LEHRBUCH DER BIOLOGIE

BOTANIK

NEUNTES SCHULJAHR

LEHRBUCH DER BIOLOGIE

FÜR DAS 9. SCHULJAHR

BOTANIK

Mit 251 Abbildungen im Text

VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1953

Verfasser des ersten und des zweiten Teiles:

Dr. Horst Drawert und Willy Matthes

des dritten Teiles: Willy Matthes

Bestell-Nr. 6021 4,20 DM · 3., durchgesehene Auflage · 136.–185. Tausend
Lizenz Nr. 203 · 1000/53-AIb-6/53
Textkarten: Gen. d. MdI der DDR Nr. 774
Satz: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)
Druck: VEB Optima, Aschersleben

INHALT

ERSTER TEIL: **Bau und Lebenstätigkeiten der Pflanze** 7

A. Die Pflanzenzelle 7

I. Bau der Zelle 7

II. Osmotische Vorgänge in der Zelle 9

B. Das Wachstum der Pflanze 11

I. Wachstum der Zelle 11

II. Bildung und Wachstum der Gewebe 14

a) Zellfaden 15
b) Bildungsgewebe 15
c) Grundgewebe 16
d) Hautgewebe 16
e) Stütz- und Festigungsgewebe 18
f) Leitgewebe 20

III. Bildung und Wachstum der Organe 22

a) Wurzel 23
b) Stengel 25
c) Blatt 30
d) Umbildungen (Metamorphosen) 32
e) Zusammenwirken der Organe 37
f) Lebensdauer der Pflanze 38

C. Der Wasserhaushalt der Pflanze 39

I. Wasseraufnahme 39

II. Wasserabgabe 39

III. Leitung des Wassers 41

D. Die Bewegungen der Pflanze 43

I. Reizbewegungen 43

a) Mechanik der Bewegungen 43
b) Arten der Bewegungen 45

II. Hygroskopische Bewegungen 49

E. Der Stoffwechsel der Pflanze 50

I. Baustoffe, Betriebsstoffe, Wirkstoffe 50

II. Baustoffwechsel 50
a) Nährstoffe der Pflanze 50
b) Die Luft als Nährstoffquelle 52
c) Der Boden als Nährstoffquelle 55
d) Bedeutung der Nährsalze 56
III. Betriebsstoffwechsel 56
a) Atmung 56
b) Gärung 58
IV. Besondere Formen des Stoffwechsels 59
V. Kreislauf des Kohlenstoffs 63
F. Fortpflanzung und Entwicklung der Pflanze 64
I. Keimbildung 64
II. Fortpflanzungsverhältnisse der niederen Pflanzen 66
III. Übergang zu den Samenpflanzen 67
IV. Generationswechsel 71

ZWEITER TEIL: **Überblick über das Pflanzenreich** 74
A. Richtlinien der systematischen Gliederung 74
B. Gliederung des Pflanzenreiches 76
I. Spaltpflanzen *(Schizophyta)* 76
a) Bakterien *(Schizomycota)* 76
b) Blau- oder Spaltalgen *(Cyanophyceae)* 78
II. Lagerpflanzen *(Thallophyta)* 79
a) Algen *(Algae)* 79
b) Schleimpilze *(Myxomycota)* 89
c) Pilze *(Mycophyta)* 90
d) Flechten *(Lichenomycota)* 102
III. Moospflanzen *(Bryophyta)* 103
a) Lebermoose *(Hepaticopsida)* 104
b) Laubmoose *(Bryopsida)* 105
IV. Farnpflanzen *(Pteridophyta)* 108
a) Farne *(Pteropsida)* 108
b) Schachtelhalme *(Sphenopsida)* 111
c) Bärlappgewächse *(Lycopsida)* 113
V. Samenpflanzen *(Spermatophyta)* 113
a) Nacktsamige Pflanzen *(Gymnospermophytina)* 113
b) Bedecktsamige Pflanzen *(Angiospermophytina)* 115
Zweikeimblättrige Pflanzen *(Dicotyledonopsida)* 116
Einkeimblättrige Pflanzen *(Monocotyledonopsida)* 139
C. Paläobotanik 149
D. Pflanzengeographie 152

DRITTER TEIL: **Pflanze und Umwelt** 156

A. Pflanze und Boden 156

I. Bestandteile des Bodens 156
II. Bodenorganismen 160
III. Pflege des Bodens 163
a) Bodenbearbeitung 163
b) Düngung 164
c) Fruchtwechsel und Brache 165

B. Pflanze und Klima 168

I. Licht 168
II. Temperatur 170
III. Wasser 170
IV. Wind 172

C. Pflanze und andere Organismen 174

I. Pflanze und Pflanze — Pflanze und Tier 174
II. Pflanzengesellschaften 176
III. Die Stellung der Pflanze in der Natur 181

D. Pflanze und Mensch 183

I. Kulturlandschaften und Kulturpflanzen 183
a) Entstehung der Kulturlandschaften 183
b) Entwicklung der Land- und Forstwirtschaft 185
c) Herkunft der Kulturpflanzen 192
d) Schutz der Kulturpflanzen 194

II. Pflanzen als Nahrung und Rohstoff 197
a) Die Pflanze in der menschlichen Ernährung 197
b) Futterpflanzen 210
c) Pflanzliche Rohstoffe 212

III. Pflanzenzüchtung 215
a) Grundlagen und Ziele 215
b) Wege der Züchtung 216

ANHANG: **Aus der Geschichte der Botanik** 221

Sach- und Namenregister 223

ABBILDUNGEN

Kurt Herschel

Weitere Abbildungen:

LBH/BBG Leipzig, VEB (Abb. 238a, b, c, d u. e); Bauernbild, Berlin (Abb. 238h); nach Frey-Wyßling, aus Ber. Schweiz. Bot. Gesellschaft, Bd. 59, 1949 (Abb. 13); W. Heidenreuter, Leipzig (Abb. 209, 251); Pressefoto Krüger, Halle/Saale (Abb. 238f); Zentralbild, Berlin (Abb. 239).

