

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* umtaufen, 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 Bergahornweiden, 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 ungewein 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 Blätter 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 ☉ 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 ☉ 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 2 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 Kanten, 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

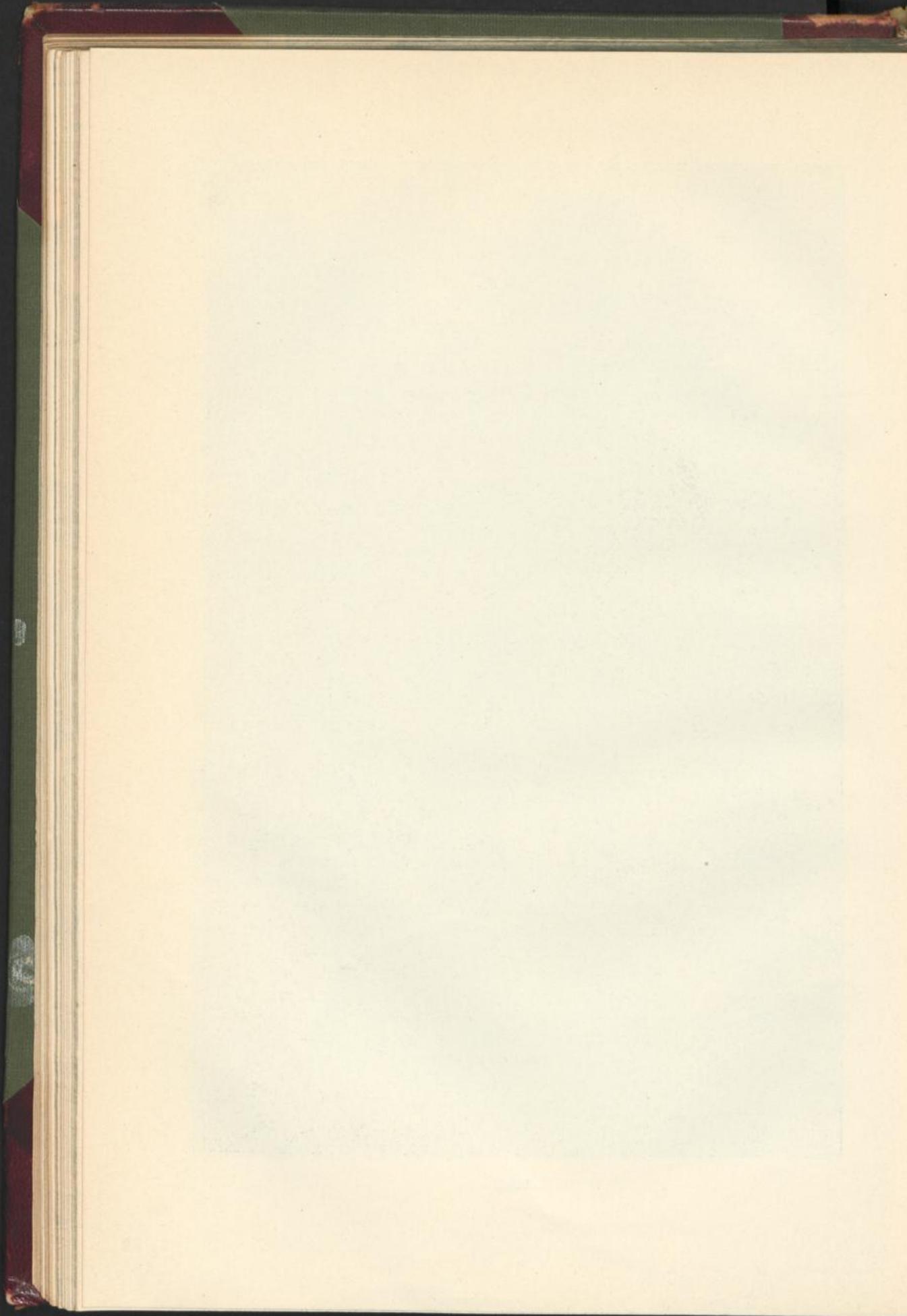


Arve.

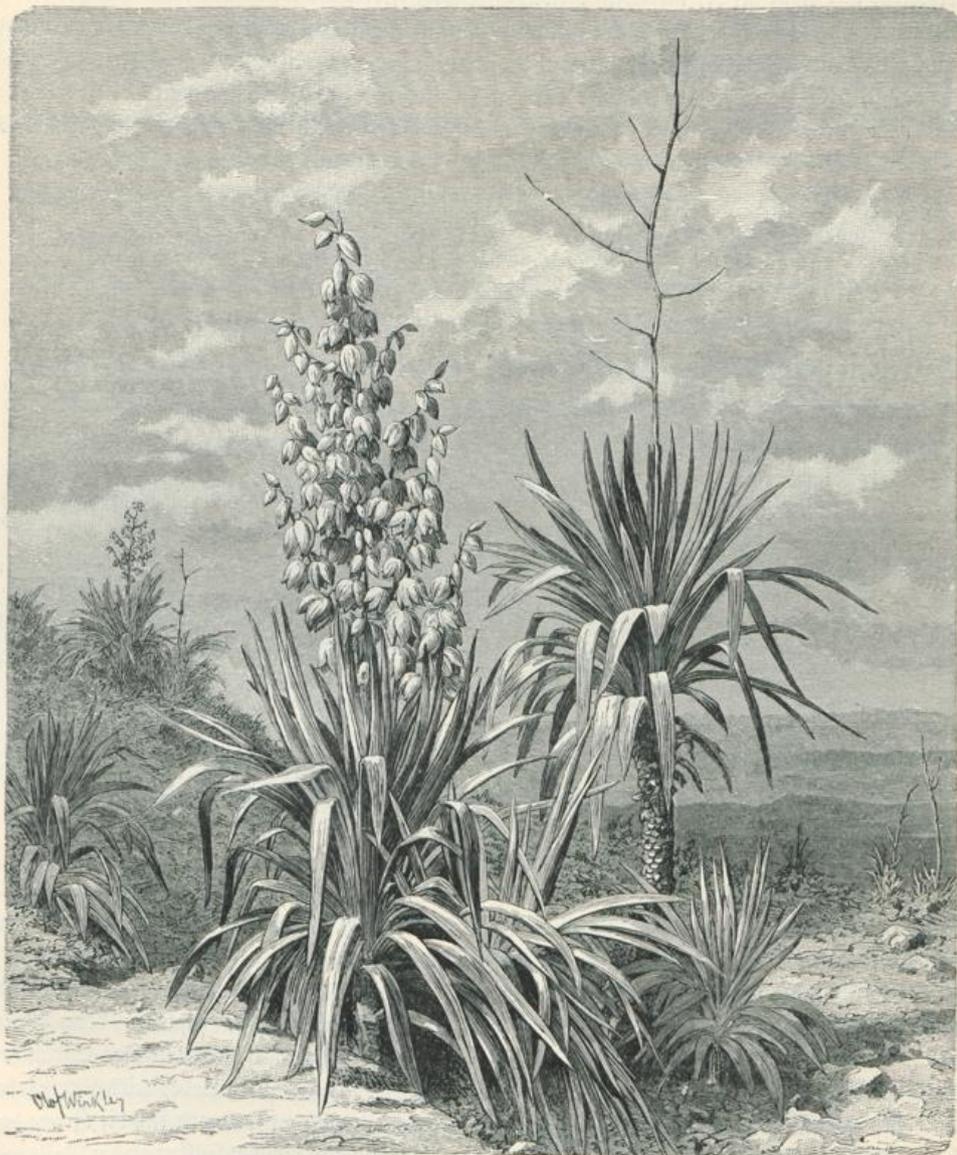


Lärche.

Ernst Haeckel
1881



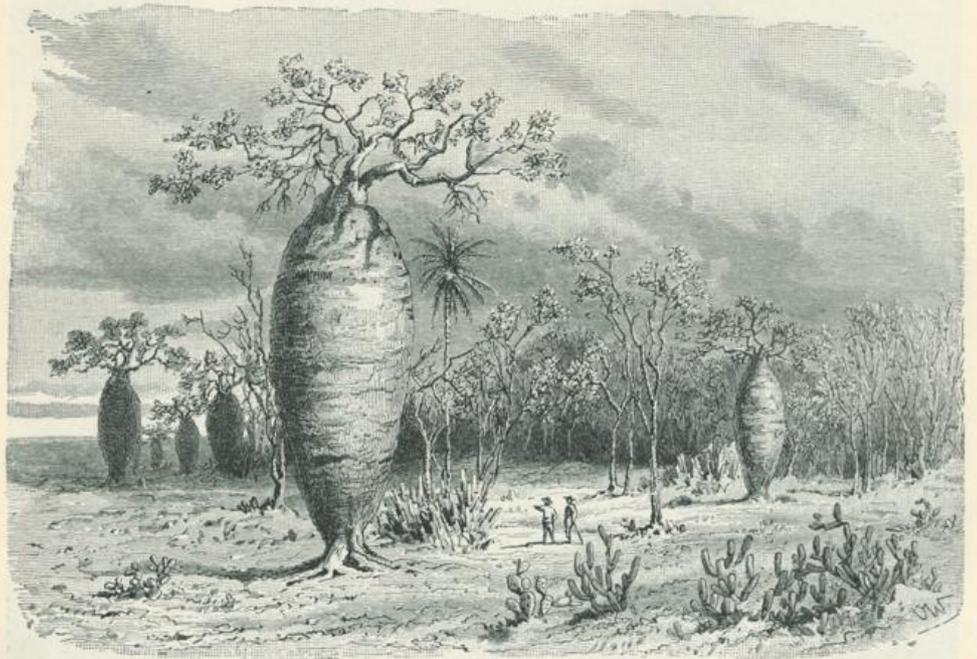
Nadelhölzer und auf die aus ihnen zusammengesetzten Waldformationen, was durch die beigehefteten Tafeln „Lärche“ und „Arve“ weit besser, als es Worte vermöchten, zum Ausdruck kommt.



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.

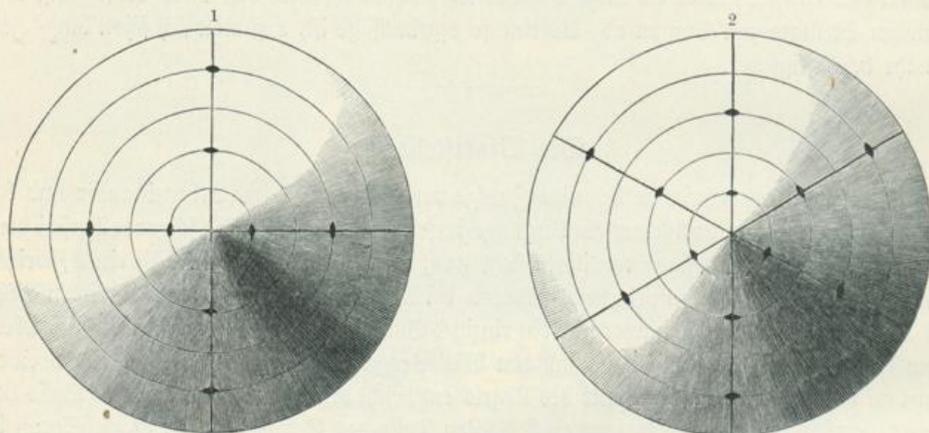
Die Blattstellung.

