

REPETITORIUM
DER
BOTANIK

FÜR
MEDIZINER,
PHARMAZEUTEN, LEHRAMTS-KANDIDATEN UND
STUDIERENDE DER FORST- UND LANDWIRTSCHAFT

VON
† Dr. ADOLPH HANSEN
PROFESSOR DER BOTANIK AN DER UNIVERSITÄT GIESSEN

MIT 39 TEXTABBILDUNGEN
UND 8 TAFELN IM ANHANG

11. STARK ERWEITERTE AUFLAGE



VERLAG VON ALFRED TÖPELMANN IN GIESSEN
1921

Inhalts-Verzeichnis

	Seite
I. Teil. Allgemeine Botanik	1—59
Einteilung der Botanik	1
Organographie	2
Anatomie	18
Physiologie	29
Die Ernährung	30
Das Wachstum	40
Das Bewegungsvermögen	45
Die Fortpflanzung	51
II. Teil. Spezielle Botanik	60—148
Übersicht des Systems	61
Thallophyta	66
Bryophyta	86
Pteridophyta	89
Gymnospermae	94
Dicotyledones	102
Monocotyledones	138
III. Teil. Pflanzengeographie	149—164
Verzeichnis der wichtigsten Arzneipflanzen	165—178
Register	179—184

1. Auflage	1884
2. "	1887
3. "	1890
4. "	1892
5. Doppelaufgabe	1896
6. Auflage 1. Ausgabe	1901
6. " 2. "	1902
7. Doppelaufgabe	1906
8. "	1910
9. "	1914
10. "	1919
11. "	1921

Vorwort zur neunten Auflage.

Zur Einführung dieser neuen Auflage, welche sorgfältig auf Grund der neuen Literatur durchgesehen wurde, gestatte ich mir, aus den früheren Vorreden einige Erläuterungen zu wiederholen.

Der vorliegende Grundriß ist nicht bestimmt, ein Lehrbuch der Botanik zu ersetzen, noch viel weniger, Vorlesungen über diesen Gegenstand überflüssig zu machen; er soll denjenigen, welche die Botanik nicht als Fachstudium betreiben, als Leitfaden dienen und als Hilfsbuch neben den Vorlesungen benützt werden, um das Gerippe dieser Wissenschaft zur Hand zu haben. Besonders soll es den Studierenden an feste Begriffe gewöhnen. Sie bilden die Grundlage der Wissenschaft, und ohne sie bleibt die Ausdrucksweise des Anfängers unsicher und schwankend.

Auf unseren Hochschulen wird eine Reihe von Lehrbüchern der Botanik benutzt, welche das Ziel des wissenschaftlich-botanischen Unterrichts in etwas verschiedener Form verfolgen; die Lehrbücher von Strasburger, Giesenhagen, Prantl-Pax. Jedes hat seine Eigentümlichkeit. Die allgemeinste Verbreitung hat sich das von Strasburger und seinen Mitarbeitern verfaßte Buch errungen. Vollständigkeit in der Beschränkung, wissenschaftliche Höhe bei didaktischem Streben, bilden seine Vorzüge. Es ist auch zur Einführung in die Spezialliteratur geeignet. Die beiden anderen Bücher sind besonders wegen ihrer guten, lehrreichen Abbildungen zu empfehlen. Es hätte wenig Wert, diesen Lehrbüchern ein weiteres zuzufügen. Ein literarisches Bedürfnis liegt dagegen anderswo. Daß die Studierenden einen kürzeren Auszug aus dem Gesamtwissen nötig haben, beweisen die Kollegienhefte, welche bekanntlich auch für die Prüfungen wieder hervorgeholt zu werden pflegen. Aber diese Aufzeichnungen sind meist lückenhaft, unübersichtlich und auch vielfach unrichtig. Das vorliegende Hilfsbuch hat von Anfang an das Ziel verfolgt, im Anschluß an gehörte Vorlesungen dem Studierenden eine kurze und richtige Übersicht von dem, was er unbedingt im Kopfe haben muß, um tiefer in die Wissenschaft eindringen zu können, zu bieten. Daß es auch nach dem Studium dem Lehrer als sehr brauchbarer Leitfaden dienen kann, wurde mir vielfach versichert. Dementsprechend ist alle Mühe auch bei der neuen Auflage darauf verwendet worden, das Buch dem Fortschritt der Wissenschaft gemäß zu ergänzen, damit es mit den größeren Lehrbüchern, bei äußerer Bescheidenheit, an innerem Wert Schritt hält.

Die Abschnitte der allgemeinen Botanik schließen sich an die auf Seite 2 genannten grundlegenden Handbücher an. Über den systematischen Teil ist etwas mehr zu sagen. Das System, besonders das der Blütenpflanzen, bildet noch, wie ehemals, wegen seiner in der Natur der Sache liegenden

Bewegung und Umgestaltung, eine Schwierigkeit für den Anfänger. Gegenwärtig hat man sich allgemein dem Engler'schen System, wie es in dessen „Syllabus der Pflanzenfamilien“ 7. Auflage 1912 aufgestellt ist, angeschlossen.

Dem Anfänger, der sich zunächst im Trennen übt, erscheint die enge Zusammenfassung mancher Familien, wie z. B. in den Engler'schen Reihen der Rosales und Tubifloren, erschwerend, ebenso, wie die Auflösung anderer Reihen in zahlreiche kleine Abteilungen. Pädagogisch scheint mir daher richtiger, zuerst mit einem einfacheren System zu beginnen, welches sich mehr an das Eichler'sche System anlehnt. Ich durfte dies um so mehr vorziehen, als der deutsche Meister der Systematik A. Engler in einem früheren Vorwort zu seinem Syllabus ebenfalls das Eichler'sche System als das für den Anfänger leichter faßliche bezeichnete. Über sein eigenes System fügt er hinzu: „Es weicht mehrfach von dem des Eichler'schen Syllabus ab, es liegt aber auch ihm, sowie den Systemen von A. Braun und Eichler das System von A. Brongniart zugrunde.“ Um dem Anfänger einen Vergleich beider Systeme zu ermöglichen und seinen Blick zu erweitern, habe ich das Engler'sche System der Phanerogamenfamilien in Tabellenform aufgenommen.

Im systematischen Teil habe ich, der heutigen Auffassung gemäß, die Dicotylen vor die Monocotylen gestellt, was sowohl theoretisch als pädagogisch von Vorteil ist.

Gießen, März 1914.

A. Hansen.

Vorwort zur zehnten Auflage.

Die neue Auflage des Repetitoriums erscheint in etwas verändertem typographischen Gewande, d. h. in etwas kleinerem Druck, um den Umfang zu verringern. Das ist nötig geworden, da durch das gottlose Bemühen des unversöhnlichen Teils unserer Widersacher: nicht bloß unsere Waffen, sondern unsere ganze deutsche Kultur zu vernichten — auch der Herstellung unserer Bücher und Lehrmittel unerhörte Schwierigkeiten und Kosten erwachsen. Wenn sich der Verleger bereit erklärte, trotz der harten Zeit eine neue Auflage zu veranstalten, so verdient er dafür den Dank der Benutzer des Buches. Raum wurde auch gewonnen durch Herausnahme der Tafeln aus dem Text, was sogar ein Vorteil für deren leichteres Auffinden ist. Der Text ist, wie gewöhnlich, genau durchgesehen, er ist aber auch in nicht unwichtiger Weise durch Hinzufügung des Abschnittes „Pflanzengeographie“ vermehrt worden. Die größeren Lehrbücher müssen dies Kapitel meist ausschließen, weil es zuviel Raum erfordert. Bei der kurzen Fassung des Repetitoriums ließ sich der Abschnitt leichter eingliedern und wird den Studierenden nicht unwillkommen sein, weil manche Prüfungsordnungen einige Kenntnis dieses Gebietes fordern.

Gießen, April 1919.

A. Hansen.

I. Teil.

Allgemeine Botanik.**Organographie, Anatomie, Physiologie.****Einteilung der Botanik.**

1. Die Botanik hat die Aufgabe, die Pflanzen nach allen Richtungen kennen zu lernen. Man kann die Pflanzen von verschiedenen Gesichtspunkten wissenschaftlich betrachten, im allgemeinen oder im besonderen, wodurch sich von selbst eine Teilung der Pflanzenkunde in allgemeine und spezielle Botanik ergibt.