AUFGABEN DER BOTANIK

Die Botanik ist ein Teilgebiet der Biologie, der Lehre von den Lebewesen. Sie ist die Wissenschaft von den **Pflanzen.** Sie untersucht den Bau der Pflanzen **(Pflanzenmorphologie),** und zwar der äußeren Gestalt **(Organographie)** und der inneren Struktur **(Pflanzenanatomie).** Die Anatomie umfaßt die Gewebslehre **(Histologie)** und die Zellenlehre **(Cytologie).** Die **Physiologie** erforscht die Lebensvorgänge in den Pflanzen und die **Ökologie** ihre Beziehungen zur Umwelt. Das Studium der fossilen Pflanzen im Ablauf der Erdgeschichte bezeichnet man als **Paläobotanik.**

Die **Phylogenie** ist die Lehre von der natürlichen Verwandtschaft der Pflanzen, aus der das natürliche System der Pflanzen durch die **Taxonomie** oder **Systematik** entwickelt wird. Die Verbreitung der Pflanzen auf der Erde studiert die **Pflanzengeographie.** Die **Pflanzensoziologie** untersucht die Entwicklung und die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft. Darüber hinaus stellt die Botanik ihre wissenschaftlichen Ergebnisse in den Dienst der menschlichen Gesellschaft und bringt sie in der Land- und Forstwirtschaft, in der Gärtnerei, in der Gärungsindustrie und in der Medizin zur praktischen Anwendung.

ERSTER TEIL: **Bau und Lebenstätigkeiten der Pflanze**

A. DIE PFLANZENZELLE

Der Engländer *Robert Hooke* entdeckte im Jahre 1667 mit dem damals noch sehr primitiven Mikroskop, daß Flaschenkork und andere pflanzliche Gewebe sich aus kleinen Kämmerchen zusammensetzen (Abb. 1). Er nannte diese Kammern *Zellen*. Aber erst rund 170 Jahre später, im Jahre 1838, erkannte der Jenaer Botaniker *Schleiden*, daß die Zelle der Grundbaustein aller Gewächse ist. Damit wurde er der Begründer der heute allgemein anerkannten Zellenlehre. *Jeder Pflanzenkörper besteht in allen seinen Teilen aus Zellen.*

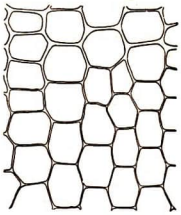


Abb. 1. Korkzellen. Vergr. 150

I. Bau der Zelle

Betrachten wir eine lebende Zelle aus dem Blatt der Wasserpest unter dem Mikroskop, so unterscheiden wir folgende Teile: die *Zellwand*, das *Zellplasma*, den *Zellkern* mit *Kernkörperchen*, die grünen *Chlorophyllkörner* und mit *Zellsaft* gefüllte Räume, die *Vakuolen*. Zellplasma, Zellkern und Chlorophyllkörner sind die lebenden Bestandteile der Zelle und werden unter dem Begriff **Protoplasma** zusammengefaßt (Abb. 2).

Die **Zellwand** grenzt die Zelle nach außen hin ab. Sie ist im wesentlichen aus *Zellstoff (Zellulose)* aufgebaut und dient als Gerüst, das im Zusammenwirken mit dem Zellsaft und dem Zellplasma die Festigkeit der Zelle bedingt. Die tote Zellwand umschließt das lebende **Zellplasma,** das vorwiegend aus Eiweiß und Eiweißverbindungen besteht. In manchen Zellen ist es in lebhafter Bewegung, rotiert an der Zellwand entlang oder durchzieht in vielen, sich dauernd verändernden Strängen den Zellraum. Das Zellplasma ist demnach in seiner Hauptmasse flüssig, nur an der Grenze zur Zellwand und zur Vakuole ist es zäher. In das Zellplasma

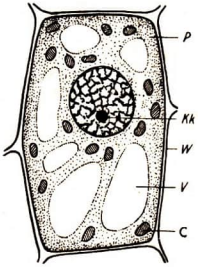


Abb. 2. Bau einer Pflanzenzelle. *C* Chlorophyllkörner, *Kk* Kernkörperchen im Zellkern, *P* Plasma, *V* Zellsaftraum (Vakuole), *W* Zellwand

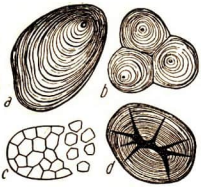


Abb. 3. Stärkekörner.
a und *b* Kartoffelstärke, *c* Haferstärke, in Einzelkörner zerfallend, *d* Bohnenstärke. Vergr. 500

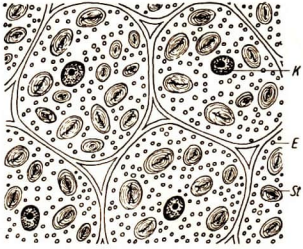


Abb. 5. Zellen aus dem Keimblatt der Erbse.
E Eiweißkörner, *K* Zellkern, *St* Stärkekörner. Vergr. 400