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°)

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°) 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° , 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° 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.

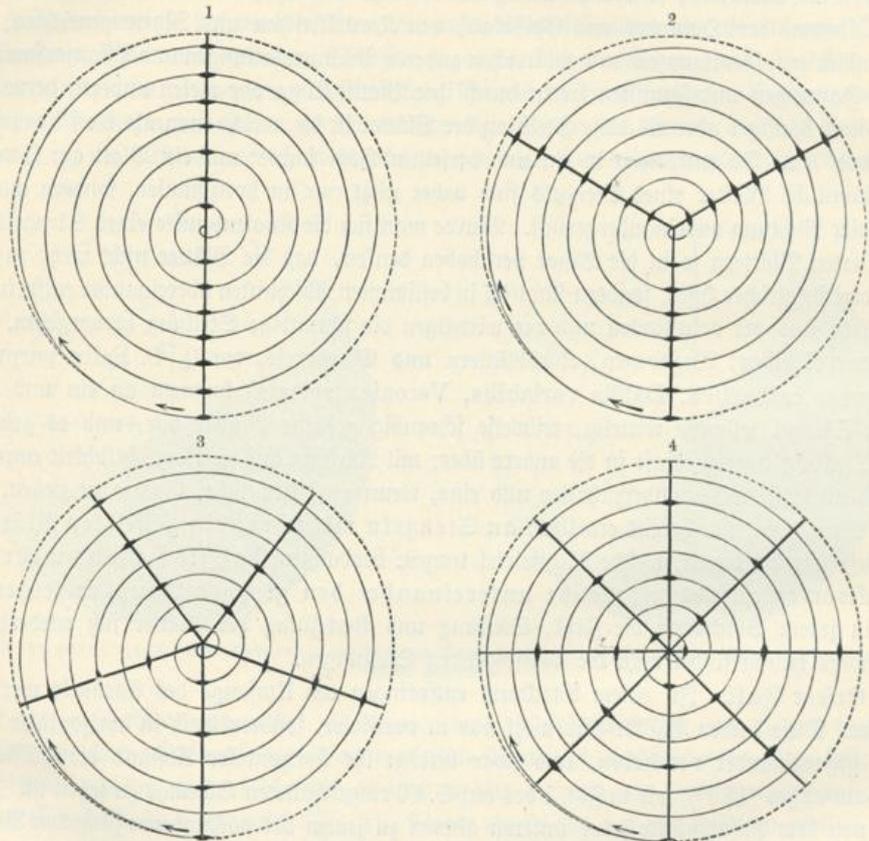
In den Fällen, wo jedem Stockwerke zwei Wirtel von Blättern angehören, die gegeneinander um einen bestimmten Winkel verschoben sind, insbesondere in dem sehr häufigen Falle, wo die Wirtel zweigliederig, d. h. die Blätter zu zwei und zwei gegenständig sind, und wo die übereinanderstehenden Blattpaare 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, Begdornen, Korbbütlern 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 Kreisumfanges (180°), 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 Stengelumfanges 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.

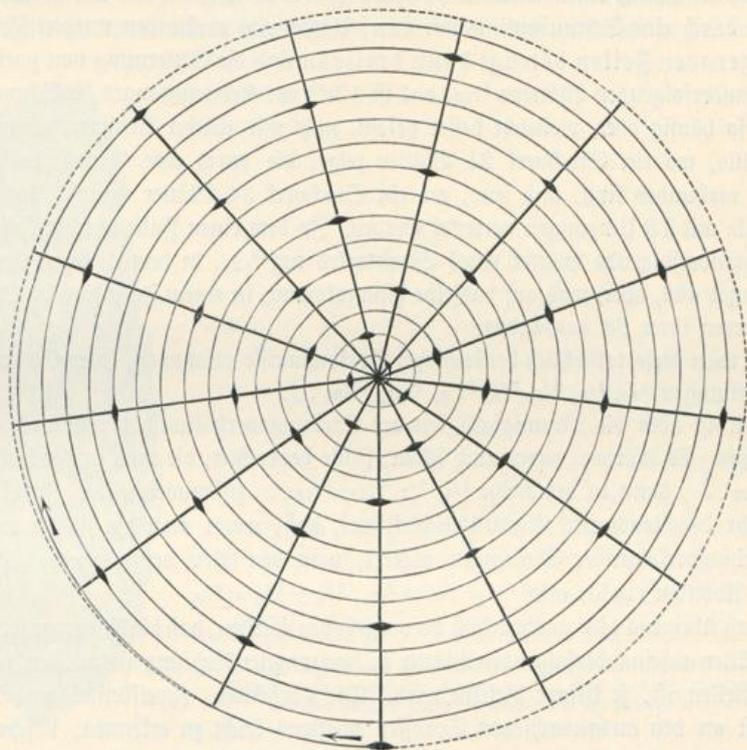


Schema für schraubige Blattstellungen: 1) Einhalb-Stellung, 2) Ein Drittel-Stellung, 3) Zweifünftel-Stellung, 4) Dreiachtel-Stellung. Die kegelförmigen Stengel in der Horizontalprojektion; die Ausgangspunkte der Blätter am Umfange des Stengels sind durch Punkte markiert. (Zu S. 87.)

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 Fünfdreizehntel-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° des Kreisumfangs (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 Kreisumfangs 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 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$, $\frac{13}{34}$. . .

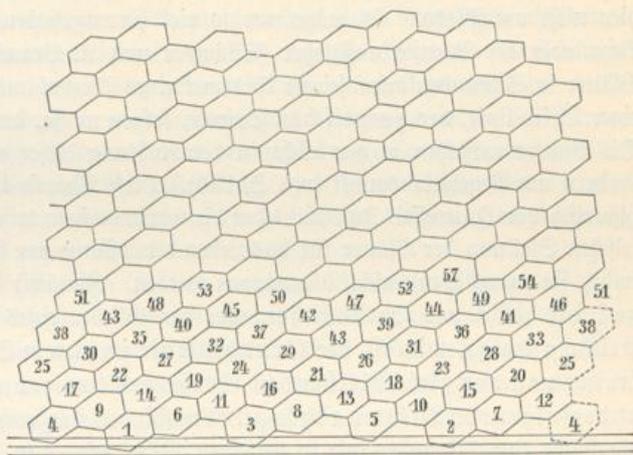
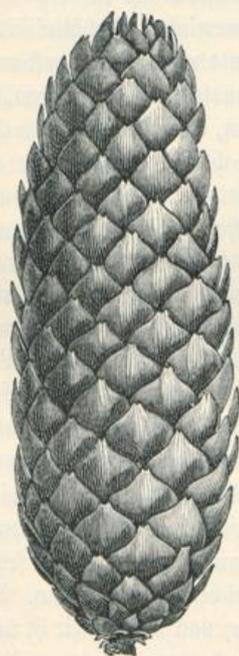
Hiermit ist aber die Mannigfaltigkeit der Stellungsverhältnisse der Blätter noch lange nicht erschöpft. Es wurden, wenn auch selten, Fälle beobachtet, die man in der Reihe $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{2}{9}$, $\frac{3}{14}$, $\frac{5}{23}$. . ., dann in der Reihe $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{3}{11}$, $\frac{5}{18}$. . . 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°) 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 Kegel 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 $^{10}/_7$, dann Punkt 7, dieser ist um $^{12}/_7$, endlich Punkt 8, dieser ist um $^{14}/_7$ 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 $^{2}/_7$ 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:

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

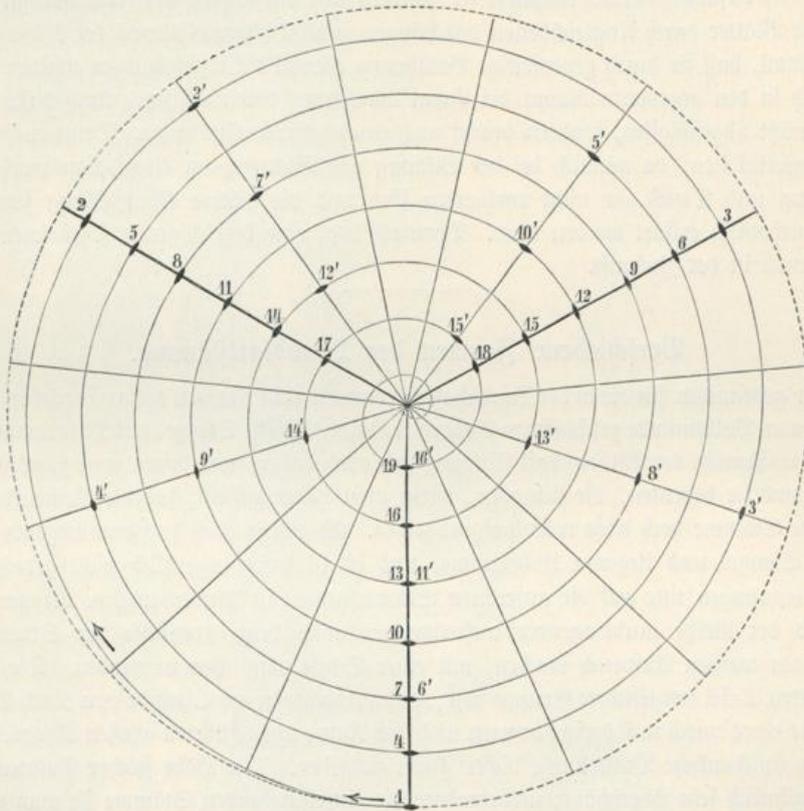
bei welchem z eine ganze Zahl ist. Setzt man nun für z die Zahl 1, so gelangt man durch Bildung der aufeinanderfolgenden Näherungswerte zu der Reihe $^{1}/_2, ^{2}/_3, ^{3}/_5, ^{5}/_8, ^{8}/_{13}, ^{13}/_{21} \dots$; setzt man $z = 2$, so erhält man $^{1}/_2, ^{1}/_3, ^{2}/_5, ^{3}/_8, ^{5}/_{13}, ^{8}/_{21} \dots$; setzt man $z = 3$, so erhält man $^{1}/_3, ^{1}/_4, ^{2}/_7, ^{3}/_{11}, ^{5}/_{18}, ^{8}/_{29} \dots$, und setzt man $z = 4$, so ergibt die Reihe $^{1}/_4, ^{1}/_5, ^{2}/_9, ^{3}/_{14}, ^{5}/_{23}, ^{8}/_{37} \dots$. Das Merkwürdige hierbei ist, daß unter allen diesen Blattstellungen diejenigen, welche durch die Zahlen $^{1}/_2, ^{1}/_3, ^{2}/_5, ^{3}/_8, ^{5}/_{13}$ 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°) gedreht worden, und infolgedessen betrage jetzt der gegenseitige Abstand der Blätter nicht mehr $\frac{1}{3}$ des Kreisumfangs, d. h. 120° , 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 Eindrittelstellung die Zweifünftelstellung 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°) 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°), also genau um so viel vorrückt, daß es nun um einen halben Kreisumfang (180°) 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.