2. Die allgemeine Botanik beschäftigt sich mit der Pflanze als besonders organisiertem Lebewesen und stellt durch vergleichende Untersuchungen der verschiedenen Pflanzenformen fest, was man allgemein an ihren Organen beobachten und von deren Form und Tätigkeit aussagen kann. Die beobachteten Tatsachen pflegt man nach ihrer Zusammengehörigkeit zusammenzustellen, wodurch verschiedene Kapitel der allgemeinen Botanik entstehen, die Organographie, welche sich mit der Beschreibung der äußeren Gestalt, mit der Bedeutung der Organe und ihrer Entwicklung beschäftigt, die Anatomie, welche mit Hilfe des Mikroskops den inneren Bau der Pflanze erforscht, und die Physiologie, welche die Lebensbedingungen und Lebenserscheinungen der Pflanze schildert und mit Hilfe des Experiments ursächlich zu erklären sucht.

3. Die spezielle Botanik dagegen betrachtet und beschreibt die Form und Lebensweise (Ökologie, Biologie) der einzelnen Pflanzenarten, faßt sie auf Grund der Deszendenztheorie nach ihrer Verwandtschaft zu kleineren und größeren Abteilungen (Gattungen, Familien usw.) zusammen und gruppiert sie zu einem System, eine wissenschaftliche Arbeit, welche man als Systematik bezeichnet. Mit der Verbreitung der Pflanzen auf der Erde befaßt sich die Pflanzengeographie, welche jedoch nicht mehr den rein geographischen Gesichtspunkt walten läßt, sondern unter Zuhilfenahme der Paläontologie, Systematik, Floristik und Physiologie versucht, Ursachen zur Erklärung der heutigen Verbreitung der Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften aufzufinden.

Diese Einteilung der Botanik gibt nur einen Überblick über ihren Hauptinhalt. Durch besondere Forschungsmethoden und wachsende Spezialliteratur haben sich eine Menge Zweige der Wissenschaft gebildet, z. B. die Zellenlehre, die Vererbungslehre, die experimentelle Morphologie, in der Systematik sind die Mykologie und andere Teile der Kryptogamenkunde mehr oder weniger selbständig geworden, ebenso die Bacteriologie. Als wichtig für das Verständnis der Regeln der Formbildung ist auch die Beobachtung pathologischer Tatsachen erkannt worden.

Jedes dieser Kapitel umfaßt eine umfangreiche Literatur. Als für tiefere Studien unentbehrliche, zusammenfassende Darstellungen der Hauptdisziplinen sind hervorzuheben:

- Goebel*, Organographie.
Goebel, Biologische Schilderungen.
Goebel, Experimentelle Morphologie.
Vöchting, Organbildung.
Hansen, Die Pflanze (Sammlung Göschen).
de Bary, Vergleichende Anatomie.
Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen.
Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie.
Küster, Pathologische Anatomie der Pflanzen.
Pfeffer, Pflanzenphysiologie.
Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie.
Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie.
Hansen, Die Ernährung der Pflanzen.
Czapek, Biochemie.
v. Wettstein, Systematische Botanik.
Engler, Natürliche Pflanzenfamilien.
Solms-Laubach, Paläophytologie.
Engler, Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt.
Schimper, Pflanzengeographie.
Grisebach, Die Vegetation der Erde.
Drude, Ökologie der Pflanzen.
Garcke, Flora von Deutschland.
Kerner, Pflanzenleben.
Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa.
Darwin, Entstehung der Arten.
de Vries, Die Mutationstheorie.
Baur, Einführung in die Entwicklungslehre.
Johannsen, Elemente der exakten Erblichkeitslehre.
Sachs, Geschichte der Botanik.

Organographie.

Organe

1. Es gibt mehrere Abteilungen der Pflanzen, welche gar keine äußere Gliederung zeigen und nur aus einer einzigen oder mehreren Zellen bestehen. Zu ihnen gehören die mikroskopischen Bacterien, Algen und Pilze mit verschiedener Umrißform ihres einfachen Körpers. Die meisten Pflanzen besitzen jedoch wie die Tiere äußerlich sich abgliedernde Organe, unterscheiden sich aber von den Tieren dadurch, daß sie nicht nur die aus der Keimzelle auswachsenden oder die im Embryo angelegten Organe ausbilden, sondern während ihres ganzen Lebens immer neue Organe (Sprosse, Wurzeln, Blätter, Fortpflanzungsorgane) erzeugen können. Während bei den Tieren die wichtigsten Organe in den Körperhöhlen liegen, sind bei den Pflanzen die Hauptorgane äußere Glieder des Pflanzenkörpers, wie beispielsweise die Blätter, Wurzeln und Blüten der höheren Pflanzen. Dieser Unterschied begreift sich

am besten durch die Voraussetzung, daß die Pflanzenorgane sich ganz vorwiegend der äußeren Umgebung, also dem Medium der Luft, des Wassers und dem Boden gemäß entwickelt (angepaßt) haben. Darum das allgemeine Hervortreten eines Organes für den Boden (Wurzel) und von Organen (Sprosse) für Luft oder Wasserumgebung.

2. Man kann die Formverhältnisse der Pflanzenglieder (Umriß, Stellung, Symmetrie usw.) ohne die Frage nach ihrem Zweck betrachten und nennt diese Art der bloßen Formvergleichung *Morphologie*, welcher Ausdruck von *Goethe* herrührt. Nachdem man aber erkannte, daß die Pflanzenteile eine Tätigkeit (Funktion) ausüben, nennt man sie *Organe*. Form und Arbeitsleistung hängen so innig zusammen, daß am besten eins aus dem andern verstanden wird, daher behandelt man besser beide zusammen in der *Organographie*.

3. Die *Organographie* geht von sehr einfachen und verständlichen Einteilungen aus. Sie teilt die Organe der Pflanzen nach ihrer Aufgabe in zwei Abteilungen: 1. *Vegetationsorgane*, 2. *Fortpflanzungsorgane*. Vegetations-
und Fort-
pflanzungs-
organe

4. Als *Vegetationsorgane* bezeichnet man diejenigen Organe, welche man an den Pflanzen zuerst unmittelbar wahrnimmt, die also ihren eigentlichen Körper ausmachen, z. B. die grünen, meist blättertragenden Laubsprosse und die Wurzeln. Die *Vegetationsorgane* sind wesentlich *Ernährungsorgane*, seltener erst mittelbar diesem Zwecke dienbar, wie z. B. die Ranken, welche *Greiforgane* sind, mit denen die Pflanzen klettern, um günstiges Licht und damit die beste Bedingung der Ernährung zu erlangen. Das Vorhandensein verschieden geformter Organe beruht auf einer Arbeitsteilung, indem jedes Organ einen Teil der Lebensaufgaben übernimmt. Vegetations-
organe

5. In der Regel erhebt sich ein Teil der *Vegetationsorgane*, welche dann gewöhnlich Chlorophyll enthalten, also grün sind, über das Substrat, während ein anderer Teil in ein Substrat eindringt. Das wird am besten erläutert durch die Keimung eines beliebigen Samens. In diesem steckt ein Embryo, bestehend aus einem kurzen Körper (Achse) mit Keimblättern am einen und einer Wurzelanlage am andern Ende. Bei der Keimung dringt die wachsende Wurzel in den Boden ein, während sich der grüne Keimstengel über dem Boden erhebt. Die Form der Keimwurzel ist bei allen Samenpflanzen gleich. Oberirdisch erhebt sich durch Wachstum der embryonalen Achse ein kurzer Stengel (Keimblattstengel, *Hypocotyl*), welcher die Keimblätter (*Cotyledonen*) trägt. Selten bleiben diese unterirdisch, z. B. bei den Leguminosen, der Eiche u. a. Über den Keimblättern verlängert sich die Achse weiter zum Laubsproß. In der Form zeigt der Keimstengel große Verschiedenheiten (z. B. bei einer Tanne, einer Getreidepflanze, einem Cactus, einer Bohne). Da es sich aber in allen Fällen um den gleichen, aus dem Embryo erwachsenen Teil handelt, hat die Botanik dafür den allgemeinen Namen *Sproß* eingeführt. So unterscheidet man denn an der jungen Pflanze bloß zweierlei *Vegetationsorgane* (*Grundorgane*): *Wurzeln* und *Sprosse*. (Taf. 7 Fig. 1)

6. Wenn eine Keimpflanze heranwächst, so entstehen an dieser Pflanze zunächst neue Sprosse und Wurzeln. Häufig entstehen aber später noch Organe von ganz anderer Form und Funktion: *Dornen*, *Ranken*, *Flachsprosse*, *Ausläufer*, *Zwiebeln*, *Rhizome*, *Knollen*, *Blüten* usw. Diese sind jedoch nicht Organe ganz neuer Art, sondern weiter nichts als *Umwandlungen* von Spros-

Metamor-
phosen

sen, Blättern oder von Wurzeln. Mit Übernahme neuer Funktionen wandeln die Grundorgane ihre Form oft bis zur Unkenntlichkeit um. Man nennt diesen Vorgang Metamorphose (*Goethe* 1790) und bezeichnet auch die abgeänderten Organe selbst als Metamorphosen. Organe, die dabei von dem gleichen Grundorgan abstammen, heißen homolog, Organe ungleicher Abstammung, aber gleicher Funktion, heißen analoge Organe.