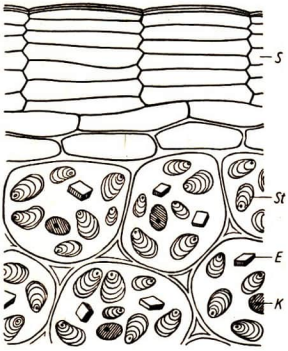


Abb. 4. Schnitt durch den Rand einer Kartoffel.
E Eiweißkristalle, *K* Zellkern, *S* Kartoffelschale aus Korkgewebe, *St* Stärkekörner. Vergr. 300

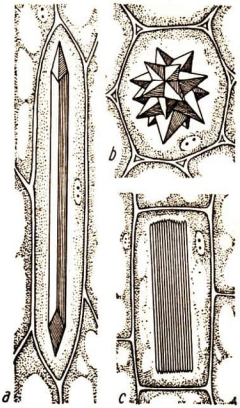


Abb. 6. Kristalleinschlüsse von kleesaurem Calcium.
a Einzelkristall aus dem Blatt der Schwertlilie, *b* Kristalldruse aus dem Blattstiel der Roßkastanie, *c* Bündel von Kristallnadeln aus dem Blatt des Aronstabes. Vergr. 400

eingebettet liegen der **Zellkern** und die Träger des grünen Blattfarbstoffes, die **Chloroplasten.** Bei den meisten Pflanzen haben die Chloroplasten linsenförmige Gestalt (Chlorophyllkörner), sie kommen aber auch als schraubig gewundene Bänder (Schraubenalge, s. S. 84) oder in gelappten und becherartigen Formen vor. In den Zellen vieler gelber Blumenblätter, wie bei Stiefmütterchen und Sonnenblume, finden wir dieselben Gebilde, nur sind sie dort gelb gefärbt *(Chromoplasten)*. Diese körnigen Einschlüsse können auch, vor allem in unterirdischen Speicherorganen (Kartoffelknolle), vollständig farblos sein *(Leukoplasten)*.

Die **Vakuolen** enthalten den Zellsaft, eine Lösung von Eiweißverbindungen, Zuckern, Salzen, Säuren und anderen Bestandteilen. Besonders bei Blumenblättern ist er häufig blau, rot oder violett gefärbt (Kornblume, Rose, Stiefmütterchen). Durch das Vorhandensein von Zellsafträumen und Zellwänden unterscheiden sich die pflanzlichen von den tierischen Zellen. Manche Zellen enthalten noch weitere Bestandteile. Am häufigsten finden sich **Stärkekörner** in verschiedener Form und Größe. Sie sind häufig in Früchten und Samen aufgespeichert und dienen als Reservestoff für den jungen Keimling (Abb. 3, 4). Als weiterer Reservestoff sind oft **Eiweißkörner** vorhanden (Abb. 5). Bisweilen zeigen sich, besonders in Samen und Früchten, **Fette** und **Öle** als stark lichtbrechende Tröpfchen. Bei einigen Pflanzen liegen in den Vakuolen **Kristalle** in Form von vielspitzigen Drusen, Bündeln feiner Nadeln oder in anderer Gestalt (Abb. 6).

II. Osmotische Vorgänge in der Zelle

Die Festigkeit der Zelle beruht auf dem Zusammenwirken von Zellwand, Zellplasma und Zellsaft.

Um dies zu verstehen, müssen wir einige Eigenschaften von Lösungen kennenlernen. Schichten wir in einem Glas über konzentrierten Himbeersaft reines Wasser und lassen das Ganze ruhig stehen, so beginnt sich das Wasser vom Himbeersaft aus zu färben (Abb. 7). Zugleich wird der Himbeersaft heller, und schließlich ist die gesamte Flüssigkeit gleichmäßig rot gefärbt. Wir sagen, der Himbeersaft diffundiert in das Wasser, und bezeichnen den Vorgang als **Diffusion.** Kosten wir diese Flüssigkeit, so schmeckt sie überall gleich süß. Es ist demnach nicht nur der Farbstoff, sondern auch der Zukker in das Wasser diffundiert. Beide Flüssigkeiten haben sich vollständig miteinander vermischt.

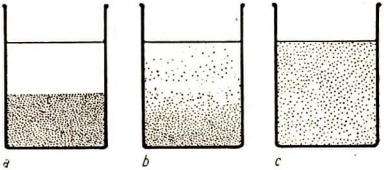


Abb. 7. Diffusion.
a Wasser, auf Himbeersaft geschichtet, *b*, *c* Stadien der Mischung

Derselbe Vorgang findet statt, wenn wir Himbeersaft und Wasser durch eine poröse Scheidewand, z. B. eine unglasierte Tonscheibe, voneinander trennen (Abb. 8b). Die Poren dieser Trennungswand sind so weit, daß die Wasser-,

Abb. 8. Schematische Darstellung der Osmose. Wasser und zuckerhaltiger Himbeersaft, durch eine Wand getrennt.
a Ausgangsstadium, *b*, *c* Endstadium, bei *b* Wand durchlässig, bei *c* Wand halbdurchlässig