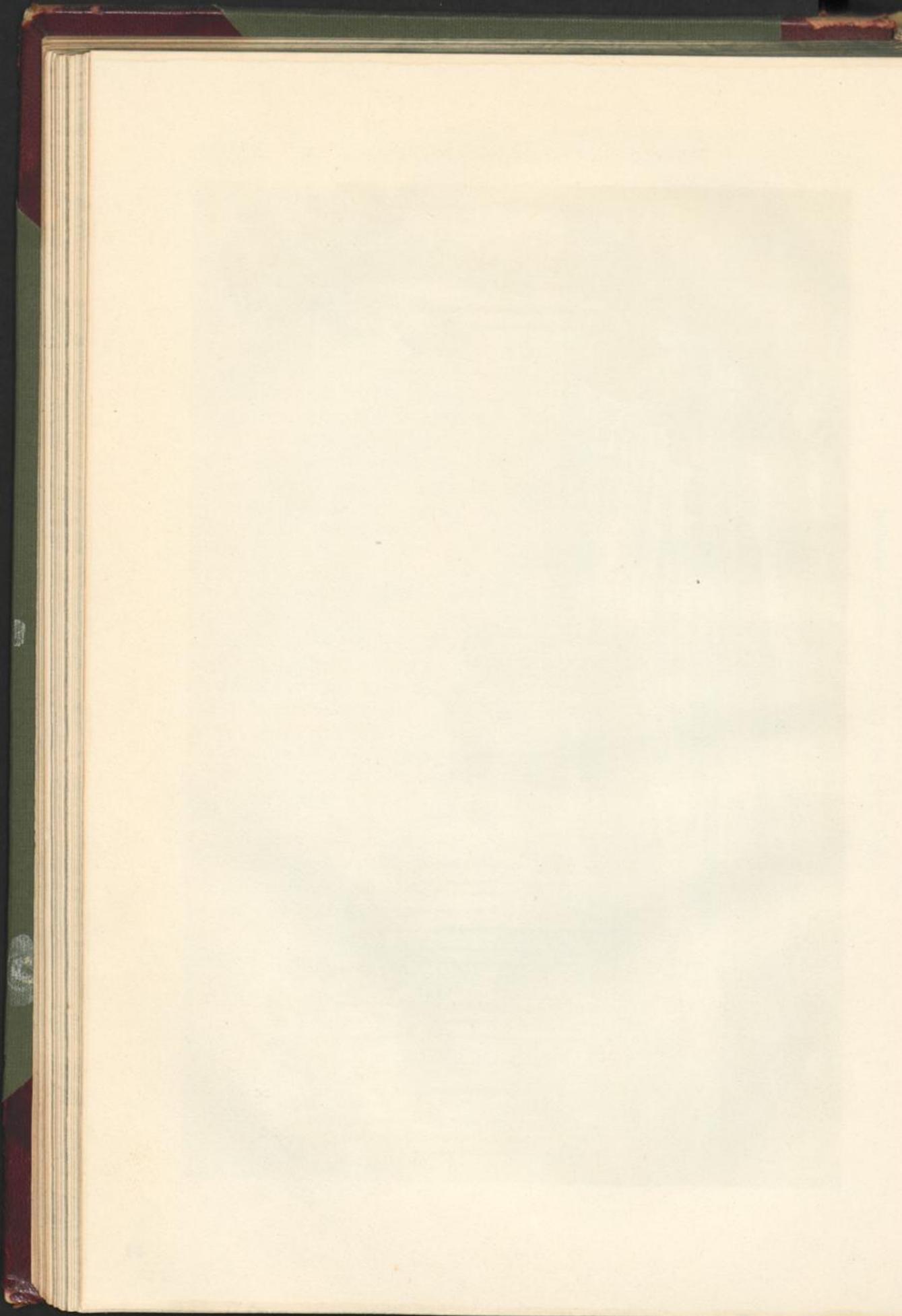
Wir gebrauchen für die in der Landschaft hervortretenden Formen des aufrechten Stammes die vom Volksmunde geschaffenen Ausdrücke Palm, Schaft, Stengel und Holzstamm, welche auch in die Sprache der Wissenschaft Eingang gefunden haben, von denen zwar jeder zu wissen glaubt, was sie bedeuten, die sich aber, 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.

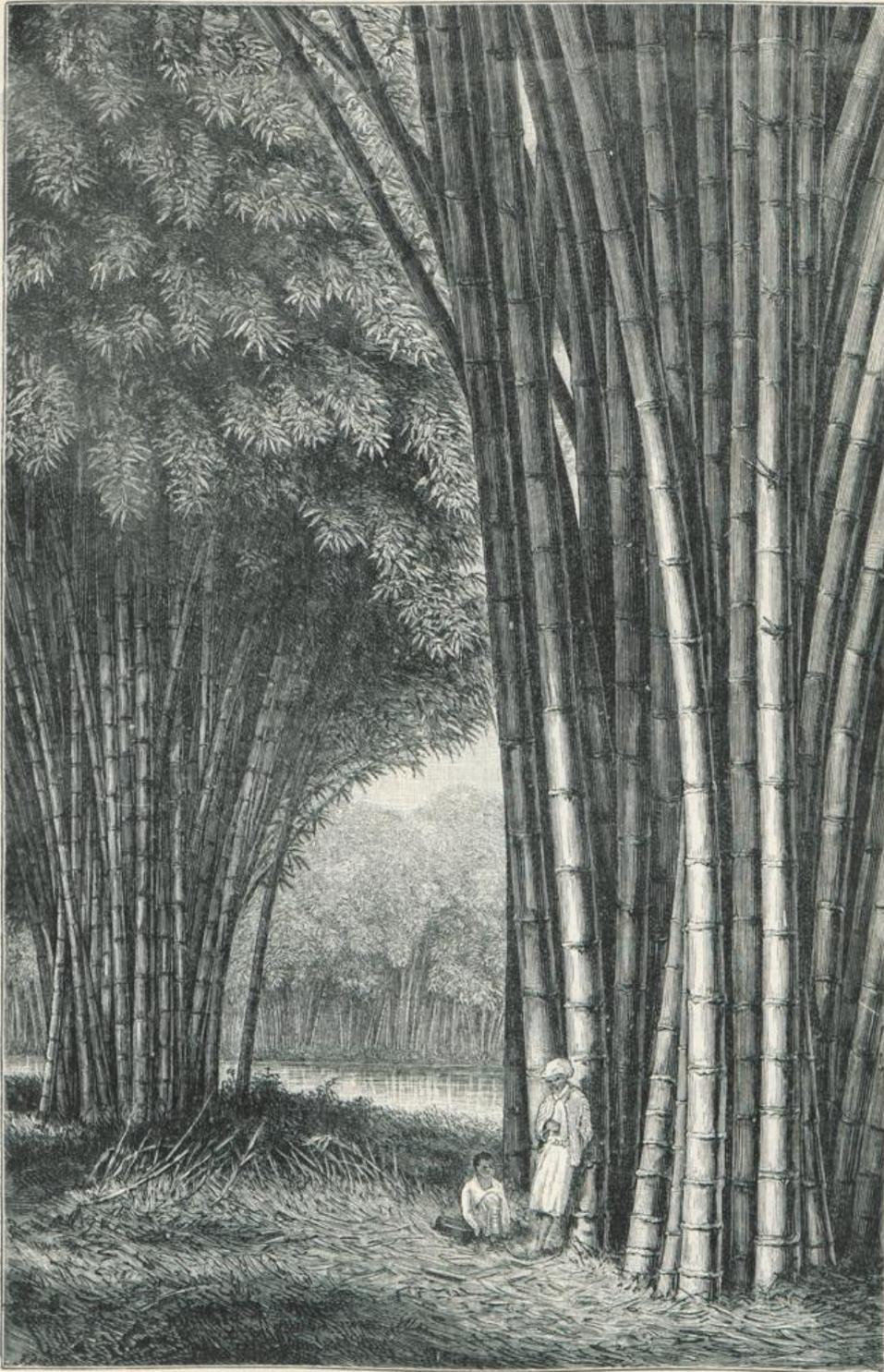
Aus der Reihe laubtragender aufrechter Stämme kann jedenfalls der Stamm der Palme am meisten Anspruch machen, mit einer Säule verglichen zu werden. Die auf der beigehefteten Tafel vorgeführte Gruppe von „Palmyrapalmen am Strande von Nord-Ceylon“, eine Kopie eines durch v. Königsbrunn nach der Natur ausgeführten 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 Agardh 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.