Niedere und
höh. Pflanzen

7. Je nachdem die Vegetations- und Fortpflanzungsorgane unvollkommener oder vollkommener sind, spricht man auch von niederen Pflanzen (Algen, Pilze, Moose) und höheren Pflanzen (Farne, Nadelhölzer, Blütenpflanzen). Diese Unterscheidung ist jedoch keine scharfe. Vielmehr ist hervorzuheben, daß auch bei vielen niederen Pflanzen in den Vegetationsorganen der Gegensatz von Sproß und Wurzel erkennbar bleibt, so daß wir, trotz der Formverschiedenheit in den verschiedenen Klassen, die Organisation aller Pflanzen auf das eine Schema mit Sproß- und Wurzelpol beziehen können. Wir sind überzeugt, daß die verschiedenen Pflanzenformen sich einmal vorzeiten auseinander entwickelt haben und wirklich miteinander verwandt sind (Deszendenzlehre). Daraus versteht sich die trotz aller äußeren Verschiedenheit doch unverkennbare Familienähnlichkeit aller Pflanzen von den niedersten Algen bis zu den Blütenpflanzen. Auch die Umgestaltung unvollkommener Organe zu vollkommenen, wodurch höhere Pflanzenformen aus niederen hervorgingen, kann nur durch Metamorphose des anfangs Vorhandenen erklärt werden (phylogenetische Metamorphose).

Fortpflan-
zungsorgane

8. Die Fortpflanzungsorgane erscheinen immer später wie die Vegetationsorgane, weil sie erst an diesen entstehen. Sie sind meist kleiner, aber durch auffallende Formen von den Vegetationsorganen unterschieden. Durch Form und Farben hervortretend sind die Fortpflanzungsorgane der meisten höheren Pflanzen, welche wir Blüten nennen. Im wesentlichen sind alle Fortpflanzungsorgane Behälter für die mikroskopischen Zellen (Keimzellen), durch welche die Zeugung geschieht (Pollenkörner, Eizellen, Spermatozoiden, Sporen).

Orgau-
bildung

9. Alle Pflanzen, niedere wie höhere, nehmen ihren Anfang aus einer einzigen Zelle (Keimzelle) oder aus einfachen Zellkörpern (Brutknospen, Ablager). Auch alle Organe einer Pflanze nehmen ihren Anfang entweder aus einer Zelle oder gewöhnlicher aus mikroskopisch kleinen Massen von embryonalem Zellgewebe, welche man Vegetationspunkte nennt. Diese finden sich nur an ganz bestimmten Stellen einer Pflanze — bei den höheren Pflanzen zunächst in der Endknospe und an der Wurzelspitze der Keimpflanze. (Taf. 1) Aber die Pflanze erzeugt bei ihrem Wachstum weitere Vegetationspunkte, und wir finden diese später auch in jeder Achselknospe der Blätter und innerhalb des Wurzelgewebes. Aus diesen sekundären Vegetationspunkten gehen Seitensprosse und Seitenwurzeln hervor, und man sieht ein, daß der ganze Aufbau einer Pflanze durch ihre Vegetationspunkte bedingt ist. Der Entdecker der Orte der Organentstehung an der Pflanze ist *Casp. Fr. Wolff*, der diese Orte 1759 mit dem Namen *puncta vel superficies vegetationis* belegte.

1. Vegetationsorgane.

Wurzel

10. Die Wurzel ist derjenige Teil einer Pflanze, welcher auf oder in einem Substrat, gewöhnlich dem Boden, befestigt, 1) als Haftorgan und

2) als Organ zur Aufnahme von Nahrung (Wasser und Salze, seltener organische Stoffe) aus dem Substrate dient. Jedoch ist nicht in allen Fällen der unterirdische Teil einer Pflanze bloß Wurzel, sondern häufig ist auch der Stamm selbst unterirdisch, was man wohl unterscheiden muß. (Vgl. S. 16 Rhizome)

11. Die typische Form der Wurzel ist die eines langen zylindrischen Fadens mit konischer Spitze, was am besten die aus dem Samen hervorbrechende erste Wurzel einer Pflanze (die Keimwurzel) zur Anschauung bringt. (Taf. 7 Fig. 1)

12. Aus der Keimwurzel entstehen seitlich Wurzeln von gleicher Gestalt (Nebenwurzeln), welche sich wieder verzweigen und ebenfalls Nebenwurzeln bilden können. (Taf. 1)

Nebenwurzeln

Durch diese Verzweigung der Wurzeln entsteht das komplizierte Wurzelsystem einer Pflanze, welches populär gewöhnlich „die Wurzel“ genannt wird. Das ist jedoch wissenschaftlich ungenau, da jeder Faden des Systems eine vollständige Wurzel ist.

Wurzelsystem

13. Die an Gestalt ganz gleichen Haupt- und Nebenwurzeln unterscheiden sich voneinander besonders durch ihre verschiedene Reizbarkeit gegen die Schwerkraft (Geotropismus). Unter dem Einfluß der Schwerkraft wachsen nämlich die Hauptwurzeln vollkommen senkrecht abwärts in den Boden hinein, während die Nebenwurzeln in anderen Richtungen, geneigt abwärts oder horizontal fortwachsen. Indem so die Nebenwurzeln nach entgegengesetzten Richtungen von der Hauptwurzel ausstrahlen, findet eine allseitige Ausnützung des Nährbodens statt.

14. Eine Wurzel besteht aus weichem Zellgewebe (Parenchym), welches von einem zentralen Gefäßbündelzylinder (Zentralzylinder) durchzogen wird. Der Gefäßbündelzylinder endigt nahe an der Wurzelspitze und verbindet sich nach oben mit den Gefäßbündeln der Sprosse und Blätter. (Taf. 1)

Anatomie der Wurzel

15. Jede Wurzel besitzt an der Spitze ihren Vegetationspunkt, ein embryonales Gewebe, welches die Zellmasse der Wurzel bei ihrem Wachstum vermehrt. Der Vegetationspunkt ist von einer Kappe, der Wurzelhaube, bedeckt, welche einerseits als Schutzorgan der Spitze dient, andererseits bei Landpflanzen durch ihre schlüpfrige Oberfläche das Eindringen der Wurzel in den Boden begünstigt. Das Gewebe der Wurzelhaube stirbt an ihrer Oberfläche ab, wird aber von innen her durch den Vegetationspunkt stetig regeneriert.

Wurzelhaube

16. Eine besondere Wichtigkeit besitzen die Oberflächenzellen der Wurzeln, da dieselben zu dünnen, einige Millimeter langen Schläuchen auswachsen, welche Wurzelhaare genannt werden. Sie haben die Bestimmung, Wasser und lösliche Nährstoffe des Bodens aufzunehmen, und sind also an den Wurzeln die eigentlichen Organe der Nahrungsaufnahme. Mit ihrer ganzen Oberfläche Nahrung aufzunehmen, ist die Wurzel schon deshalb nicht imstande, weil die Oberfläche, wenn sie älter wird, mit einer undurchlässigen Korkhaut bedeckt ist, und daß die Wurzelspitze nicht zur Nahrungsaufnahme dienen kann, ergibt sich aus dem Vorhandensein der Haube. Die Wurzelhaare finden sich nur an jungen Wurzeln, weil alte, namentlich verholzte Wurzeln sich nicht direkt an der Nahrungsaufnahme aus dem Boden beteiligen, sondern die Nährstoffe nur in den Stamm leiten. Auch an jungen Wurzeln bedecken

Wurzelhaare

die Wurzelhaare immer nur eine kurze Strecke hinter der Spitze, sie erscheint dem bloßen Auge daher wie mit weichem Sammet bekleidet. Die Wurzelhaare funktionieren nur einige Tage, sterben dann ab und verschwinden durch Vertrocknen völlig, während die fortwachsende Wurzelspitze wieder neue Wurzelhaare erzeugt. Bei relativ wenigen Pflanzen, z. B. vielen Nadelhölzern, fehlen Wurzelhaare.

Entstehung
der Neben-
wurzeln

17. Da alle Organe aus Vegetationspunkten hervorgehen, so bilden sich auch alle Nebenwurzeln aus Vegetationspunkten in folgender Weise. Dicht hinter dem Vegetationspunkt der Hauptwurzel entstehen endogen, d. h. innerhalb des Wurzelgewebes, neue Vegetationspunkte, welche wahrscheinlich ebenso von dem Hauptvegetationspunkt abstammen, wie die Vegetationspunkte der Seitensprosse von dem der Hauptknospe. Nur ist das bei den Wurzeln schwieriger zu verfolgen. Aus den seitlichen Vegetationspunkten entwickeln sich die Nebenwurzeln. Da die Anlage einer jungen Nebenwurzel anfangs ganz im Gewebe der Hauptwurzel eingeschlossen ist, muß sie daselbe bei ihrem Heranwachsen durchbrechen.