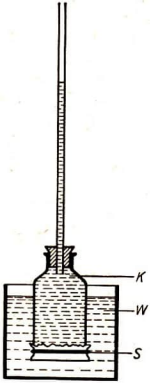


Abb. 9. Osmotische Zelle.
K Kochsalzlösung,
S Schweinsblase,
W Wasser

Farbstoff- und Zuckerteilchen ungehindert hindurchtreten können; die Wand ist also für alle diese Teilchen gleich gut durchlässig. Schieben wir aber zwischen Himbeersaft und Wasser eine Membran, z. B. ein Stück Schweinsblase, die wohl die Wasserteilchen, jedoch nicht oder nur sehr schwer die größeren Farbstoff- und Zuckerteilchen durchläßt, so zeigt sich ein ganz anderes Ergebnis: das Wasser dringt rascher durch die Membran als die Farbstoff- und Zuckerteilchen des Himbeersaftes. Derartige Membranen bezeichnen wir als *halbdurchlässig*. Der Vorgang heißt **Osmose** (Abb. 8c), er beruht auf dem Verdünnungsbestreben einer Lösung. Die Osmose hat zur Folge, daß sich die Flüssigkeitsmenge auf der einen Seite des Versuchsgefäßes vermehrt, während sie auf der anderen abnimmt. Dabei entwickelt der zuckerhaltige Himbeersaft eine *Saugkraft*, die wir als *osmotischen Druck* bezeichnen. Der osmotische Druck ist um so größer, je mehr Zucker der Himbeersaft enthält, je konzentrierter die Lösung ist. Mit Hilfe eines Osmometers läßt sich der osmotische Druck einer Lösung messen (Abb. 9); die Flüssigkeitssäule im Rohr steigt um so höher, je größer der osmotische Druck ist.

Die gleichen osmotischen Vorgänge finden in der *Pflanzenzelle* statt. Dem zuckerhaltigen Himbeersaft entspricht der Zellsaft, der halbdurchlässigen Membran das Plasma an der Grenze zu Zellwand und Vakuole und dem Wasser die außerhalb der Zelle befindliche Flüssigkeit. Im Zellsaft sind viele Stoffe gelöst, für die das Zellplasma undurchlässig oder nur schwer durchlässig ist. Gewöhnlich ist der Zellsaft höher konzentriert als die Außenlösung; er entwickelt eine Saugkraft (osmotischen Druck), mit deren Hilfe die Zelle aus der Umgebung Wasser aufnimmt. Dadurch verdünnt sich der Zellsaft und nimmt an Menge zu, so daß der die Vakuole einschließende Plasmaschlauch gedehnt wird. Diesen Plasmaschlauch können wir mit der Blase eines Fußballs vergleichen, den Zellsaft mit der Luft in der Blase, den osmotischen Druck des Zellsaftes mit dem Druck der angesetzten Luftpumpe. Je mehr Luft in die Blase hineingepumpt wird, desto mehr vergrößert sie sich. Damit die dehnbare Fußballblase nicht platzt, stecken wir sie in eine widerstandsfähige, kaum dehnbare Lederhülle. Dadurch wird die Festigkeit und Formbeständigkeit des Fußballs erhöht. Dasselbe Prinzip finden wir bei der Pflanzenzelle. Dort entspricht der Lederhülle die derbe Zellwand. Der durch die Wasseraufnahme des Zellsaftes sich vergrößernde Plasmaschlauch drückt gegen die Zellwand, die die Ausdehnung begrenzt und ein Platzen verhindert.

Den *Druck des Zellinhaltes* gegen die Zellwand bezeichnen wir als **Turgor.** Wie die Festigkeit beim Fußball auf dem Luftdruck beruht, so sind Festigkeit und Formbeständigkeit der pflanzlichen Zelle auf den Turgor zurückzuführen. Gibt die Zelle Wasser ab, dann sinkt ihr Turgor und damit auch ihre Festigkeit:

an heißen, trockenen Tagen werden die Pflanzen welk, weil sie mehr Wasser verdunsten, als sie mit den Wurzeln aufnehmen können. Begießen wir die welken Pflanzen, so nehmen die Zellen wieder Wasser auf, ihr Turgor steigt, sie werden prall; die Pflanzen werden wieder „frisch".

Die osmotische Wirkung der Pflanzenzelle ist nicht nur die Grundlage der Formbeständigkeit der Pflanze, sondern auch vieler Lebensvorgänge in ihr. Mit Hilfe der Osmose nimmt die Pflanze Wasser und andere Stoffe von außen auf und leitet sie im Innern weiter.

B. DAS WACHSTUM DER PFLANZE

Wachstum *ist eine durch die Lebenstätigkeit der Pflanze hervorgerufene bleibende Vergrößerung.* Wenn Erbsen im Wasser quellen, ist dies kein Wachstum; nehmen wir sie aus dem Wasser heraus, so schrumpfen sie wieder zur ursprünglichen Größe zusammen.

Das Wachstum der Pflanze beginnt mit der Keimung der Spore bzw. der befruchteten Eizelle oder des Samens und findet bei den höheren Pflanzen von den Sproß- und Wurzelspitzen sowie vom Kambium (s. S. 27) aus seine Fortsetzung.

I. Wachstum der Zelle

Jede Zelle wächst; sie vermehrt sich durch Teilung. Darauf beruht das Wachstum der ganzen Pflanze.

Die Zellvermehrung beginnt mit der **Zellteilung.** Neue Zellen entstehen meist aus einer Mutterzelle, die sich in zwei Tochterzellen teilt. Bei den kernlosen Bakterien und Blaualgen vollzieht sich die Zellteilung durch einfache Durchschnürung, also durch eine *Spaltung* des Zelleibes (Abb. 100, S. 64); bei allen anderen Pflanzen ist sie mit einer komplizierten Teilung des Zellkernes verbunden.