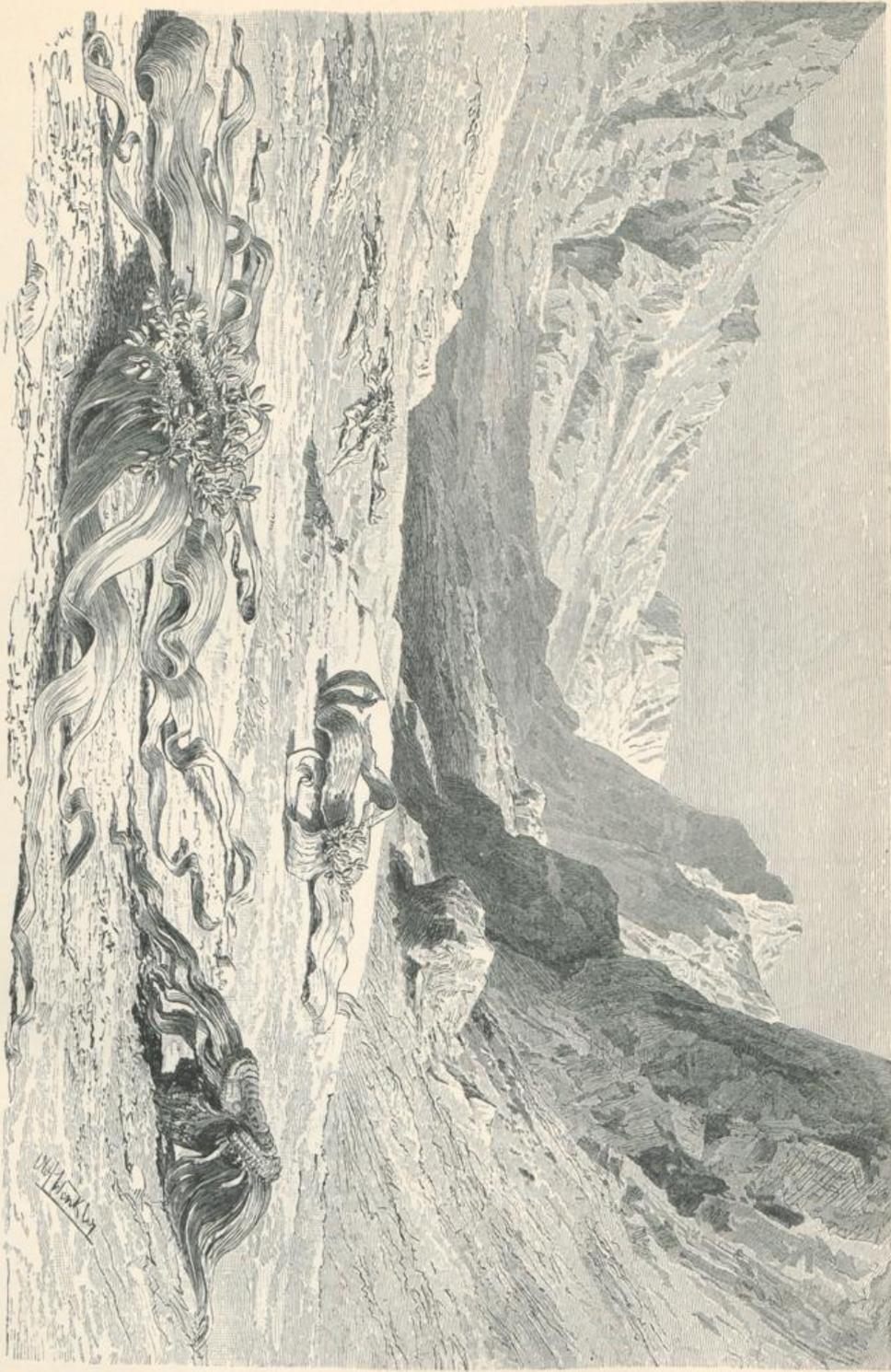
Auch die Stämme der Baumfarne und der Zykadeen bleiben verhältnismäßig niedrig. Wenn Reisende von den riesigen Baumfarnstämmen erzählen, so ist das eben nur im Vergleiche zu den Stämmen der in unseren europäischen Wäldern vorkommenden Farne gemeint, welche sich mit ihren Stämmen entweder gar nicht oder, 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 Snetazeen 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 Pandanaeen 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.



W. W. W. W.



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 Aftich (*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 Baum-schlages 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 Baum-schlages 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 Hauptspieß auch später das größte Wachstum in Höhe und Dicke zeigt, während alle Seitenprosse auch später zurückbleiben. Bei den meisten Laubbölzern gibt die anfängliche Hauptachse ihr Wachstum im Laufe der Zeit auf oder stirbt ab, und einige Seitenprosse bilden sich zu gleichstarken Ästen aus. So entsteht als Gegensatz zu der pyramidalen Form der Nadelhölzer die breite, ausladende Krone der Laubbäume.

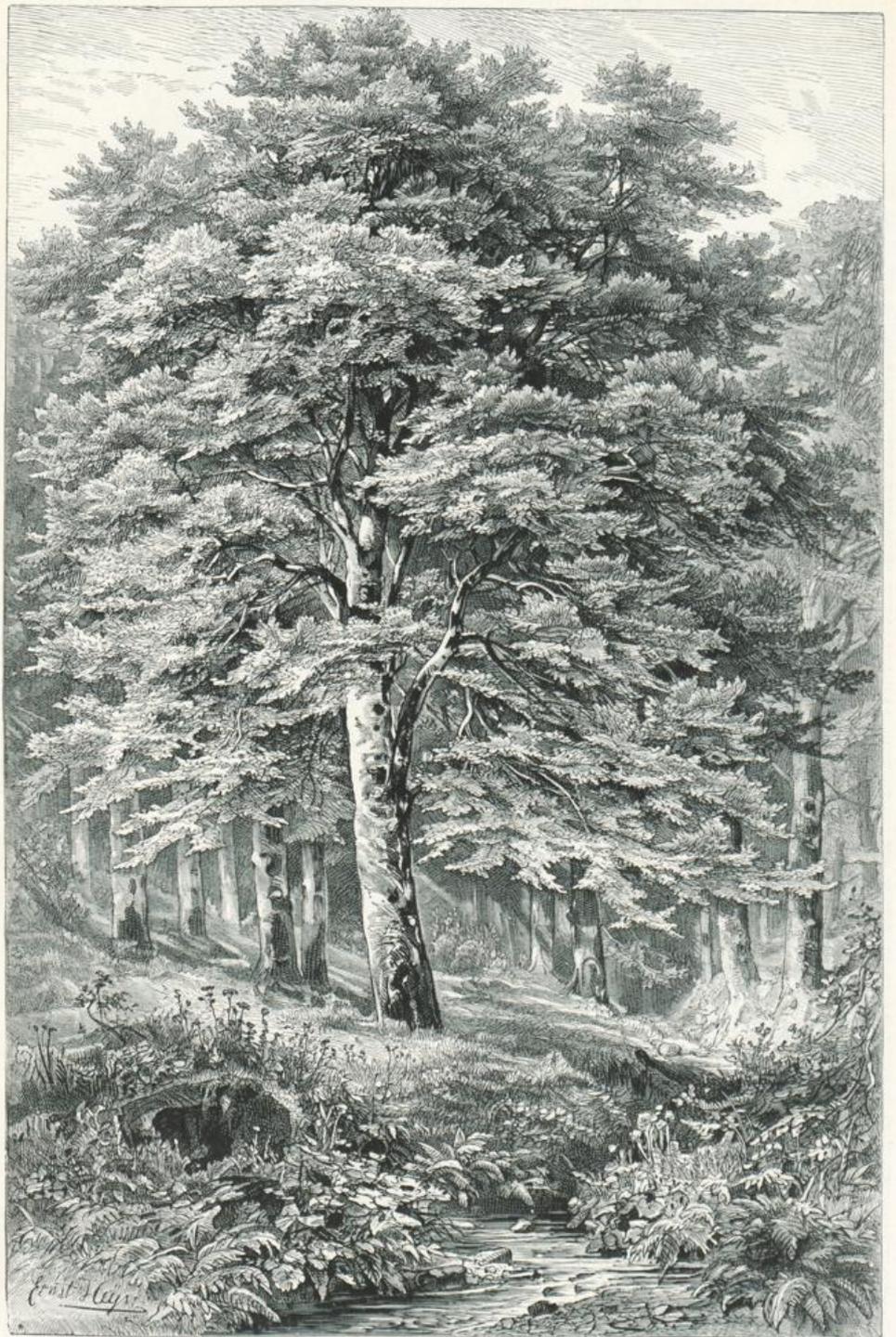
Da bei jedem Stamme die Lage der Knospen von der Lage der Laubblätter abhängt, so ist es selbstverständlich, daß auch die Verteilung der von einem Zweig ausgehenden Seitenzweige durch die Stellung der Blätter bedingt wird. Der Zusammenhang zwischen Blattstellung und Zweigstellung ist daher das erste, was bei der Erklärung des Baum-schlages 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 Eschen 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.

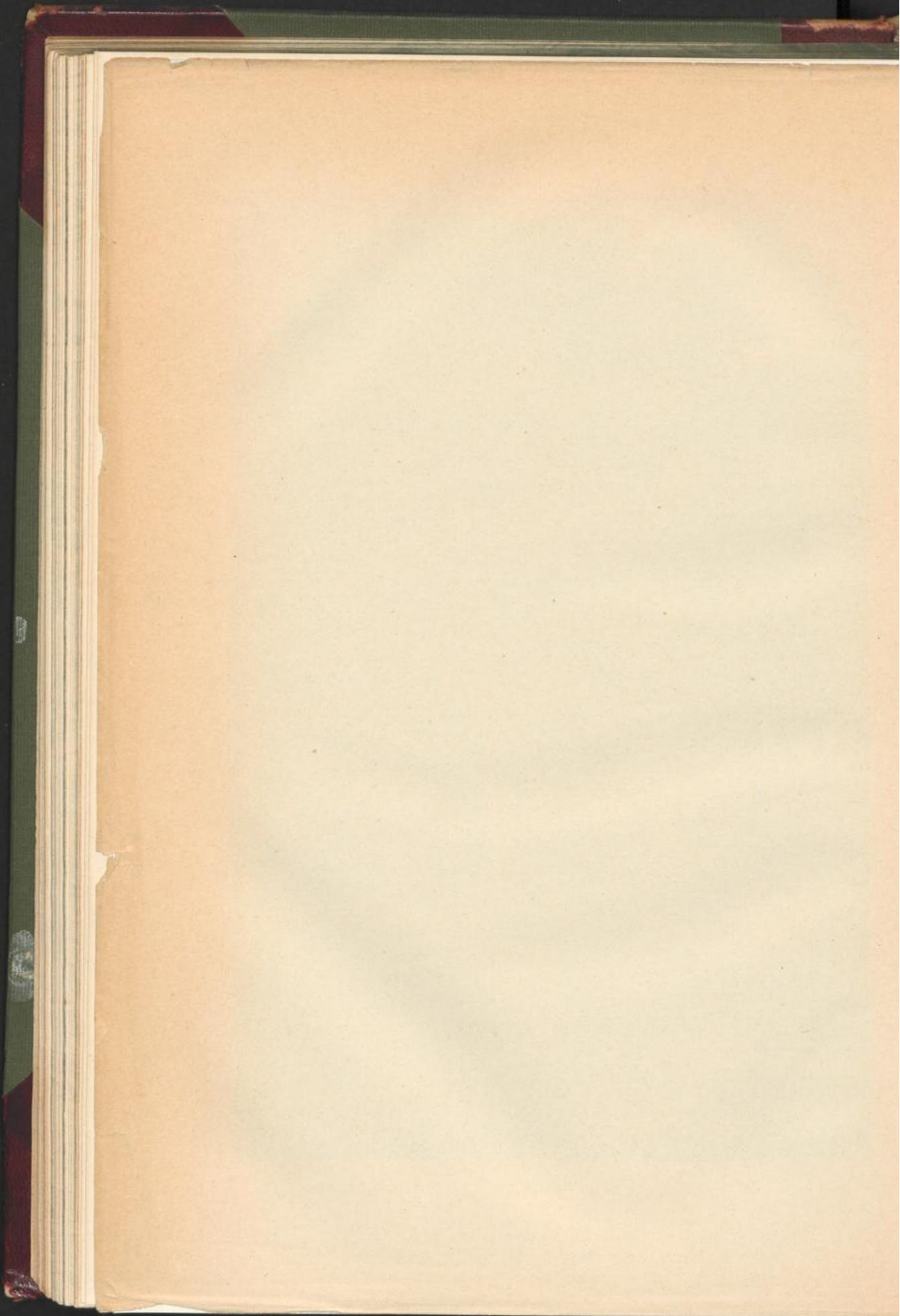
In zweiter Linie ist bei der Erklärung des Baum-schlages die Größe und Form und Stellung der Laubblätter zu berücksichtigen. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß es Aufgabe des Künstlers sei, die Form der einzelnen Blätter deutlich zur Ansicht zu bringen, was ja geradezu unschön sein würde. Die Bedeutung 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.