18. Die jüngsten Nebenwurzeln liegen naturgemäß immer der Spitze ihrer Mutterwurzel am nächsten, oder, wie man dies auch ausdrückt, die Wurzeln entstehen in akropetaler Reihenfolge. Die Anlagen der Nebenwurzeln entstehen außerdem gewöhnlich auch in einer bestimmten Ordnung um die Peripherie des zentralen Gefäßbündelstranges herum, so daß sie später zwei, drei, vier oder mehr senkrechte Reihen an der Hauptwurzel bilden. In allen Fällen, wo die Keimwurzel durch Wachstum sich mächtiger in die Länge und Dicke entwickelt als ihre Nebenwurzeln, z. B. bei vielen Bäumen, der Eiche, Buche, Weißtanne u. a., nennt man sie dann Pfahlwurzel. Bei anderen Bäumen, wie auch bei den Monocotylen, fehlt eine solche Pfahlwurzel, weil die Hauptwurzel später von ihren Nebenwurzeln überholt wird und oft ganz verkümmert, z. B. bei der Pappel, Fichte, den Palmen u. a.

Abgeänderte
Wurzel-
formen,
Wurzel-
Metamor-
phosen

19. Nicht immer behalten die Wurzeln die typische Form des zylindrischen Fadens, sondern zeigen bei vielen Pflanzen nach ihrer ersten Ausbildung ein starkes Dickenwachstum, wodurch Formen, wie die rübenförmige und knollenförmige Wurzel entstehen (Rübe, Knollen der Georgine, *Corydalis solida*, Orchideen u. a.). Diese abgeänderten Formen von Wurzeln dienen nicht mehr der Nahrungsaufnahme, sondern sind Speicherräume (Reservestoffbehälter), in welchen sich Nährstoffe (Stärke, Rohrzucker, Inulin, Schleim) im Laufe des Sommers anhäufen, um dort überwintert und im nächsten Frühjahr zur Ernährung der neuen Sprosse und Wurzeln verwendet zu werden. Bleiben solche in größerer Anzahl gebildeten knollenförmigen Wurzeln beim Absterben der oberirdischen Pflanze im Boden liegen, so dienen sie auch der vegetativen Vermehrung der Pflanze (*Ficaria ranunculoides* u. a.). Bei den Bäumen verholzen die älteren Wurzeln und tragen dazu bei, den Stamm im Boden zu befestigen.

Adventiv-
wurzeln

20. Nicht selten entstehen auch Wurzeln nicht an Hauptwurzeln, sondern an anderen Organen, an Stämmen, Stengeln, auf Blattflächen, in den Blattwinkeln. Solche an beliebigen Stellen hervorbrechende Wurzeln nennt man Adventivwurzeln. Sie entstehen zu besonderen Bedürfnissen der betreffenden Pflanze und können eine sehr verschiedene Funktion haben.

Luftwurzeln

21. Von solchen Wurzeln sind diejenigen am wichtigsten, die aus den

oberirdischen Stammteilen, oft hoch über dem Boden, entspringen (Luftwurzeln). Sie dienen dazu, kletternde Sprosse (z. B. beim Efeu) an ihrer senkrechten Unterlage zu befestigen. Diese Luftwurzeln sind also Klammerorgane. Namentlich die tropischen Orchideen, welche als Epiphyten auf Stämmen anderer Pflanzen sich ansiedeln, haben solche Luftwurzeln, mit denen sie sich an ihrer Unterlage festhalten. Oft bilden Epiphyten außer den Klammerwurzeln noch andere Luftwurzeln (z. B. *Ficus*, tropische Aroideen, *Philodendron*, *Monstera*), welche dick oder tauförmig sind, langsam abwärts wachsen und endlich in den Boden eindringen, wo sie sich wie gewöhnliche Wurzeln verzweigen und nun nicht nur zur Befestigung des Stammes beitragen, sondern auch als Ernährungsorgane fungieren. Einige an der zeitweilig überfluteten Meeresküste wachsende Tropenpflanzen (*Pandanus*, die Mangrovebäume) erzeugen am unteren Ende des Stammes schräg abwärts wachsende feste Wurzeln, auf denen dann der Stamm sich wie auf einem Gestell erhebt (Stelzwurzeln). Bei manchen tropischen, in luftarmen Sumpfböden wurzelnden Pflanzen (*Palmen*, *Taxodium distichum*, *Sonneratia*) bildet sich ein Teil der Wurzeln zu Atmungsorganen um. Sie wachsen mit den Spitzen nach oben, also umgekehrt wie normale Wurzeln, treten über den Boden im Umkreis der Stämme hervor und nehmen aus der Luft Sauerstoff auf, welcher dem im Schlamm wachsenden Wurzelsystem zugeführt wird. Bei einigen *Palmen* bilden sich über die Erde emporwachsende Wurzeln zu scharfen Dornen um, welche als Schutz gegen tierische Angriffe dienen. In ungeheurer Menge bilden sich Luftwurzeln auf der Oberfläche von Baumfarntstämmen, sie nehmen die Feuchtigkeit auf und schützen den Stamm vor dem Austrocknen. Am weitesten entfernen sich von der gewöhnlichen Wurzelfunktion die Wurzeln einiger epiphytischen Orchideen (*Angraecum*, *Taeniophyllum*, *Campylocentrum*) und der *Podostemaceen*, welche grün werden und Assimilationsorgane sind. Selten bilden sich Wurzeln vollständig in Sprosse um, z. B. bei der Orchidee *Neottia Nidus avis*. Über die Mycorrhizen vgl. S. 76.

22. Die Wurzeln der Wasserpflanzen besitzen dieselbe Form wie die der Landpflanzen, doch sind sie gewöhnlich unverzweigt, und ihre Anzahl ist geringer. Bei den Wasserpflanzen, welche untergetaucht leben, findet gar keine Verdunstung statt, und dementsprechend ist die große Anzahl wasserzuführender Organe, wie sie die Landpflanzen in ihrem reichen Wurzelsystem besitzen, nicht notwendig. Bei den meisten Wasserpflanzen hat die Wurzel daher eine größere Bedeutung als Haftorgan. Bei manchen Wasserpflanzen fehlen auch Wurzelhaare ganz. Dagegen wandeln manche Wasserpflanzen, z. B. *Jussieua*-Arten, einen Teil ihrer Wurzeln in dicke schwammige Atmungsorgane um.

Wurzeln der
Wasser-
pflanzen

23. Die Wurzeln der phanerogamen Schmarotzerpflanzen (*Saprophyten* und *Parasiten*) sind entweder sehr spärlich vorhanden oder auch zu besonderen Saugorganen (*Haustorien*) umgestaltet, welche zwar meistens mit den typischen Wurzeln keine äußere Ähnlichkeit mehr haben (reduzierte Formen), jedoch mit ihnen darin übereinstimmen, daß sie aus dem Substrat Nahrung aufnehmen.

Wurzeln der
Schmarotzer-
pflanzen

24. Die Wurzelorgane der einfacher gebauten Pflanzen, der Pilze, Algen und Moose, haben ebenfalls mit den vollkommenen Wurzeln der Mono- und

Wurzeln der
Pilze, Algen
und Moose

Dicotyledonen keine Ähnlichkeit im anatomischen Bau. Es sind einfache oder verzweigte Zellfäden, die den Wurzelhaaren ähnlich sind, aber auch in das Substrat eindringen, um Nährstoffe aus demselben aufzunehmen. Eine größere Vollkommenheit besitzen nur die Wurzeln der großen Meeresalgen (Tange), welche nicht bloße Zellfäden, sondern dickere Gewebekörper darstellen, die sich verzweigen und sich als Haftorgane mit großer Festigkeit an Felsen festklammern. Man nennt Organe von noch unvollkommenem Bau rudimentäre Organe.

Wurzellose
Pflanzen

25. Sehen wir überall im Pflanzenreich das Wurzelorgan den einen Pol bilden, so sind um so mehr die seltenen Ausnahmen zu nennen, wo Wurzeln ganz fehlen. Völlig wurzellos sind die Orchideen *Coralliorrhiza innata* und *Epipogon Gmelini*, die tropische Bromeliacee *Tillandsia*, die Utricularien, *Genlisea ornata*, unter den Wasserlinsen *Wolffia arhiza*. Von Farnen fehlen manchen Hymenophyllaceen und *Salvinia natans* die Wurzeln.