Die Zellteilung (Abb. 10) beginnt mit der *Kernteilung.* Diese geht in vier Stufen vor sich:

1. Aus dem Plasma des Kernes (a) entstehen lange Fäden (b), die schließlich einige gerade oder gebogene *Chromosomen (Kernschleifen)* bilden (c). Ihre Zahl steht für viele Pflanzenarten fest, z. B. Erbse und Gerste 14, Mohrrübe 18, Mais 20, Bohne 22, Tomate 24.

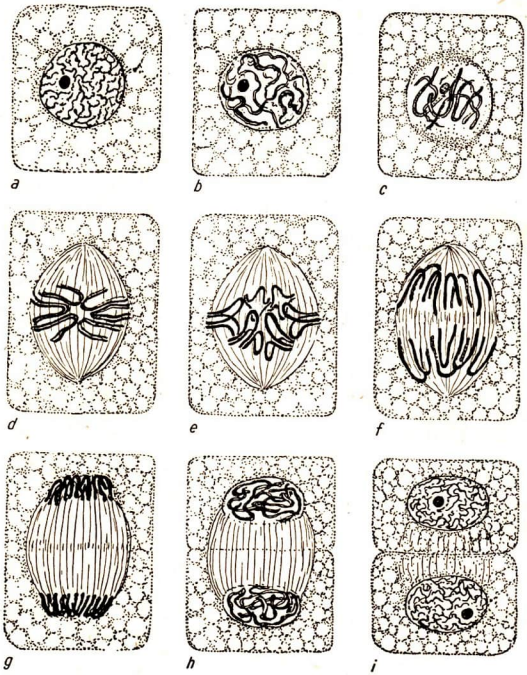


Abb. 10. Zellteilung

2. Die Grenze zwischen Kern und Plasma wird undeutlich und verschwindet, die Kernkörperchen lösen sich auf (c). Zugleich erscheinen feine Protoplasmafäden, die in zwei Polen zusammenlaufen und eine *Kernspindel* bilden (d). Die Chromosomen lassen einen feinen Längsspalt erkennen (c, d). Sie ordnen sich quer zur Spindel in einer Ebene, der *Äquatorialplatte* (d), an.
3. Die Spalthälften trennen sich voneinander (e) und wandern nach den Polen (f, g).
4. Dort bilden sie wieder ein Netzwerk (h, i) und treten zu zwei neuen Zellkernen zusammen (i). Quer durch das Plasma der Zelle entsteht eine neue *Zellwand* (g bis i).

Jede durch Teilung entstandene Tochterzelle ist zunächst halb so groß wie die Mutterzelle. Durch **Plasmawachstum** nimmt ihre Größe zu. Aus den Nährstoffen der Pflanze wird lebendes, für jede Pflanze artspezifisches Protoplasma aufgebaut: die Nährstoffe werden *assimiliert*.

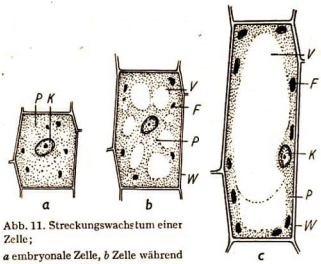


Abb. 11. Streckungswachstum einer Zelle;

a embryonale Zelle, *b* Zelle während des Wachstums, *c* Dauerzelle.

F Farbstoffträger, *K* Zellkern, *P* Plasma, *V* Vakuole, *W* Zellwand. Vergr. 300

Was uns äußerlich als Wachstum der Pflanzen auffällt, ist das **Streckungswachstum** der Zellen. Es beruht im wesentlichen auf einer Wassereinlagerung in die Zelle, wodurch im Protoplasma mit *Zellsaft* gefüllte *Vakuolen* auftreten (Abb. 11). Bei diesem Vorgang werden die Zellwände gedehnt und dann durch ein Flächen- und Dickenwachstum wieder verstärkt. Ein Apfel hat seine Zellteilungen schon beendet, wenn er Haselnußgröße erreicht hat; das weitere Wachstum ist nur Zellstreckung. Die gleiche Erscheinung beobachten wir, wenn sich im Frühjahr die Blütenknospen vieler Bäume in kürzester Zeit entfalten (Kastanie): alle Zellen samt ihrem Plasma sind bereits im vorhergehenden Sommer entstanden und erfahren nun lediglich eine beträchtliche *Volumenvergrößerung* (Abb. 12). Durch Streckungswachstum ist es bedingt, daß nach einem warmen Regen die Pilze so schnell aus dem Boden schießen.

Die *Chlorophyllkörner* entstehen nicht aus dem Zellplasma, sondern vermehren sich selbständig durch Spaltung der schon in der Zelle vorhandenen Blattgrünkörner.

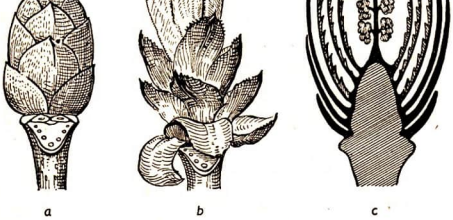


Abb. 12. Laubentfaltung bei der Roßkastanie;

a ruhende Knospe, *b* Entfaltung der Knospe, *c* Knospe im Längsschnitt

II. Bildung und Wachstum der Gewebe

Die einfachsten Pflanzen bestehen aus nur einer Zelle. Bei diesen *Einzellern* trennen sich nach der Zellteilung die beiden Tochterzellen voneinander; jede wird eine neue einzellige Pflanze. *Bei den vielzelligen Pflanzen bleiben die Tochterzellen in einem Verbande zusammen und bilden* **Zellgewebe.** Bei den *höheren Pflanzen* gestalten sie sich darüber hinaus von Zellteilung zu Zellteilung in verschiedener Weise um und erfüllen dann im Leben der Pflanze spezielle Funktionen. Mit der **Differenzierung** der Zellen geht also eine **Arbeitsteilung** einher. Erfolgt bei den Vielzellern die Zellteilung nur nach einer Richtung im Raum, und zwar quer zur Längsachse, so entsteht als einfachste Form ein *Zellfaden;* teilen sich die Zellen nach zwei Richtungen, so erhalten wir eine *Zellfläche,* bei Teilungen nach drei Richtungen einen *Zellkörper.*