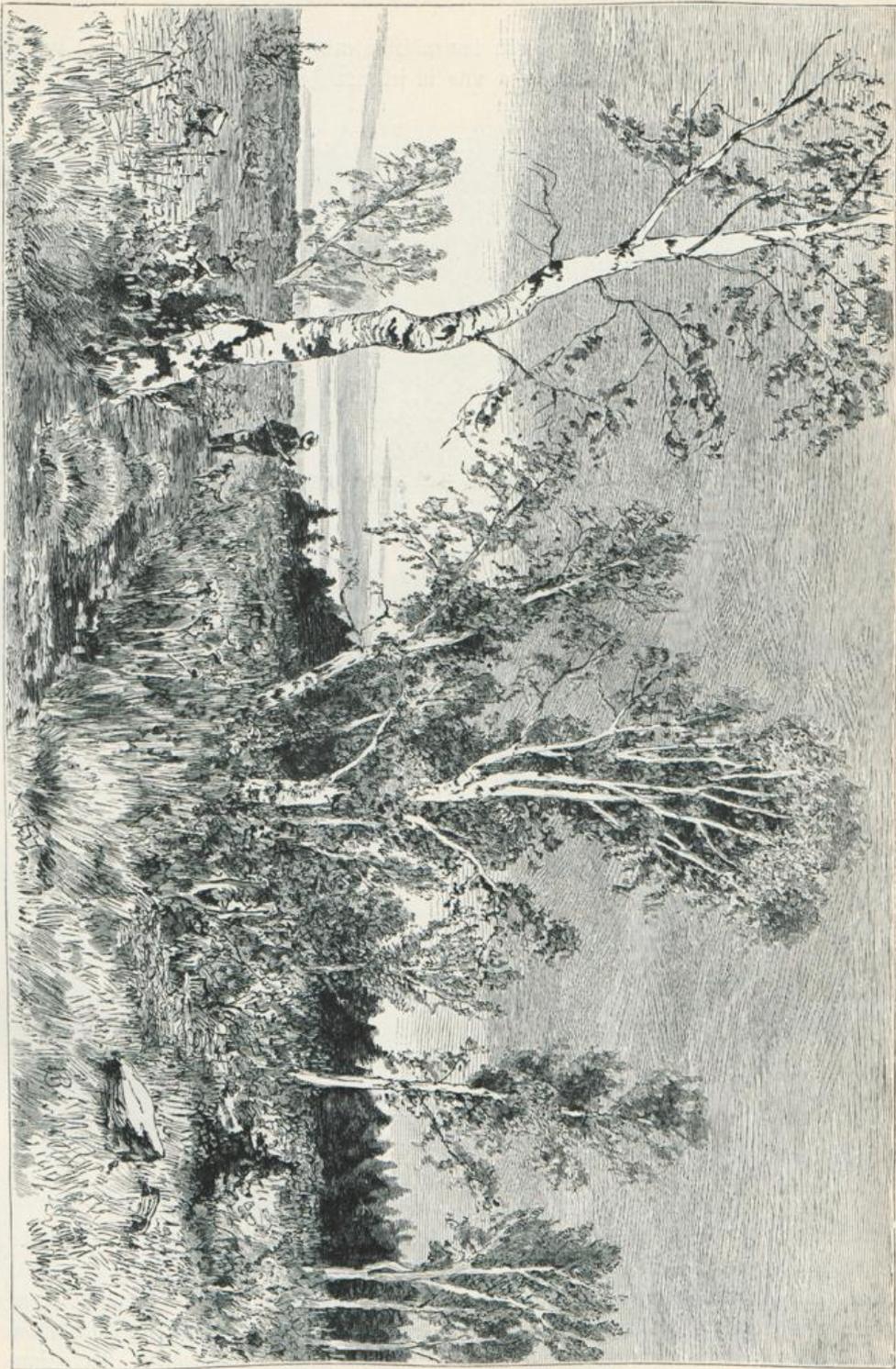
Der astlos gewordene untere Teil des Stammes nimmt in dem Grade an Umfang zu, als die Last, die er zu tragen hat, eine größere wird, und seine Dicke und Festigkeit steht bei jeder Art in einem genau geregelten Verhältnis zum Gewichte der Krone. Die Zunahme des Umfanges erfolgt vorzüglich dadurch, daß 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 eburneum*) 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 Bürgerschaft 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 mit 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 Rohralme, 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.

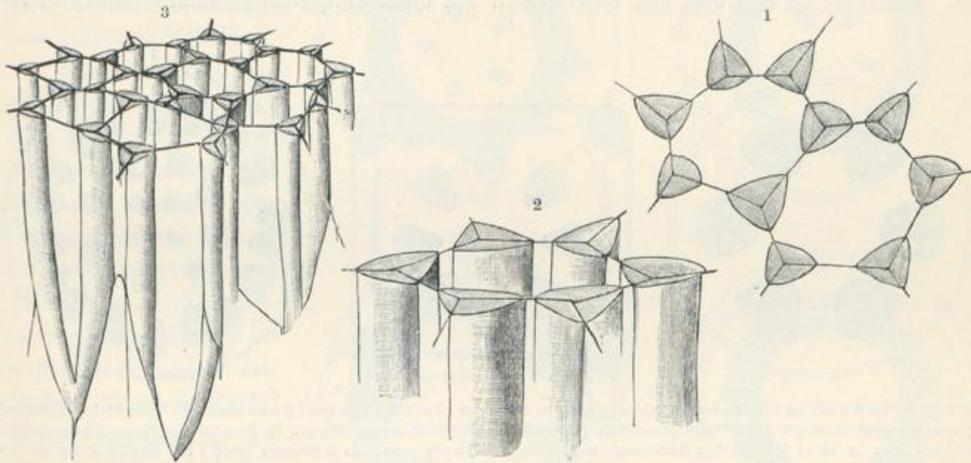
Die einschlägigen Untersuchungen, welche von Schwendener herrühren, haben nämlich ergeben, daß in den Pflanzenstämmen die Tragfähigkeit und Biegefestigkeit durch ganz ähnliche Konstruktionen erreicht werden, wie sie der Mensch bei der Überspannung der Flüsse mit Brücken, bei der Herstellung von Dachstühlen, 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-



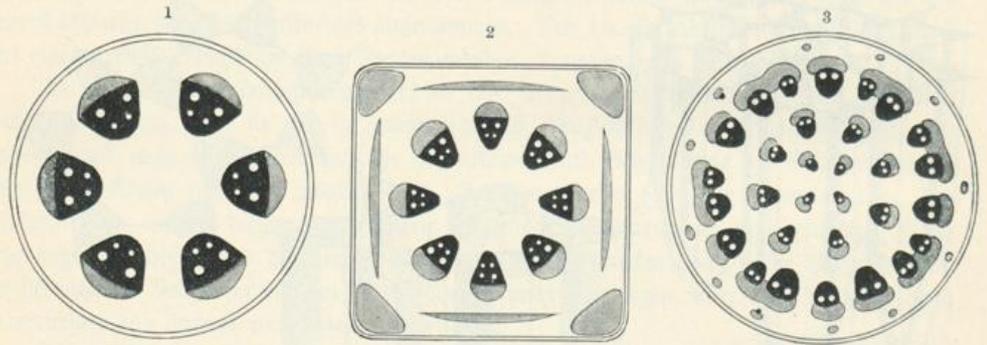
Sclerenchymgewebe: 1) Sclerenchymzellen im Querschnitt mit Verdickungen in den Ecken der Zellen; 2) Sclerenchymzellen in der Längsansicht; 3) zehn miteinander verbundene Sclerenchymzellen in der Längsansicht. (Zu S. 108.)

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

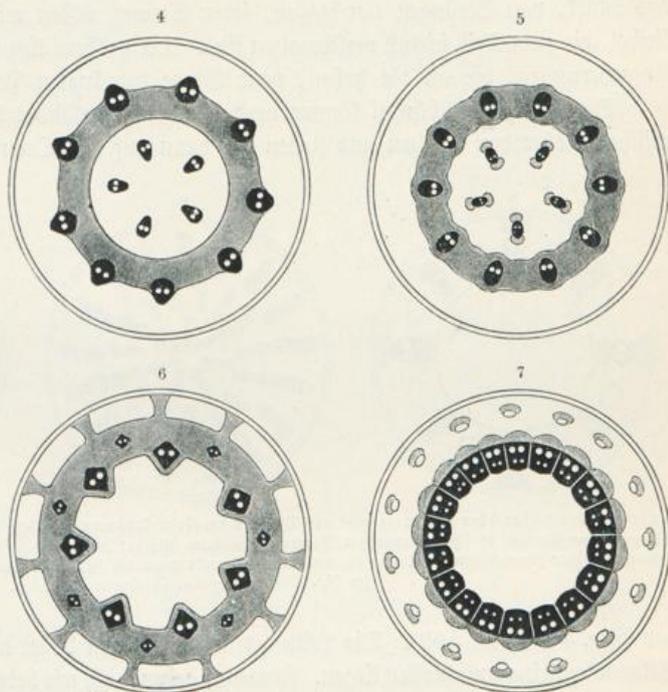


Querschnitte aufrechter Stämme mit einfachen, nicht zu einer Röhre verschmolzenen Trägern: 1) einjähriger Zweig der großblättrigen Linde (*Tilia grandifolia*); 2) weiße Taubnessel (*Lamium album*); 3) Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen 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



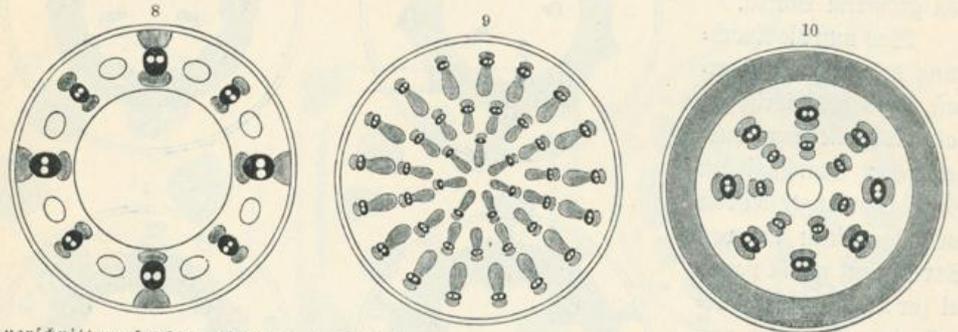
Querschnitte aufrechter Stämme mit einfachen, zu einer zylindrischen Röhre verschmolzenen Trägern: 4) Weinbergslauch (*Allium vineale*); 5) quirlblättriges Raiglöschchen (*Convallaria verticillata*); 6) blaues Pfeifengras (*Molinia coerulea*); 7) Sumbulstaude (*Euryangium Sumbul*). Es erscheinen in dieser 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.