Sproß

26. Sproß nennt man denjenigen Teil einer Pflanze, der sich aus dem Sproßvegetationspunkt des Embryo entwickelt. In der Regel wird er oberirdisch oder erhebt sich über sein Substrat, aus dem Keimsproß erwachsende Stämme können aber auch unterirdisch bleiben (Rhizom- und Zwiebelpflanzen). Bei den höheren Pflanzen (Farnen, Phanerogamen) trägt der Sproß meistens chlorophyllhaltige Blätter (Laubblätter), welche die Bildung der organischen Substanz (Zucker oder Stärke) aus Kohlensäure und Wasser besorgen. Außer diesen Ernährungsorganen bildet der Sproß später die Fortpflanzungsorgane, welche niemals an einer Wurzel entstehen.

27. Am Sproß unterscheidet man die Sproßachse und die Seitenorgane (Blätter). (Taf. 1) Die Achse ist meistens radiär gebaut, zylindrisch oder prismatisch, von verschiedenem Durchmesser, Querschnitt usw. Form, Größe, Ansatz der Blätter sind ebenfalls äußerst verschieden.

Sprosse mit
und ohne
Internodien

28. Gewöhnlich erfahren die zwischen zwei Blättern liegenden Sproßteile, welche in der Knospe sehr kurz sind, später eine bedeutende Streckung durch Längenwachstum, wodurch die Blätter mit ihren zugehörigen Achsel sprossen weit auseinander gerückt werden. Die zwischen zwei Blattansätzen (Knoten) liegenden Sproßstrecken nennt man Internodien. Seltener kommt es vor, daß ein einziges Internodium sich zu so bedeutender Länge entwickelt, daß es allein den ganzen Stengel der Pflanze darstellt. Beispiele dafür bieten viele Cyperaceen, z. B. die Papyruspflanze, die Carexarten, Binsen und Juncaceen.

29. Bei anderen Pflanzen ist dagegen das Längenwachstum des Sprosses auch später gering, und die Blätter stehen dann auch am älteren Sproß noch dicht beisammen. Dies ist der Fall bei Pflanzen mit Wurzelrosetten, z. B. bei *Taraxacum*, den Agaven, bei den Echeverien und anderen Crassulaceen, namentlich auch bei vielen Alpenpflanzen, bei denen man keine deutlichen Internodien wahrnimmt. Auch bei manchen stammbildenden Pflanzen, z. B. den Baumfarnen, Palmen, Dracaenen, manchen Crassulaceen, bleiben die Internodien zwischen den Blättern ganz kurz, so daß eine Gipfelkrone entsteht. Die Bildung des Stammes beruht hier darauf, daß bei seinem langsamen Wachstum die Blätter nach und nach abfallen, wodurch eine blattfreie Stammoberfläche entsteht. Zuweilen erscheint aber auch ein gestreckter Sproß ohne

Internodien, weil die Blattbasen mitwachsen, so daß die Sproßachse ganz von den Blättern verdeckt wird, z. B. bei Thuja und anderen Cupressineen mit schuppenförmigen Blättern. Manche Pflanzen, z. B. die Kiefer, die Lärche, die Zeder, besitzen Sprosse mit und ohne Internodien, die man als Lang- und Kurztriebe unterscheidet.

30. Die Stellung der Blätter am Sproß ist auffallend regelmäßig. Die ^{Blattstellung} Blätter stehen entweder zu zwei oder mehreren an einem Knoten (Quirlstellung), oder sie stehen einzeln, und man kann sie dann von unten nach oben durch eine Spirallinie verbinden (Spiralstellung). Bei der Spiralstellung ist der Abstand zweier Blätter am Stengelumfang gleich und kann ausgedrückt werden durch die Beziehung auf den Stengelumfang ($\frac{1}{8}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$ Stellung usw.). Die regelmäßige Stellung der Blätter hat zur Aufstellung von Theorien Veranlassung gegeben, von denen die frühere *Braun-Schimper*sche Blattstellungslehre durch *Hofmeister* und *Schwendeners* mechanische Theorie der Blattstellung verdrängt wurde. Doch bietet die Erklärung noch große Schwierigkeiten.

31. Die Form der Sprosse ist sehr mannigfaltig bei den verschiedenen Pflanzen und vorwiegend durch die besondere Sproßform ist auch die Tracht (der Habitus) der Pflanze bestimmt. Der beblätterte Stamm einer Sonnenrose, der schlingende Stengel des Hopfens, der Palmenstamm mit seiner Blätterkrone, der Grashalm usw. sind entwickelte Sproßformen, welche das verschiedene Aussehen der betreffenden Pflanzen bedingen. Für den erwachsenen oberirdischen Sproß benutzt man auch in der Botanik in manchen Fällen verschiedene Bezeichnungen je nach der Dauer, Konsistenz, Dicke: Stamm, Stengel, Halm, Schaft u. a. Das Aussehen hängt auch mit der Dauer der Pflanzen zusammen. Ein Teil der Pflanzen ist einjährig ☉, d. h. sie brauchen zur vollen Entwicklung von der Keimung bis zur Erzeugung von Früchten mit keimfähigen Samen höchstens ein Jahr. Die zweijährigen Pflanzen ☉ entwickeln im ersten Jahre nur einen meist kurz bleibenden Blattsproß und erst im folgenden Jahre Blüten sprosse und Früchte, worauf sie dann vollständig absterben. Die ausdauernden (perennierenden) Pflanzen ♀ endlich leben viele Jahre lang und bilden entweder nur einmal im Leben Blüten und Früchte, worauf sie absterben (Agave, einige Palmen, z. B. *Corypha umbraculifera*), oder erzeugen meist periodisch (alljährlich) neue Vegetationsorgane und Blüten wie die Bäume und Sträucher. Zuweilen ist im Anfang der Entwicklung der Habitus ein anderer als später, z. B. bei Coniferen, Acacien usw. Man nennt diese Gestaltung Jugendform (*Goebel*).

32. Der Sproß kann sich wie die Wurzel verzweigen, indem er Seitensprosse erzeugt: dadurch entsteht ein Sproßsystem (z. B. eine Baumkrone mit Ästen und Zweigen). Das biologische Ziel dieser Verzweigung ist, die Blattmenge, d. h. die Menge der Ernährungsorgane vermehren und nach möglichst vielen Richtungen dem Lichte entgegenbreiten zu können. Die Verzweigung der Blüten sprosse zielt auf Vermehrung und günstige Orientierung der Blüten. Man kann wesentlich zwei Arten von Verzweigungssystemen unterscheiden. Entweder entsteht die Verzweigung durch Gabelung (Dichotomie) oder durch seitliche Sprossung (Monopodium). Letzterer Fall ist der weitaus verbreitetere. Zwei äußerlich sehr verschiedene Arten von Monopodien kommen dadurch zustande, daß die Seitensprosse an Länge hinter

der Hauptachse zurückbleiben, oder daß jeder Seitenzweig über seine Tragachse hinauswächst. Bei der Tanne, Fichte, Lärche kommt durch solch dauerndes stärkeres Wachstum des Hauptstammes bei schwächerem Wachstum aller Seitenäste die Pyramidenform zustande, während bei den meisten Laubbäumen die Hauptachse ihr Wachstum aufgibt und von mehreren Ästen gleicher Stärke überholt wird, die das Höhenwachstum fortsetzen, während deren Auszweigungen die Kronen in die Breite bauen. Die Strauchform kommt zustande, wenn frühzeitig alle Seitenäste sich in gleicher Stärke wie die Hauptachse entwickeln und kein Seitentrieb den Höhenwuchs übernimmt. Besonders häufig verzweigen sich auch die Blütensprosse; man nennt ein solches Verzweigungssystem der Blütensprosse einen Blütenstand oder Infloreszenz. Beispiele: 1) Ähre, Traube, Blütenkolben, Blütenköpfchen, einfache Dolde, Rispe, zusammengesetzte Dolde (racemöse Blütenstände). — 2) Spirre, cymöse Dolde, Dichasium, Schraubel, Wickel (cymöse Blütenstände).

33. Haupt- und Seitensprosse unterscheiden sich unter anderm durch ihren verschiedenen Geotropismus, indem in der Regel der Hauptsproß unter dem Einfluß der Schwerkraft senkrecht aufwärts wächst, während die Seitensprosse eine horizontale oder zum Horizont geneigte Lage annehmen. Dadurch wird vor allem die Ausbreitung der Blattorgane gegen das Licht unterstützt. Seltener wachsen auch die Hauptsprosse horizontal, wie bei den ober- oder unterirdisch kriechenden Pflanzen.

Jede Sproßachse trägt an ihrer Spitze den mit bloßem Auge nicht sichtbaren, von den jüngsten Blättern umhüllten Vegetationspunkt. Aus ihm gehen alle Blätter des Sprosses hervor und ferner sekundäre Vegetationspunkte, die zu seitlichen Laub- oder Blütensprossen werden können. Aus den Sproßvegetationspunkten entstehen also nicht nur einerlei Organe, wie bei der Wurzel, sondern Blätter, Sprosse und Fortpflanzungsorgane.