Eine Mittelstellung zwischen den Einzellern und dem Zellkörper der Vielzeller nehmen die *koloniebildenden niederen Pflanzen* ein. In einer **Kolonie** hängen die einzelnen Zellen meist nur locker zusammen, jede Zelle behält bis zu einem gewissen Grade ihre Selbständigkeit (Abb. 122, S. 81).

In einem Zellverband bleiben in den Zellwänden, die zwei Zellen voneinander trennen, rundliche oder ovale dünne Stellen ausgespart, die *Tüpfel.* In dicken Zellwänden werden diese Tüpfel als *Tüpfelkanäle* sichtbar (Abb. 23, S. 19). Durch diese dünnen Stellen wird ein Stoffaustausch von Zelle zu Zelle erleichtert. Aus verschiedenen Versuchsergebnissen und Färbungsbildern hatte man geschlossen, daß in dem dünnen Häutchen der Tüpfel, der „Tüpfelschließhaut", kleine Löcher sein müßten, durch die das Plasma zweier benachbarter Zellen miteinander in Verbindung stände, sogenannte *Plasmabrücken.* Wenn die Löcher wirklich vorhanden waren, mußten sie aber so klein sein, daß man sie mit den bisherigen Mikroskopen nicht einwandfrei sehen konnte. Es ist ein glänzendes Ergebnis der modernen Elektronenmikroskopie, in jüngster Zeit diese Löcher nachgewiesen zu haben (Abb. 13). Mit dem Licht-

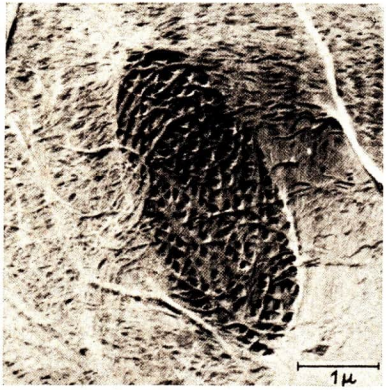


Abb. 13. Elektronenbild einer Tüpfelschließhaut aus dem Bildungsgewebe einer jungen Maiswurzel, das deutlich die Poren für die Plasmabrücken erkennen läßt. Vergrößerung etwa 18000; 1 $\mu = {}^{1}/_{1000}$ mm

mikroskop erhält man bei Vergrößerungen über das 1500fache keine einwandfreien Bilder mehr. Das Elektronenmikroskop ermöglicht aber Vergrößerungen bis zum 100000fachen und mehr, so daß wir noch manche neue Entdeckung erwarten können.

a) Zellfaden

Viele Pilze und Algen bestehen aus Zellfäden. In einem Zellfaden kann sich entweder jede Zelle teilen und so ein Wachsen der Pflanze bewirken (z. B. Schraubenalge, s. S. 84), oder es ist nur die Spitze teilungsfähig, so daß sich der Faden auf Grund eines Spitzenwachstums verlängert (z. B. Pilze). Es findet dann eine Arbeitsteilung zwischen teilungsfähigen jungen und nicht mehr teilungsfähigen alten Zellen statt. Die nicht mehr teilungsfähigen Zellen dienen ausschließlich der Ernährung. Sie können aber bei einem Funktionswechsel, z. B. im Dienste der Fortpflanzung, wieder teilungsfähig werden. Bei manchen Algen und Pilzen unterbleibt nach der Kernteilung die Bildung von Querwänden, so daß ein einzelliger, aber vielkerniger *Schlauch* entsteht (Schlauchalge, Abb. 130, S. 86).

b) Bildungsgewebe

Die *höheren* Pflanzen haben an allen Sproß- und Wurzelspitzen *Wachstums-* oder **Vegetationskegel,** auch *Vegetationspunkte* genannt. Sie bestehen aus vielen gleichförmigen, ganz mit Plasma gefüllten, teilungsfähigen Zellen (Abb. 14). Diesen Zellenkomplex nennt man **Bildungsgewebe** *(Meristem)*. An den Sproßspitzen sind sie durch junge Blätter, an den Wurzelspitzen durch eine Wurzelhaube (s. S. 23) geschützt. Dicht unterhalb des Wachstumskegels beginnt die Sonderung

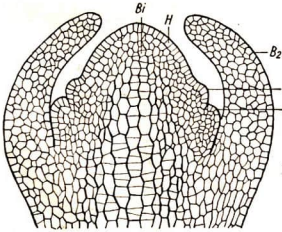


Abb. 14. Vegetationskegel eines Bohnenkeimlings.
B_1 und B_2 Blattanlagen, *Bi* Binnengewebe, *H* Hautgewebe, *Kn* Knospe in einer Blattachsel. Vergr. 300