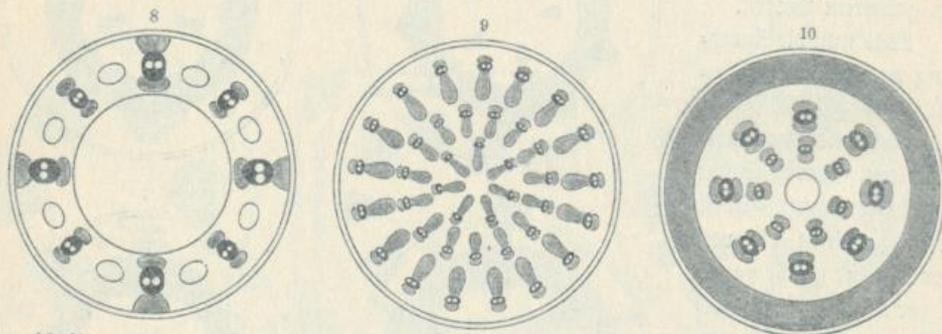
dar (Fig. 4—7, S. 109). Die Leitungsstränge können dabei außen, innen oder ganz vom Sklerenchymring umschlossen liegen. Zuweilen gehen auch, wie bei dem Grase *Molinia coerulea* (Fig. 6), von dem Sklerenchymring Vorsprünge an die Peripherie, die den Umfang des Stengels wie Strebepfeiler gegen Verbiegung 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

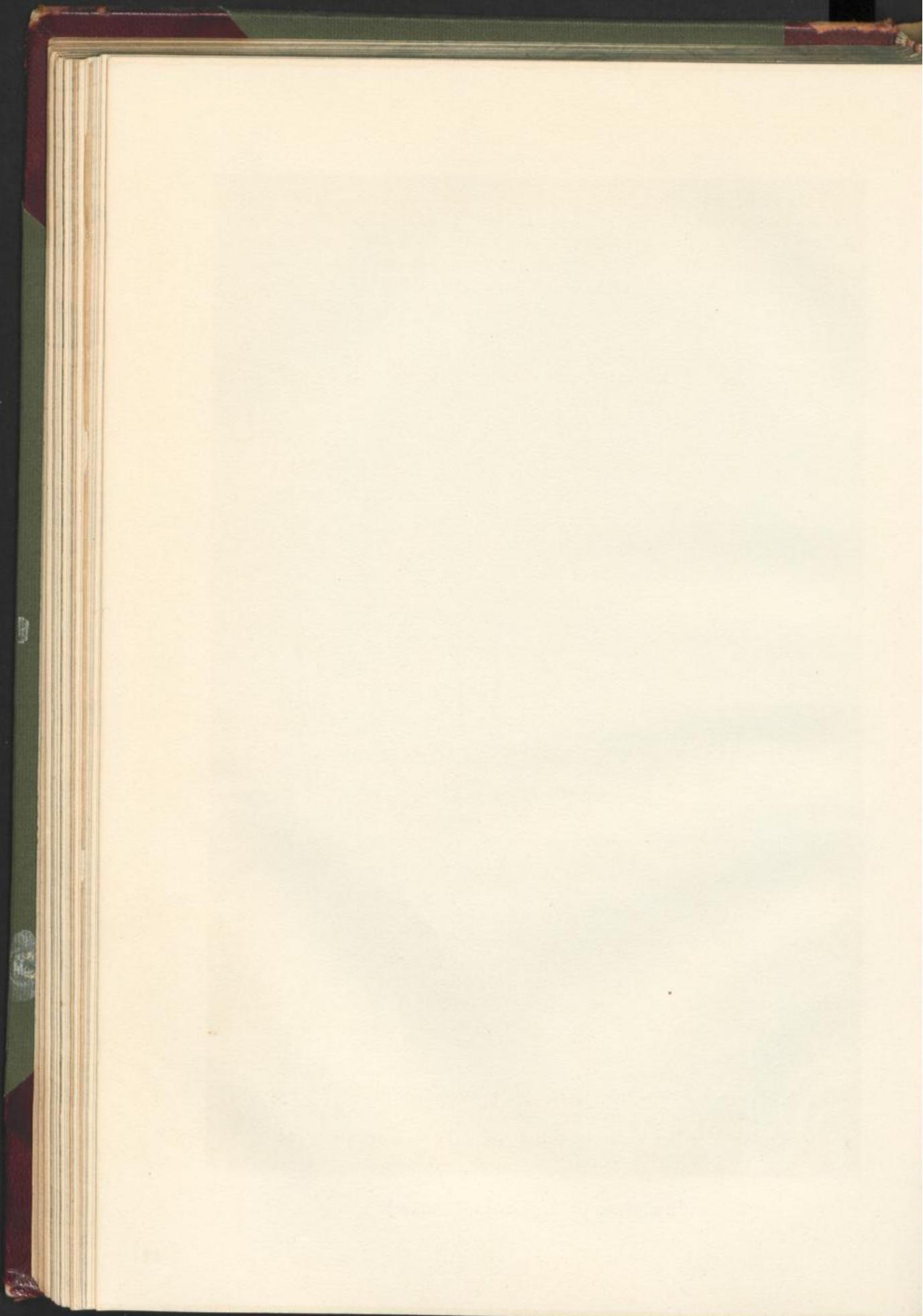


Querschnitte aufrechter Stämme mit als Träger zweiter Ordnung ausgebildeten Gurtungen: 8) raufige Winse (*Scirpus caespitosus*); 9) schwarzenstengelliger Bambus (*Bambusa nigra*); 10) gemeines Rohr (*Phragmites communis*). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau,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

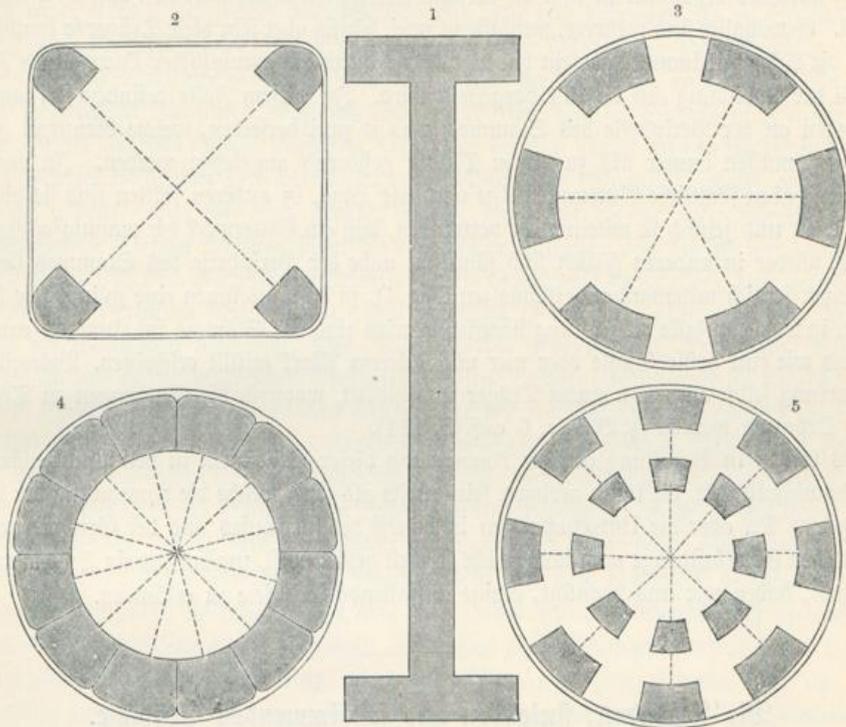
dar (Fig. 4—7, S. 109). Die Leitungsstränge können dabei außen, innen oder ganz vom Sklerenchymring umschlossen liegen. Zuweilen gehen auch, wie bei dem Grase *Molinia coerulea* (Fig. 6), von dem Sklerenchymring Vorsprünge an die Peripherie, die den Umfang des Stengels wie Strebenpfeiler gegen Verbiegung 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 steinigen 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 (*Arctostaphylos 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.)

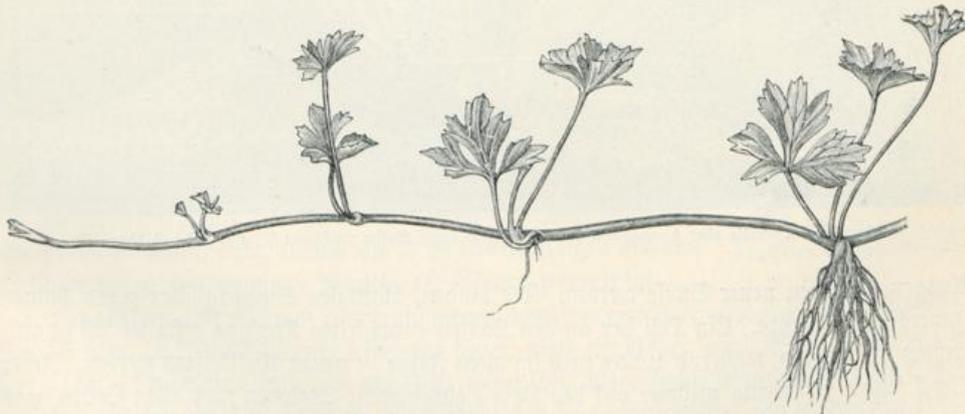
geringelten Würmern und Raupen nicht unähnlich. Recht auffallend sind in dieser Beziehung die über feuchtes Gestein am Rande der Quellen hinkriechenden braunroten Stämme der kalifornischen *Saxifraga peltata*. Aber auch die Stämme der Haselwurz (*Asarum*), des sumpfbewohnenden Bitterklee (*Menyanthes trifoliata*), der Schlangenzunge (*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 Stoc 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 Stoc 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.)

