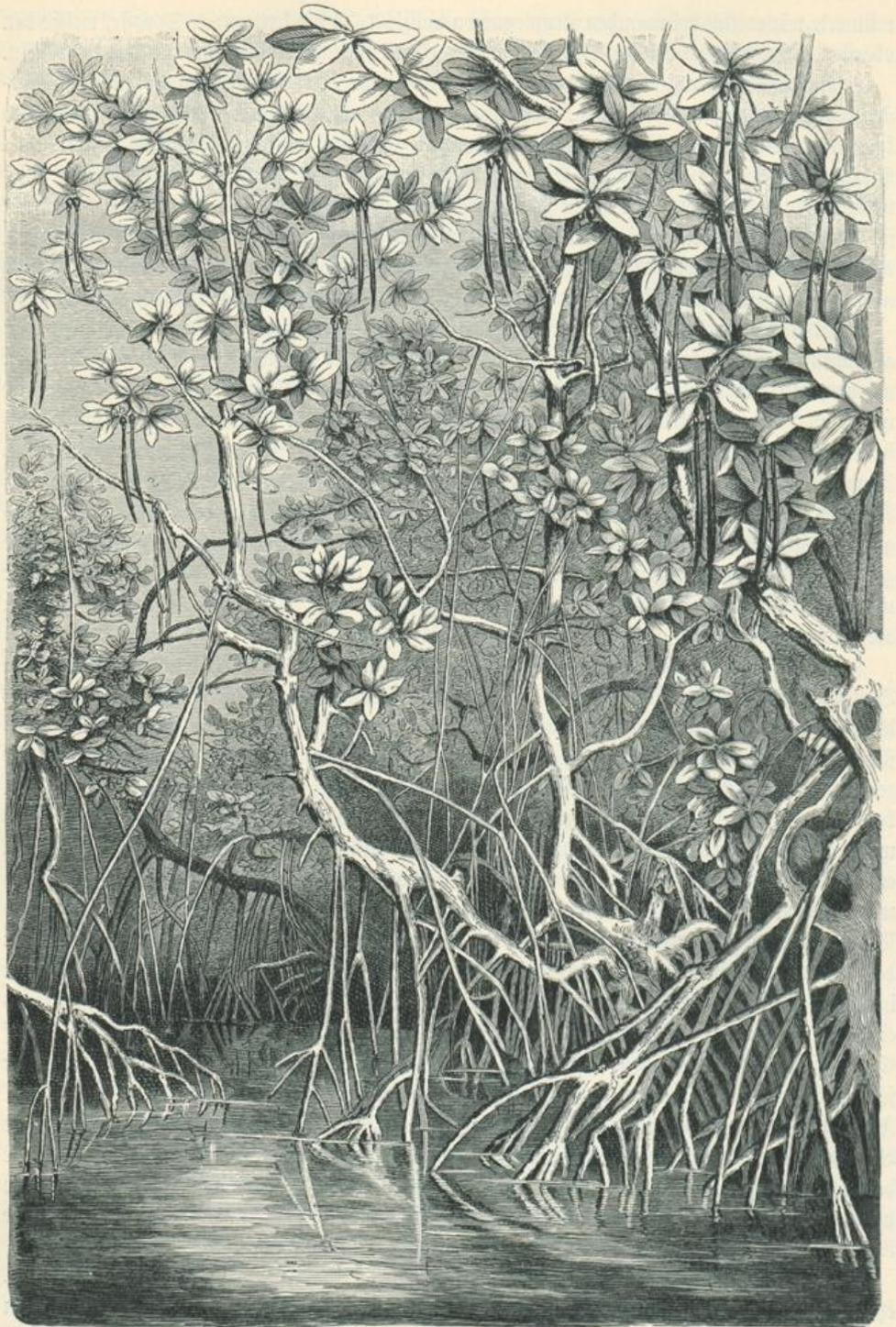
erinnert, wie er sich bei manchen Kryptogamen vollzieht, da die kletternden Sprosse, welche den obersten aufrechten blühenden Sprossen vorhergehen, niemals Blüten und Früchte entwickeln.

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 Taae 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.