Entstehung
der Blätter

34. Die Blätter entstehen als einfache Protuberanzen des Vegetationspunktes; sie durchbrechen also das Gewebe des Sprosses nicht, sondern sind einfache Auswüchse desselben (exogene Entstehung) und besitzen anfangs die Form eines gerundeten Zellhügels. Dieser stellt den Anfang der Blattfläche vor. Erst allmählich schreitet ihr Längenwachstum fort und endlich erfolgt auch die Ausbreitung der Fläche. (Taf. 1) Wo ein Blattstiel entsteht, wird er nachträglich zwischen der jungen Spreite und dem Blattgrunde eingeschoben. Auch die Blätter können sich verzweigen, wodurch die geteilten und gefiederten Blätter entstehen. Bei manchen Pflanzen vorkommende Anhängsel an der Basis der Blätter heißen Nebenblätter (Stipulae). Sie dienen dem Schutz der Knospen und fallen meist später ab.

Entstehung
der Seiten-
sprosse

35. Sobald am Vegetationspunkt ein Blatt gebildet ist, entsteht exogen in dessen Achsel, d. h. in dem Winkel an der Basis des jungen Blattes ein sekundärer Vegetationspunkt, aus dem später ein Seitensproß (Achsel sproß) hervorgeht. Die Seitensprosse werden also gleichzeitig mit den Blättern angelegt, bleiben aber zunächst im Wachstum hinter ihnen zurück. Viel seltener erfolgt die Verzweigung nicht aus der Blattachsel (dorsiventrale Sprosse).

Adventiv-
sprosse

36. Bei einer kleinen Anzahl Pflanzen entstehen außer den normalen Achselsprossen auch an anderen Orten, z. B. auf Blättern und Wurzeln, Sprosse, welche man Adventivsprosse nennt. Sie entstehen meist exogen, wie gewöhnliche Sprosse, nur der Ort ist ein abweichender. Der Schein,

daß alle Adventivsprosse endogen entstünden, wird bei Sträuchern und Bäumen dadurch hervorgerufen, daß manchmal exogene Sproßvegetationspunkte nach ihrer Entstehung von Rindengewebe überwachsen werden und viele Jahre lang als sogenannte schlafende Augen ruhen können, ehe sie aus der alten Rinde hervorbrechen. Aus solchen schlafenden Augen entstehen bei einigen Pflanzen auch Blüten, die dann aus dem Stamm oder älteren Ästen hervorbrechen (Cauliflorie beim Cacaobaum, Brownea).

37. Die Blätter entstehen am Vegetationspunkt in dichter Reihenfolge, und da sie rascher in die Länge wachsen als der Vegetationspunkt selbst, so umhüllen sie denselben; dadurch entsteht die Knospe. Zur Knospenbildung trägt das stärkere Wachstum der jungen Blätter auf ihrer Unterseite bei, wodurch sie konkav werden und den Vegetationspunkt überwölben. Jede Knospe ist also ein von seinen Blättern umgebener Vegetationspunkt, also auch die Winterknospen, welche nur deshalb anders aussehen wie gewöhnliche Knospen, weil ihre äußersten Blätter braune Schuppen sind, die als Schutzhüllen des eingeschlossenen Vegetationspunktes während des Winters fungieren. Die Knospen enthalten entweder nur einen mit Blättern versehenen kurzen Sproß (Coniferen, Linde) oder auch schon Anlagen der Blüten (Kern- und Steinobstbäume, Roßkastanie). Die im Frühling aus den Winterknospen herauskommenden Triebe stecken also schon in der Knospe und wurden im Sommer vorher ausgebildet. Die Stellung der Laubknospen, aus denen Seitensprosse hervorgehen, ist für die Verzweigungsform der Pflanzen von Wichtigkeit. Ferner ist die regelmäßige, bei ausdauernden Pflanzen jährlich wiederkehrende Sproßfolge von großer Bedeutung.

Knospe

38. Wie die Wurzeln bestehen die Sprosse aus parenchymatischem Grundgewebe, welches von fadenförmigen Strängen, Gefäßbündeln oder Fibrovasalsträngen, zuweilen auch außerdem von Sklerenchymsträngen, durchzogen wird, wie sich leicht an Längsschnitten durch saftige Stengel ersehen läßt. Außen bekleidet die Oberhaut den Stengel. Die Gefäßbündel verlaufen in größerer Anzahl ungefähr parallel der Sproßachse nach unten, wobei sie in mannigfacher Weise miteinander verwachsen und sich zu einem zusammenhängenden System verbinden. Unten vereinigen sich die Gefäßbündel des Stengels mit dem Gefäßbündelzylinder der Wurzel. Bei den Monocotyledonen, namentlich den Palmen, durchlaufen die von dicken Sklerenchymcheiden umgebenen Gefäßbündel in sehr großer Anzahl in bogigem Verlaufe das Grundgewebe. Stehen einerseits die Gefäßbündel der Sprosse nach unten mit dem Wurzelstrang in Verbindung, so endigen sie oben in den Blättern, indem sie durch den Blattstiel in das Blatt einbiegen, wo sie sich meistens aufs feinste verzweigen und das Gefäßbündelnetz des Blattes bilden, welches man gewöhnlich die Blattnervatur nennt. Da die Gefäßbündel auch der Wasserleitung dienen, so ist dadurch ermöglicht, daß das von der Wurzel aufgenommene Wasser durch das Gefäßbündelsystem bis in die letzte Spitze jedes Blattes gelangen kann. Wasserpflanzen, besonders solche, welche untergetaucht leben, bei denen also der Transport von Wasser auf weitere Strecken wegfällt, haben nur wenige oder schwache Gefäßbündel. Bei den aufrechten Stengeln, die tragfähig sein sollen und einer Verbiegung durch äußere Einflüsse (Wind) widerstehen müssen, sind durch die Sklerenchymstränge Festigkeitseinrichtungen getroffen. Bisweilen bilden die Sklerenchymbündel isolierte

Anatomie
der Sprosse

im Stengel herablaufende Stränge oder ringförmige Zylinder, oder es entstehen durch Verbindung der Sklerenchymstränge mit den Gefäßbündeln „trägerähnliche“ Anordnungen, wobei die Sklerenchymteile (Stereome) mit den „Gurtungen“, die Gefäßbündel (Messtome) mit den „Füllungen“ eines Trägers der Bautechnik verglichen werden können und in ähnlicher Weise gegen Verbiegungen des Stengels wirksam sind (*Schwendener*). Auch die Blattnerven tragen zur Festigkeit des Blattes bei, indem durch die Spannung zwischen Mesophyll und Nervatur das Blatt flach ausgespannt wird. Der Verlauf der Blattnerven bis zum Rande schützt das Blatt vor dem Einreißen durch Winde.

Holz 39. Bei den Holzpflanzen, also z. B. bei unseren Bäumen, wachsen durch die Tätigkeit des Cambiums die Gefäßbündel mächtig in die Dicke, sie verlieren dann das Aussehen von isolierten Strängen und stellen einen einzigen Körper dar, den man Holz nennt.

Blatt 40. Die Form der Blätter ist sehr verschieden, und sie ist im wesentlichen den ganz verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen der verschiedenen Klimate angepaßt. Es gibt flache, ausgebreitete Blätter und solche, die fast gar keine Fläche besitzen, z. B. Coniferennadeln u. a., ferner fleischige prismatische oder zugespitzte Gestalten (*Agave, Aloë, Mesembryanthemum*). Die Form des flachen Laubblattes ist gewöhnlich die einer dünnen Lamelle, welche meistens durch einen Stiel mit dem Sproß zusammenhängt. Der Blattstiel ist länger oder kürzer, kann auch fehlen. Gewöhnlich läuft ein stärkerer Mittelnerv von der Basis zur Spitze des Blattes, die Blattfläche symmetrisch teilend, nur selten ist die Blattfläche unsymmetrisch (*Begonia*). Die Spitze der Blätter ist namentlich bei Tropenbäumen besonders entwickelt, was den Zweck hat, daß der Regen schneller von der Blattfläche wieder abtropft (*Träufelspitze, Stahl*). Zuweilen, z. B. bei Gramineen, Umbelliferen u. a., bildet der Blattstiel eine den Stengel umfassende flache Verbreiterung, die Blattscheide. Die Form der Blattlamelle (*Blattspreite, Lamina*) ist bekanntlich sehr verschieden bezüglich der Größe, des Umrisses und der Randbildung (*gezähnte, gelappte, gefiederte Blätter usw.*). Auch die Konsistenz der Blätter ist eine sehr verschiedene.