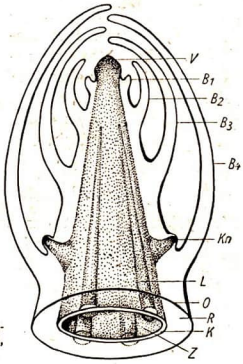


Abb. 15. Sproßspitze einer Samenpflanze.
B_1 bis B_4 Blattanlagen, *K* Kambium, *Kn* Knospe in einer Blattachsel, *L* Leitbündel, *O* Oberhaut, *R* Rinde, *V* Vegetationskegel, *Z* Zentralzylinder

der Gewebe. Dort wölben sich auch in Gestalt kleiner seitlicher Vorsprünge die Anlagen neuer Blätter und in den Blattwinkeln neue Wachstumskegel der zukünftigen Seitensprosse vor. Aber schon in geringer Entfernung vom Gipfel des Wachstumskegels hören die Teilungen auf, und die Zellen strecken und erweitern sich nur noch: das Bildungsgewebe geht in *Dauergewebe* über. Dabei erfahren die Zellen vielerlei Veränderungen.

An verschiedenen Stellen der Pflanze bleibt jedoch auch außerhalb der Vegetationspunkte noch Bildungsgewebe erhalten. So haben die Nadelhölzer und viele zweikeimblättrige Pflanzen eine Zellschicht, die in Form eines Zylinders das innere Gewebe der Sprosse und der Wurzeln umschließt. Diese *Wachstumsschicht,* das **Kambium** (Abb. 15), ermöglicht das nachträgliche *(sekundäre)* Dickenwachstum von Sproß und Wurzel (s. S. 27).

c) Grundgewebe

Zeigen die aus dem Bildungsgewebe hervorgegangenen Zellen keine besondere Differenzierung, so bezeichnen wir solches Gewebe als *Grundgewebe* oder **Parenchym.** Aus ihm besteht die Hauptmasse des Pflanzenkörpers. Während der Entwicklung des Grundgewebes bilden sich in den Zellwänden luftgefüllte Spalträume, die **Interzellularen** (Zwischenzellräume, Abb. 16), besonders dort, wo mehrere Wände zusammenstoßen. Sie durchziehen als Durchlüftungssystem den ganzen Pflanzenkörper. Dabei stehen sie sowohl untereinander als auch durch feine Öffnungen, z. B. in den Blättern, mit der Außenluft in Verbindung und ermöglichen den für die Lebenstätigkeit der Pflanze notwendigen Gasaustausch (s. S. 40).

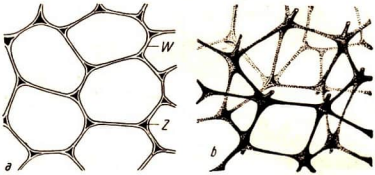


Abb. 16. Parenchymzellen mit Interzellularen; *a* im Querschnitt, *b* Verlauf der Zwischenzellräume um eine Zelle. *W* Zellwand, *Z* Interzellularen

d) Hautgewebe

Die äußerste Schicht des vom Vegetationskegel aus entstehenden Gewebes ist das **Hautgewebe.** Es schließt die Pflanze gegen die Außenwelt ab, schützt die empfindlichen inneren Teile vor Verletzung, vermittelt den Gasaustausch und reguliert die Verdunstung des Wassers (s. S. 40). Jüngere Pflanzenteile und solche von kurzer Lebensdauer haben eine

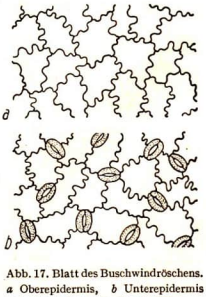


Abb. 17. Blatt des Buschwindröschens. *a* Oberepidermis, *b* Unterepidermis mit Spaltöffnungen. Vergr. 200

meist einschichtige **Oberhaut** oder **Epidermis.** Sie wird von *Spaltöffnungen* durchbrochen, durch die sich der Gasaustausch vollzieht (s. S. 40, 53). Zwei häufig nierenförmige *Schließzellen* liegen so aneinander, daß sie einen Spalt zwischen sich frei lassen. Im Gegensatz zu den meist chlorophyllfreien Epidermiszellen enthalten sie eine große Anzahl von Blattgrünkörnern. Nicht selten sind die Oberhautzellen ineinander verzahnt (Abb. 17), so daß die Epidermis gegen Zerrungen besonders widerstandsfähig ist. Die äußeren Zellwände sind durch eine eingelagerte wachsartige Masse und einen dünnen wachsähnlichen Überzug, *Kutikula* (Abb. 18), verdickt und schützen vor zu starker Verdunstung. Besonders bei manchen Früchten (Äpfel, s. S. 40) und Blättern (Fetthenne) ist diese Wachsschicht gut ausgebildet; sie verhindert zugleich eine Benetzung und Verstopfung der Spaltöffnungen mit Wasser. Auch *Haare* als Ausstülpungen der Oberhautzellen dienen zum Teil als Verdunstungsschutz und bewahren daneben vor Schädigungen durch zu starke Sonnenbestrahlung, vielleicht auch manchmal vor Verletzung durch Tiere (Brennhaare, Drüsenhaare, Abb. 19).