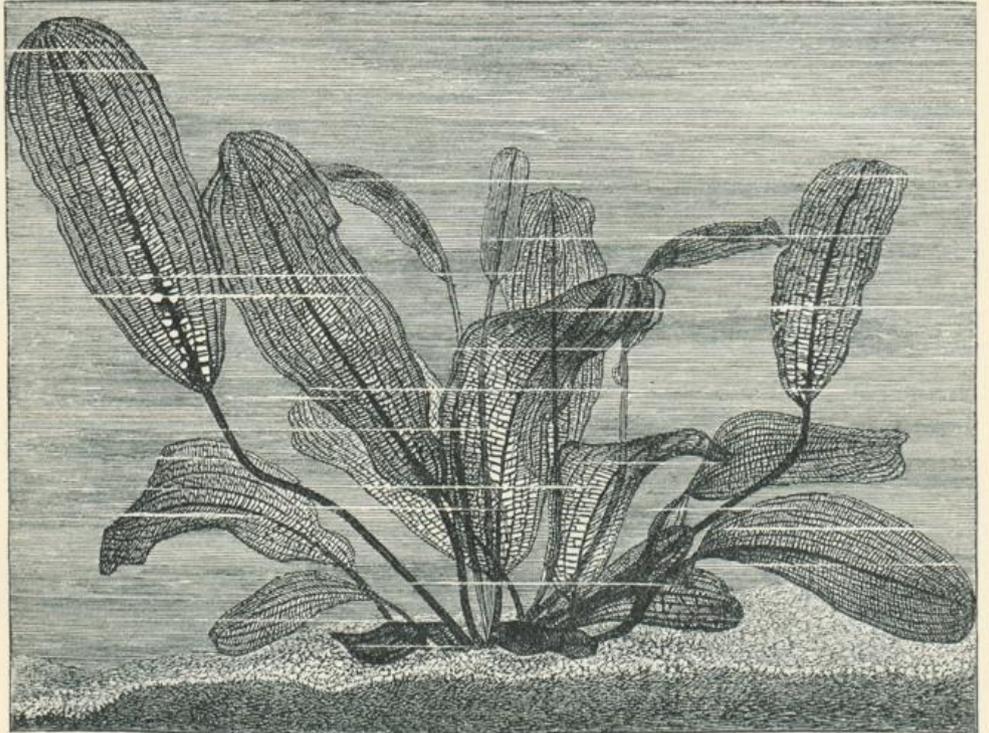


Ausläufer von *Ranunculus repens*. Die Knoten, an denen die Blätter und Seitenprosse entstehen, bewurzeln sich. Später sterben die fadenförmigen Teile des Ausläufers ab, wodurch die anfänglichen Seitenprosse zu selbständigen Pflanzen werden. (Zu S. 115 u. 116.)

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.

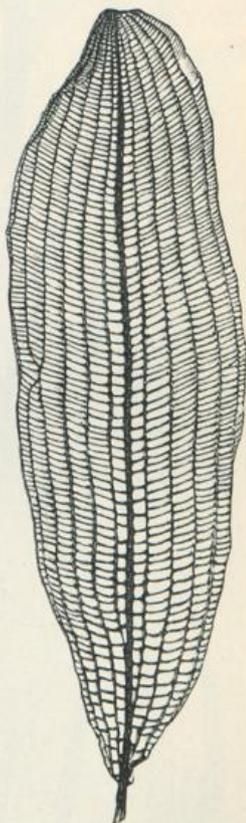
Bekanntere Beispiele für diese Form des liegenden Stammes liefern die Erdbeerpflanzen (z. B. *Fragaria vesca* und *indica*), der auf Wiesen verbreitete, S. 115 abgebildete Hahnenfuß *Ranunculus repens*, mehrere Fingerkräuter (z. B. *Potentilla reptans* und *anserina*), die kriechende Nesselwurz (*Geum 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.

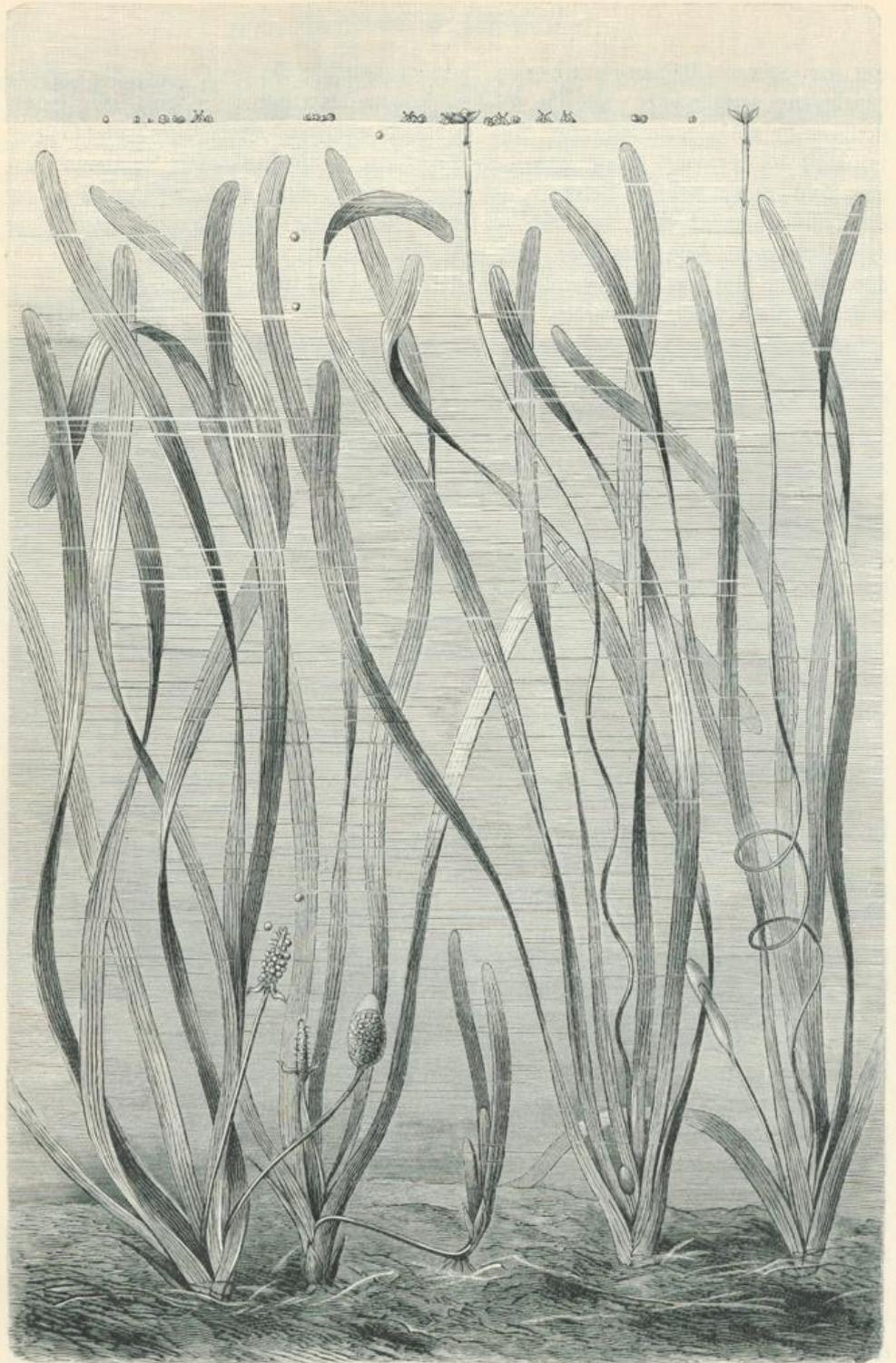
Die Stämme der Wasser- und Sumpfpflanzen entbehren, wie schon früher gesagt, des Holzes und Bastes entweder vollständig, oder enthalten diese Elemente nur in sehr geringer Menge. Dagegen sind sie mit auffallend großen Luftkanälen durchzogen und infolgedessen ungemein leicht und schwimmfähig. Schneidet 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 seichten 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



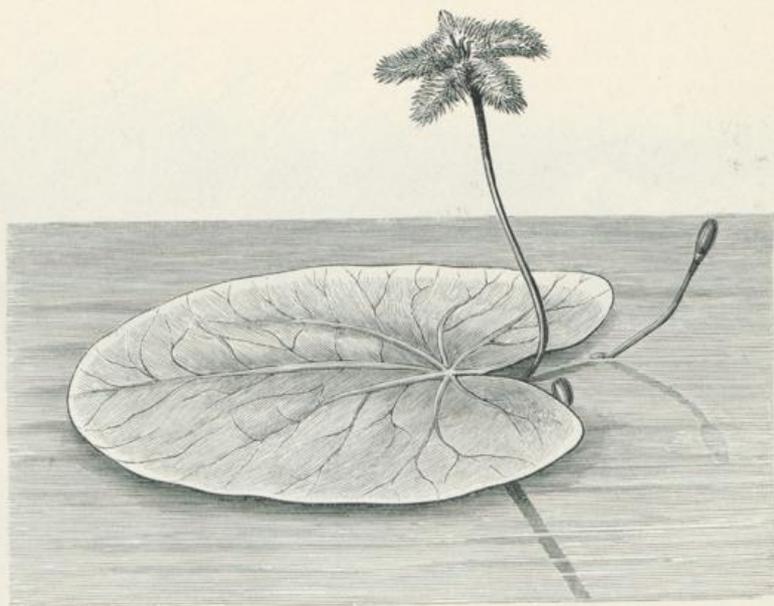
Blatt von *Aponogeton fenestrata*. (Zu S. 119—120.)



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.

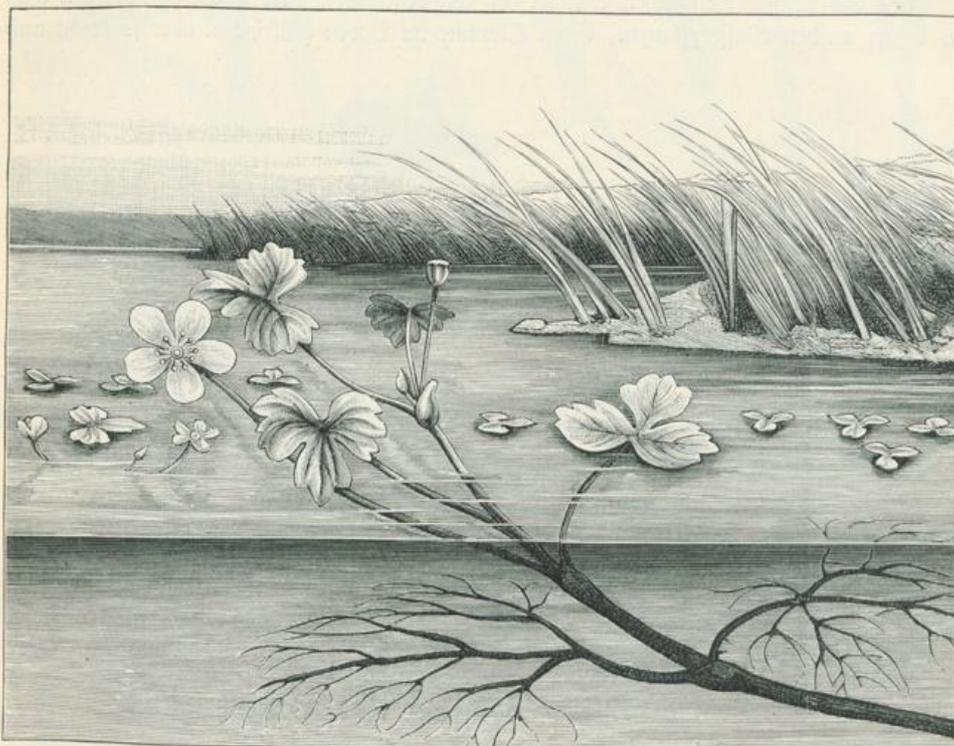
Wie das Wasser die weichen Stengel der Wassergewächse stützt und trägt, erkennt man am besten an den Wasserpflanzen, deren Stämme im Boden hinkriechen oder senkrecht auf-



Limnanthemum Humboldtii. (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.)