41. Der wichtigste Teil des Blattes ist die Blattspreite, sie stellt gewöhnlich eine dünne, nur einige zehntel Millimeter dicke Lamelle aus chlorophyllhaltigem Parenchym (*Mesophyll*) dar, welches durch die Blattnerven flach ausgespannt wird. Durch diese Einrichtung wird es ermöglicht, daß die Chlorophyllkörner des *Mesophylls* vom Tageslicht genügend beleuchtet werden, denn nur bei intensiver Beleuchtung bilden die Chlorophyllkörner aus Kohlensäure und Wasser Zucker oder Stärke. Die Blattneratur hat also eine zweifache Aufgabe: 1) die Zuführung und Ableitung von Nährstoffen; 2) diejenige, ein festes Gerüst für das dünne chlorophyllhaltige Blattgewebe zu bilden.

42. Das chlorophyllhaltige Blattparenchym ist beiderseits von der Epidermis überzogen, deren dicht aneinander schließende Zellen einen festen Überzug der Blätter bilden. Die Epidermiszellen enthalten in der Regel kein Chlorophyll. Die Epidermis hat den Zweck, die Blätter vor zu starker Verdunstung (vor dem Welken) zu schützen und ist deshalb noch außerdem mit einem mehr oder weniger dicken Überzug von Cutin, einer für Wasser

undurchlässigen Substanz, bedeckt. Zur Regelung des Aus- und Eintrittes von Wasserdampf und Luft ist die Epidermis mit zahlreichen Spaltöffnungen versehen, welche sich öffnen und schließen können. Die Spaltöffnungen sind die Mündungen eines Systems von Luftkanälen (Intercellularräumen), welche zwischen dem Blattparenchym verlaufen. Bei flachen Blättern ist gewöhnlich die Blattoberseite ärmer an Intercellularräumen, weil hier das Chlorophyllparenchym aus prismatischen, parallel angeordneten Zellen (Palisadenparenchym) besteht. Das Parenchym der Blattunterseite besteht dagegen aus kugelförmigen oder unregelmäßig geformten Zellen, welche nicht ohne Zwischenräume aneinander schließen und größere Intercellularräume zwischen sich lassen (Schwammparenchym). Wegen des lockeren Baues der Blattunterseite sieht diese bei den meisten Blättern heller grün aus als die Oberseite. Die Oberfläche der Blätter ist häufig mit Haaren bedeckt, welche die Blätter vor zu starker Verdunstung, gegen zu starkes Sonnenlicht usw. schützen.

43. Die Blätter vieler Pflanzen weichen in ihrer Gestalt von der Form der gewöhnlichen Laubblätter wesentlich ab. Bei zahlreichen Monocotylen finden wir lange schmale Blätter, die nicht horizontal ausgebreitet, sondern senkrecht aufwärts gerichtet sind (Typha, Sparganium u. a.). Bemerkenswert sind die schwertförmigen Blätter der Schwertlilien, welche mit kielförmig gefalteter Basis einander umfassend, auf beiden Seiten gleich (isolateral) gebaut sind. Auch die Blätter unserer Nadelbäume sind nicht flächenförmig verbreitert, sondern nadelförmig (Fichtennadeln). Bei anderen Pflanzenfamilien finden wir gleichfalls nadelförmige oder schmale und kleine Blätter (Ericaceen, Proteaceen). Gewöhnlich sind solche verschmälerten Blätter auch lederartig oder hart (Hartlaub). Es sind das alles Anpassungen an klimatische Verhältnisse. Die Verkleinerung der Blattflächen in Verbindung mit der festen Konsistenz setzt die Verdunstung herab. Die Klein- und Hartblättrigkeit ist ein Ausdruck zeitweilig trockenen Klimas (Mittelmeerländer, Neuholland, Chile, Kap). Ausnahmsweise findet sogar eine vollständige Verkümmern der Blattspreite statt. Dann kann sich der Blattstiel flächenförmig ausbreiten, und es entsteht ein blattähnliches Organ, welches man als Phyllodium bezeichnet (bei neuholländischen Acacien u. a.).

Abweichende Blattformen besitzen ferner viele fleischige Pflanzen, z. B. die Agaven, Aloëarten, Crassulaceen, Mesembryanthemen. Die Blätter dieser Pflanzen sind dicke, fleischige und wasserreiche Körper. Diese Blätter, welche so gut wie die flachen Laubblätter das chlorophyllhaltige Gewebe tragen, übernehmen noch die zweite Funktion, als Wasserspeicher zu dienen, da diese Pflanzen Bewohner sehr trockener, steppenartiger Gebiete sind. Bei den fleischigen Blättern ist nicht die gesamte Blattmasse mit Chlorophyll versehen, wie es den Anschein haben könnte, sondern nur die den Lichtstrahlen zugänglichen Oberflächenschichten der Blätter enthalten Chlorophyll. Das innere Blattgewebe ist farbloses Parenchym und dient als Wasserspeicher.

44. Es kommen noch verschiedene Umbildungen der Blattgestalt vor, wodurch die Blätter befähigt werden, andere als ihre gewöhnlichen Lebensaufgaben (Ernährung und Transpiration) zu übernehmen. Bei Kletterpflanzen werden die Blattspreiten ganz oder zum Teil fadenförmig und stellen dann Ranken dar, mit denen die Pflanzen Stützen umwickeln, um sich festzuhalten.

Metamorphosierte
Blätter

Beispiele bieten die Leguminosen, Erbsen, Wicken usw. In Dornen, also zu Schutz Waffen, wandeln sich bei manchen Pflanzen die ganzen Blätter oder die Nebenblätter um (*Berberis*, *Robinia*, *Acacia*, *Cacteen*), auch die Hochblätter bei *Cnicus benedictus*. Bei den Insektivoren *Nepenthes*, *Sarracenia*, *Darlingtonia*, *Utricularia* bilden sich die Blätter zu kannen-, trichter- oder blasenförmigen Behältern um, zum Zweck des Insektenfanges. Als Schutzorgane fungieren die schuppenförmigen, meist braungefärbten Knospenschuppen (Niederblätter), sowie die vielfach an Blütensprossen auftretenden, oft buntgefärbten Bracteen (Hochblätter).

45. Ausnahmsweise beobachtet man bei Wasserpflanzen, die mit einem Teil ihrer Blätter untergetaucht sind, einen anderen Teil über das Wasser erheben, z. B. bei *Ranunculus aquatilis*, *Sagittaria* u. a., zweierlei ganz verschiedene Blattformen an derselben Pflanze; die untergetauchten Blätter sind schmal oder fadenförmig, die Luftblätter flächenförmig. Doch sind die Blattformen nicht eigentlich vom Medium verursacht, sondern es sind Primärblätter (Jugendformen) der Pflanzen (*Goebel*). Auch einige Landpflanzen zeigen Heterophyllie, d. h. verschiedene Blattformen, einfache und geteilte nebeneinander (*Scabiosa columbaria*, *Broussonetia papyrifera*, *Sassafras officinale*).

Sproß-Meta-
morphosen

46. Man kann es als Regel bezeichnen, daß zum Zwecke der Ernährung der Sproß besondere chlorophyllhaltige Organe (die Blätter) trägt. Es gibt aber Ausnahmen, wo die klimatischen Verhältnisse die Existenz dünner leicht verdunstender Blätter nicht zulassen. Die Blätter fehlen dann auch ganz oder sind zu unscheinbaren Schuppen oder Stacheln reduziert. In diesen Fällen muß das chlorophyllhaltige Gewebe in anderer Weise ausgebreitet werden und befindet sich daher auf der Sproßachse selbst. Beispiele sind die Sprosse der Schachtelhalme, deren eigentliche Blätter kleine gezähnte Scheiden um die Sprosse bilden, dafür sind die Sprosse selbst grün und assimilieren. Ebenso fehlen den fleischigen Sprossen der *Cactus*arten und der ähnlich gestalteten *Euphorbiaceen* die Blätter, und das chlorophyllhaltige Gewebe bildet die Oberflächenschicht auf den Sprossen selbst. In manchen Fällen nehmen derartige blattlose Sprosse aber blattartige Formen an, so daß man sie leicht für wirkliche Blätter hält, z. B. die Sprosse von *Ruscus*, die Sprosse von *Phyllocladus* u. a. Man nennt solche blattähnliche Sproßformen *Cladodien* oder *Phyllocladien*. In den meisten Fällen sind die Sproßformen Ausdruck besonders trockener Standorte.

47. Der Sproß ist somit gewöhnlich zunächst der Träger der chlorophyllhaltigen Organe oder des chlorophyllhaltigen Gewebes und dient der Ernährung. In manchen Fällen dienen jedoch die Sprosse entweder nebenbei oder ausschließlich anderen biologischen Zwecken und besitzen demgemäß eine andere Organisation als die gewöhnlichen Sprosse.