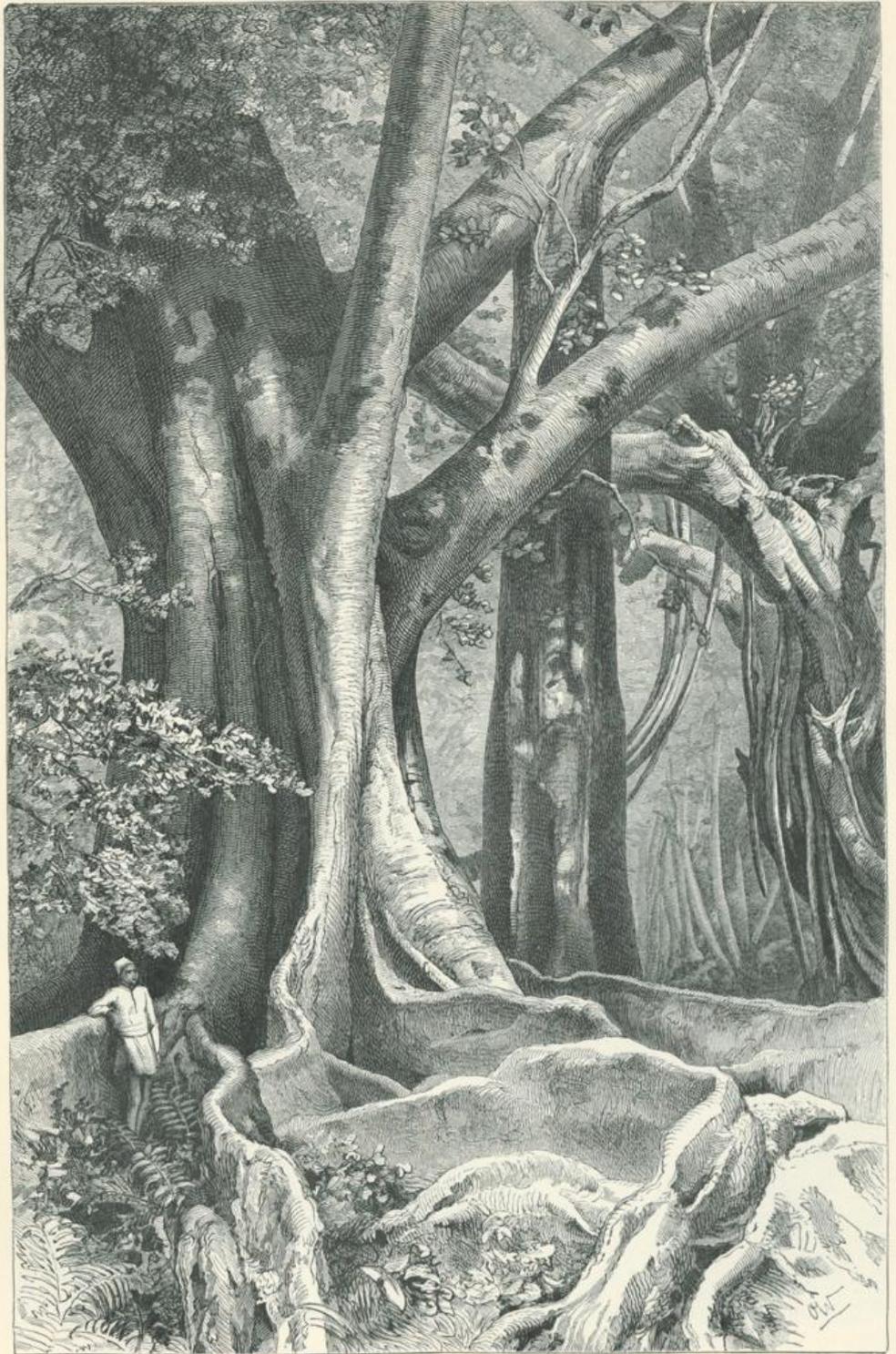
Die großartigste Ausbildung von Säulenwurzeln zeigen unter allen Bäumen die indischen Bannanenbäume *Ficus bengalensis*, *Tsiela* und noch mehrere andere. In dem Maße, als die vom Hauptstamm in nahezu horizontaler Richtung ausladenden Äste dieses Baumes erstarken, weiterwachsen, sich verzweigen und an 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 Bannanenbaumes ein Heer von 5000 Mann gelagert haben. Bei Trinkomali auf Ceylon steht ein Bannan, der Hunderte von Säulenwurzeln zählt und 1000 Menschen unter seinem Schatten beherbergen kann. In Kalkutta steht ein Bannan, dessen Stamm 51 engl. Fuß, dessen Krone 997 Fuß Umfang hat und von 562 Säulenwurzeln gestützt wird. Die Bannanenbäume 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 interessanten 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 Reservenernährung, 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 Cichla*.