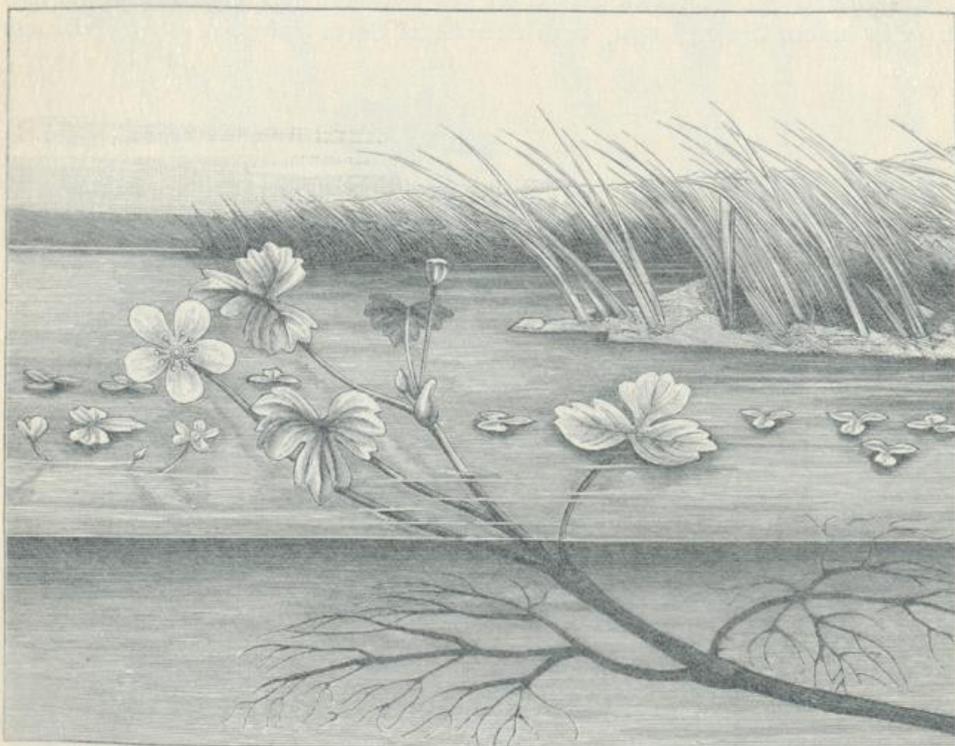
Stamme Blätter mit großen Blattspreiten, deren langgestreckte Stiele so lange fortwachsen, bis die scheibenförmigen Spreiten auf dem Wasserpiegel schwimmen, um dort das volle Tageslicht zu genießen. Die Blüten werden von ihren Stielen noch über das Wasser emporgehoben, damit die Insekten sie besuchen. 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, Zannichellia, Ceratophyllum. Bei einer Reihe von Wasserpflanzen erheben sich aus dem im Schlamm hinfriedenden



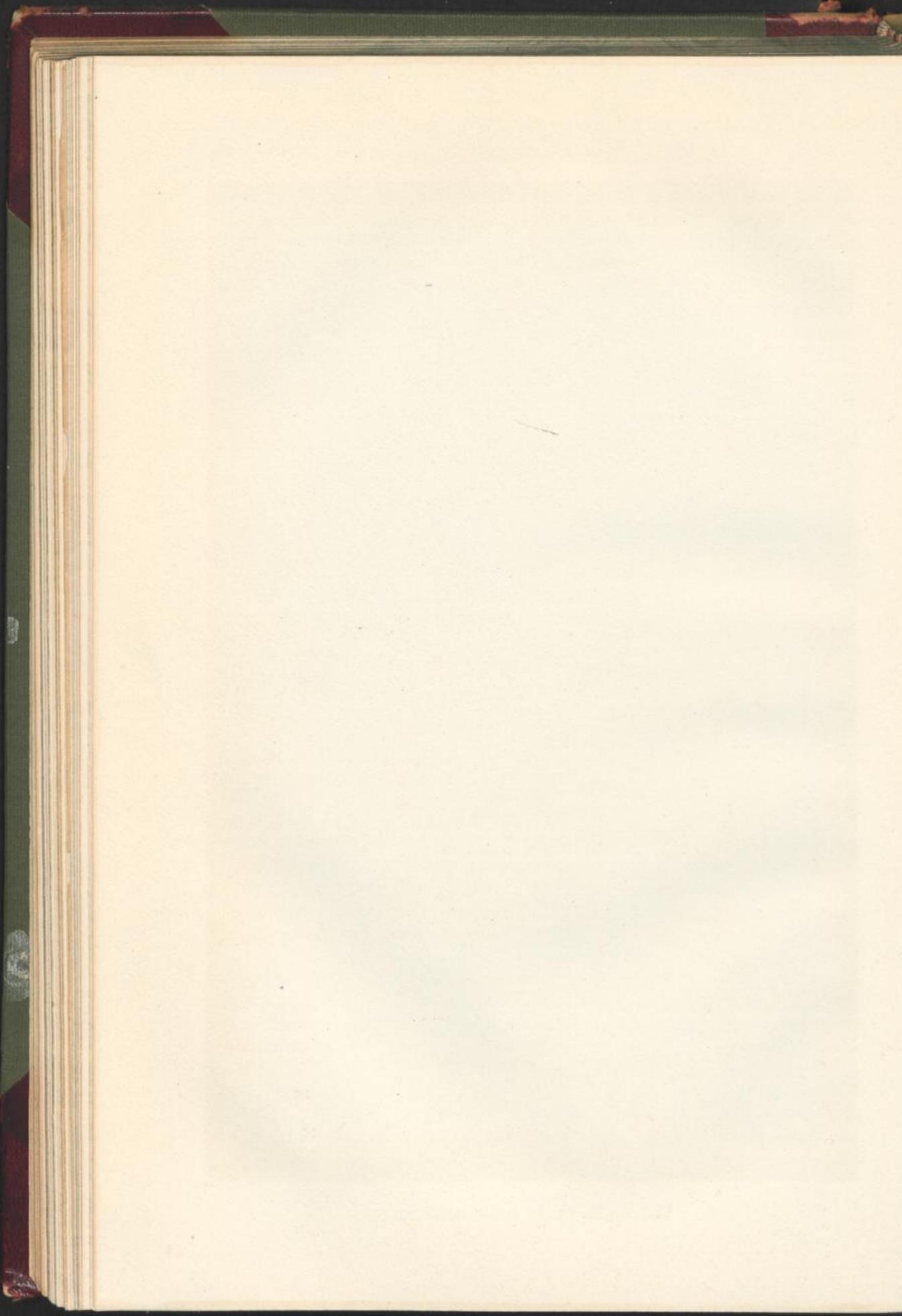
Ranunculus aquatilis, mit schwimmenden flachen und untergetauchten, fadenförmig geteilten Blättern. (Zu S. 121.)

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.

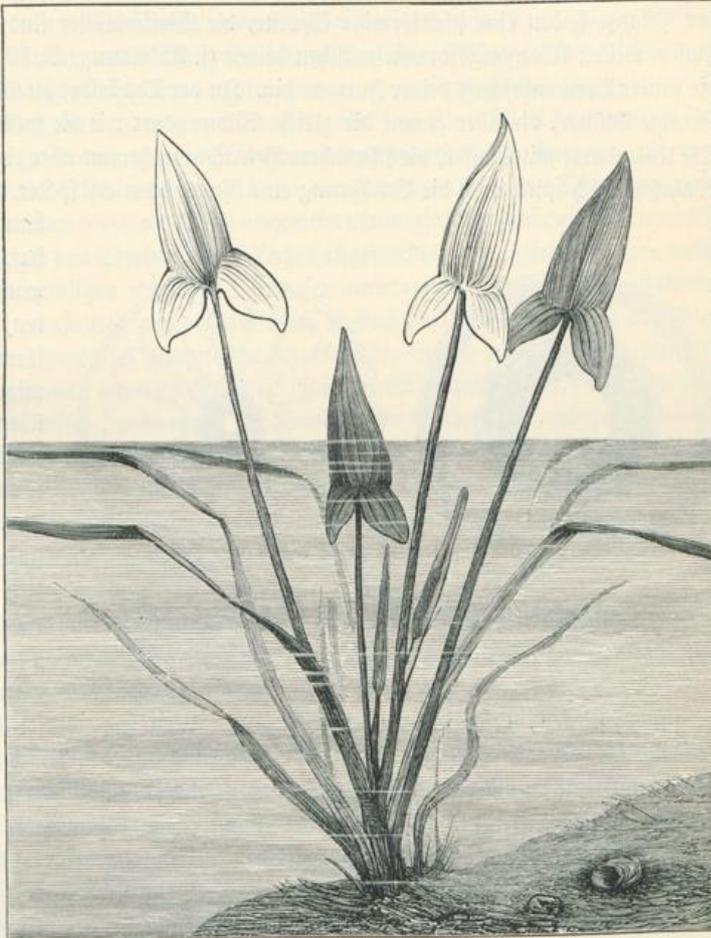


Victoria Regia im Amazonenflrome.



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 Laichkräuter (*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.)

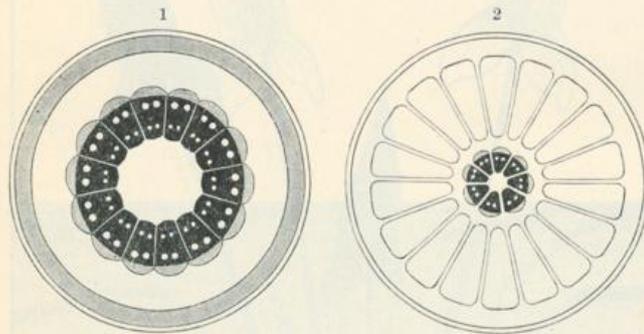
sekten zum Zwecke der Befruchtung sehr beeinträchtigen. Schon bei *Ranunculus aquatilis* beobachtet man leicht, daß Schwimmblätter meistens nur an blühenden Sprossen, den Blüten gegenüber, entstehen. Besonders anschaulich ist das bei einigen *Limnanthemum*-Arten, die, obwohl sie zu den Gentianeen gehören, 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.

Biegefestigkeit, 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.