Windende
Sprossen

48. Die Sprosse der Schlingpflanzen, z. B. des Hopfens, der Winden, der Bohne, haben die Eigenschaft, sich um aufrechte Stützen herumzuschlingen, um dadurch eine aufrechte Stellung zu erlangen, welche der schwache Stengel ohne weiteres nicht erreichen kann.

Ranken

Bei einer anderen Kategorie von Kletterpflanzen (den Rankenpflanzen) bilden sich Sprosse zu besonderen Greiforganen (Ranken) um, mit denen die Pflanzen sich festhalten, z. B. bei den *Cucurbitaceen*, dem Wein, *Passi-*

floren. In anderen Fällen sind jedoch die Ranken keine Sprosse, sondern wie oben § 44 gesagt, umgebildete Blätter, z. B. bei den Wicken, der Erbse.

49. Eine andere Umbildung der Sprosse ist diejenige zu Dornen, indem zunächst an solchen Sprossen die Blattbildung unterbleibt, das Ende spitz wird, und der ganze Sproß mit Einschluß des Vegetationspunktes verholzt. Solche Dornen gehen meist aus Achsel sprossen hervor (Ononis, Prunus spinosa, Crataegus, Gleditschia), aus Hauptsprossen bei Rhamnus cathartica, Colletia. Die Dornen sind nicht zu verwechseln mit den physiologisch ganz gleichbedeutenden Stacheln, welche an beliebigen Stellen der Sprosse oder Blätter hervorstechen, z. B. bei den Rosen, Brombeeren u. a. m. Diese Stacheln sind keine metamorphosierten Sprosse, sondern Auswüchse der Epidermis oder der unter der Epidermis liegenden Gewebe. Daß in anderen Fällen die Dornen umgewandelte Blätter sind, wurde schon gesagt. (Analoge Organe)

Dornen

50. Eine Umbildung erfahren die Sprosse mancher Pflanzen, um der vegetativen Vermehrung und gewöhnlich zugleich als Reservestoffbehälter zu dienen. Solche Sproßformen sind die Knollen, Ausläufer, Zwiebeln und Rhizome, die oft fälschlich für Wurzeln gehalten werden, weil sie unterirdisch sind.

Knolle nennt man eine kurzbleibende, verdickte, mehr oder weniger kugelige Sproßachse, welche unterirdisch bleibt und daher eine unterdrückte Blattbildung zeigt. Die Sproßachse ist fleischig ausgebildet, die Blätter bleiben klein und schuppenförmig oder umhüllen die Knolle schalenförmig (Crocus, Colchicum, Corydalis cava), wodurch die Knolle zuweilen zwiebelähnlich aussieht. Ein Durchschnitt läßt sie leicht von der aus Blättern zusammengesetzten Zwiebel unterscheiden. Die Knollen sind Reservestoffbehälter und stecken voller Nährstoffe für die aus ihren Knospen entstehenden oberirdischen Triebe. Mittels der Knollen überwintern mehrjährige Pflanzen oder schützen sich in winterlosen Klimaten vor der periodischen Trockenheit. Doch dienen die Knollen auch der vegetativen Vermehrung, indem, gewöhnlich jährlich, die alte Knolle langsam abstirbt und dabei aus einer Knospe eine neue Knolle sich bildet, ein Vorgang, der wegen der Verschiedenheit bei den Knollenpflanzen großes morphologisches Interesse besitzt. Seltener sind Stammknollen oberirdisch, z. B. beim Kohlrabi und vielen tropischen Orchideen.

Knolle

51. Ausläufer (Stolonen) sind an der Basis aufrechter Sprosse entspringende Seitensprosse mit langen Internodien und reduzierten Blättern, welche, auf oder unter dem Erdboden hinkriechend, sich bewurzeln und dann aufrechte Laubsprosse erzeugen (Erdbeere, Ajuga und Potentilla reptans, Adoxa moschatellina usw.).

Ausläufer

52. Unterirdische Ausläufer schwellen bei einer Anzahl Pflanzen an ihrem Ende zu einer fleischigen Knolle an, z. B. bei der Kartoffel, bei Helianthus tuberosus usw. Die Kartoffelknolle ist das abgeänderte Sproßende, dessen Achse dick und fleischig wird, während die Blätter zu kaum sichtbaren Schuppen reduziert sind. In der Achsel dieser Blätter stehen Achsel sprosse (Augen der Kartoffel), welche im nächsten Sommer als Laubsprosse über den Boden treten und dabei die Stärke, welche in der Knolle angehäuft ist, zur Ernährung benutzen. Die Knollen haben also die physiologische

Bedeutung eines Reservestoffbehälters und Vermehrungsorgans. Der oberirdische Laubspieß ernährt im Laufe des Sommers die von ihm erzeugten neuen Ausläufer mit ihren Knollen.

Zwiebel

53. Die Zwiebel ist ebenfalls ein als Reservestoffbehälter dienender Spieß, dessen Achse sehr kurz ist, während die Blätter (die Zwiebelschuppen) zu fleischigen Organen umgebildet sind. Im Gewebe der Zwiebelschuppen werden die Reservestoffe (Zucker) aufgespeichert. Innerhalb der Zwiebelschuppen befindet sich der Vegetationspunkt, der anfangs nur Blätter erzeugt, endlich als Blütenspieß über die Erde tritt und dabei die alte Zwiebel entleert, während ein Achselspieß der Zwiebelschuppen sich für das nächste Jahr zur Ersatzzwiebel ausbildet. Oft wachsen mehrere Achselknospen zu neuen Zwiebeln (Brutzwiebeln) unterirdisch heran. Beispiele für diese Zwiebelform sind die Küchenzwiebel *Allium Cepa*, *Hyacinthus*, *Muscari*, *Scilla*, *Tulipa*. Es gibt jedoch auch Zwiebeln, deren Vegetationspunkt dauernd fortwächst und deren Blüten sprosse Achsel sprosse sind, Schneeglöckchen, Narzisse und andere Amaryllideen. In seltenen Fällen sind die Zwiebeln durch Anschwellung eines einzigen Laubblattes gebildet — z. B. bei *Allium ursinum*, *Gagea lutea*. Auch können sich an Rhizomzweigen kleine Zwiebeln entwickeln, z. B. bei *Saxifraga granulata*. Bei einigen Pflanzen werden auch oberirdische Achsel sprosse zu Zwiebeln, welche abgeworfen werden und der Vermehrung dienen. (Brutzwiebeln bei *Dentaria bulbifera* u. a.)

Rhizome

54. Als Rhizome bezeichnet man Sprosse oder Spießsysteme, welche stets unterirdisch fortwachsen, Wurzeln im Boden treiben und nur ihre Laubblätter oder Laub- und Blüten sprosse über die Erde schicken. Beispiele von Pflanzen mit Rhizomen sind der Adlerfarn (*Pteris aquilina*), das Maiglöckchen (*Convallaria majalis*), die Schwertlilien (*Iris*), der Kalmus (*Acorus Calamus*), Gräser u. a. Die Rhizome dienen wie Zwiebeln und Knollen auch als Reservestoffbehälter. Die Form und Verzweigung der Rhizome sind verschieden, manche sind ganz kurz und knollenförmig (*Arum*), andere sehr lang (*Carex*, *Nymphaea*, *Typha*), und ihre Dicke wechselt. Bemerkenswert ist das gekammerte Rhizom des Wasserschieflings (*Cicuta virosa*). Die Rhizome entstehen aus dem Keimspieß und wachsen meist in horizontaler Richtung weiter. Das Wachstum ist langsam, und es dauert bei manchen Pflanzen viele Jahre, bis sie ihre ersten Blätter oberirdisch entfalten (*Anemone nemorosa*). Die Rhizome sterben langsam am hinteren Ende ab. Bei *Paris quadrifolia* findet man an der unterirdischen Achse ca. 5—10 Jahrgänge, bei *Arum maculatum* ist nur eine Jahresproduktion des Rhizoms erhalten. Bei *Veratrum album* sind zur Blütezeit 10—16 Jahrgänge vorhanden, deren jeder 0,5 cm lang ist, aber ca. die Hälfte der Hauptachse ist schon verwest. Auf diese Weise wandern horizontal wachsende Rhizome im Boden weiter und vergrößern das Areal der Pflanze.

Im gewöhnlichen Leben werden die Rhizome wohl für Wurzeln gehalten, weil sie unterirdisch sind und häufig kein Chlorophyll besitzen. Daß die Rhizome Sprosse sind, geht daraus hervor, daß sie Blätter bilden (eine Wurzel bildet niemals Blätter), von denen diejenigen, welche unterirdisch bleiben, zu Schuppen reduziert sind, während die über dem Boden erscheinenden sich zu normalen Assimilationsorganen ausbilden.

Sprosse der Parasiten

55. Die Sprosse der chlorophyllfreien phanerogamen Schmarotzerpflanzen