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

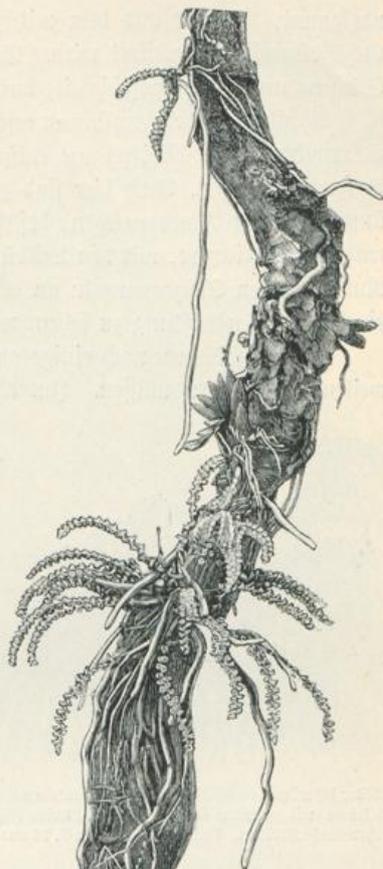
übrigen ist keinerlei Verschiedenheit zu erkennen. Die Stelzenwurzeln der auf S. 66 abgebildeten *Rhizophora conjugata* zeigen gleichfalls eine Gruppierung der Zellen und Gefäße, wie sie den Stämmen zukommt. In der Mitte findet sich ein dicker Markkörper, derselbe ist umgeben von zahlreichen Leitbündeln, welche zusammen einen Hohlzylinder bilden und von mechanischem Gewebe begleitet sind; darauf folgen nach außen noch Kork, Hypoderm und eine stark kutikularisierte Oberhaut, also ganz dieselbe räumliche Verteilung, welche die Biegefestigkeit 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, blühend: an den Wurzeln entstehen Knospen, aus denen sich die Blütenstände ohne grüne Blätter entwickeln. (Zu S. 72.)

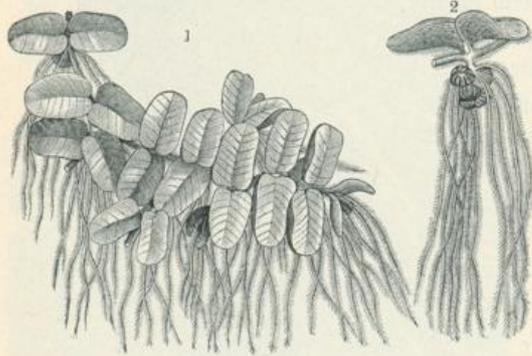
demnach nicht nur biegungs-, sondern auch zugfest gebaut sein müssen. Dementsprechend findet man auch in den Luftwurzeln des *Pandanus* zwei Zylinder mit mechanischem Gewebe versehen, einen äußeren, der aus der mit Hartfaserbündeln durchzogenen Rinde besteht, und einen inneren, der an die Anordnung erinnert,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

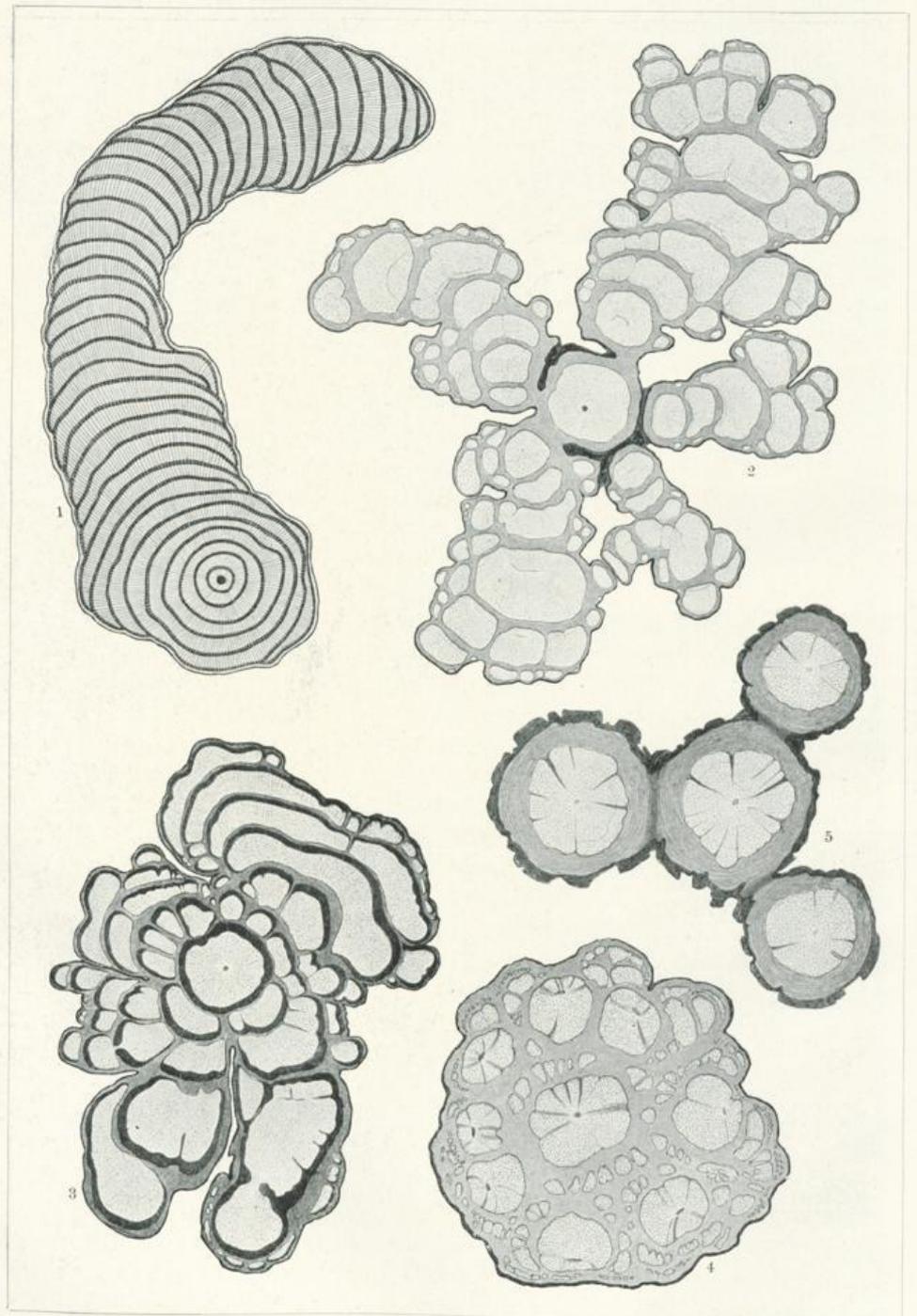
Blütenstand (vgl. Abbildung, S. 70 und 71). Da aber der kurze Stengel gar keine grünen Blätter erzeugt, so müssen die Wurzeln neben ihrer Tätigkeit als Haftorgane auch die Ernährung mit übernehmen. Ihre Oberflächenschichten füllen sich mit Chlorophyll, werden grün und können nun den Blütenstand ernähren. Zu Dornen, also zu Schutzwaffen, bilden sich die Wurzeln bei einigen Palmen aus, z. B. bei *Acanthorrhiza* und *Iriarteia*, 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 Atemwurzeln; im Hintergrunde *Rhizophora conjugata*. Nach einer Photographie von Dr. Johs. Schmidt in Kopenhagen.  
Aus den Vegetationsbildern von Schenck und Karlier.



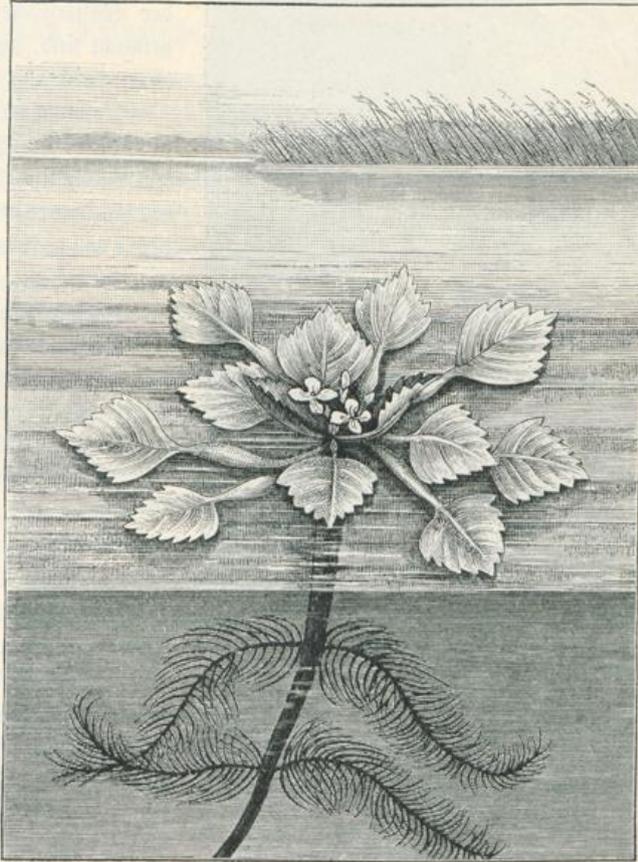
Querschnitte durch Lianenstämme. Nach H. Schenck, Biologie und Anatomie der Lianen.

- 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 Nebenzwurzeln 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 trisuleca* 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 Orchideenstaken 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 Bromeliacee *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.