Bei älteren und mehrjährigen Teilen, wie Stengeln, Ästen und Stämmen, finden wir an Stelle der Oberhaut ein vielschichtiges **Korkgewebe** (Abb. 20). Es ist tot und lufthaltig, in ihm ist kein Protoplasma mehr vorhanden. Da sich die Zellen dieses Gewebes lückenlos aneinanderschließen und in die Zellwand wachsartige Korksubstanz eingelagert ist, ist Korkgewebe für

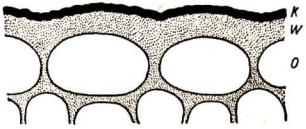


Abb. 18. Querschnitt durch die Oberhaut eines Federnelkenblattes.
K Kutikula, *O* Oberhautzellen, *W* verdickte Außenwand. Vergr. 500

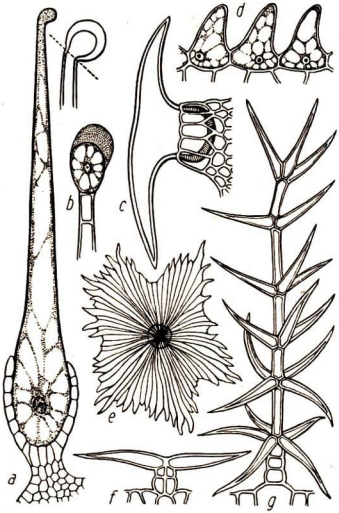


Abb. 19. Haarformen.
a Brennhaar der Brennessel, ---- Abbruchstelle, *b* Drüsenhaar der Pelargonie, *c* Klimmhaar des Hopfens, *d* Samthaare des Stiefmütterchens, *e* Haar des Sanddorns in Aufsicht, *f* im Querschnitt, *g* Haar der Königskerze. Vergr. 100

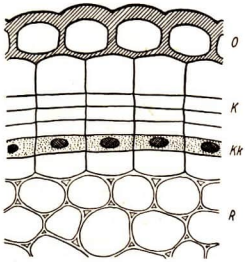


Abb. 20. Querschnitt durch einen einjährigen Holunderzweig, Rinde mit Korkbildung.

K Korkgewebe, *Kk* Korkkambium, *O* Oberhaut, *R* Kollenchym der Rinde. Vergr. 300

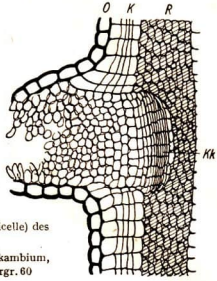


Abb. 21. Korkpore (Lenticelle) des Holunders.

K Korkgewebe, *Kk* Korkkambium, *O* Oberhaut, *R* Rinde. Vergr. 60

Wasser schwer durchlässig, leitet die Wärme schlecht und mildert schroffen Temperaturwechsel. *Poren*, die den Kork durchbrechen, sogenannte Lenticellen, ermöglichen dennoch einen gewissen Gasaustausch. An nicht zu alten Zweigen der meisten Hölzer sind sie als warzenartige oder strichförmige Höckerchen gut zu erkennen (Abb. 21).

Durch ein besonderes Bildungsgewebe (*Korkkambium*, Abb. 20, 21) kann sich der Kork ständig verdicken (Korkeiche). Die von Korkgewebe durchsetzten, abgetrennten und deshalb abgestorbenen Teile der Rinde älterer Baumstämme bezeichnen wir als **Borke.** Beim Dickenwachstum der Stämme (s. S. 27) wird dieser Teil der Rinde stark gedehnt, reißt ein (Eiche, Ulme) und wird abgestoßen, entweder in Schuppenform (Schuppenborke: Kiefer, Platane oder in Bändern (Ringelborke: Kirsche, Birke).

e) Stütz- und Festigungsgewebe

Jede Pflanze und jeder Pflanzenteil besitzen eine gewisse Festigkeit. Der Stamm ist z. B. *tragfest*, der Halm *biegungsfest*, die Wurzel *zugfest*, das Blatt *reißfest;* Nüsse und Kerne von Steinobst sind *druckfest*. Die Festigkeit der krautigen Pflanzen hängt vorwiegend von der durch den osmotischen Druck im Zellinnern verursachten Wandspannung (Turgor) ab (s. S. 10). Bei größeren Landpflanzen hat sich außerdem mit fortschreitender Arbeitsteilung ein Teil des Binnengewebes in **Festigungsgewebe** umgewandelt. Die Wände der Zellen sind verdickt, die Formen der Zellen haben sich der jeweiligen Beanspruchung angepaßt. Man unterscheidet:

1. **Kollenchymzellen:** Nur einzelne Zellwände einer Zelle sind verdickt *(Plattenkollenchym)*, oder alle Zellwände sind nur an den Kanten verstärkt *(Kantenkollenchym)*, der Zellinhalt bleibt lebend (in jungen, noch wachsenden Pflanzenteilen, Abb. 22, 25b).

2. **Sklerenchymzellen:** Alle Zellwände einer Zelle sind in ihrer ganzen Fläche verdickt, der Zellinhalt stirbt ab (Abb. 25a).
   a) Die Zellen sind mehr oder weniger kubisch: *Steinzellen* (harte Fruchtschalen, Abb. 23).
   b) Die Zellen sind langgestreckt: *Sklerenchymfasern* (Bastfasern, Holzfasern, Abb. 24).

Kleine, unverdickt bleibende, rundliche Stellen *(Tüpfel* oder *Tüpfelkanäle,* Abb. 23*)* ermöglichen auch durch diese stark verdickten Zellwände eine Stoffwanderung.

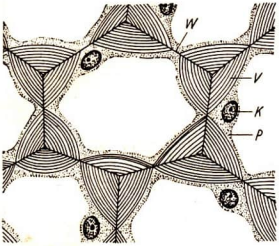


Abb. 22. Kantenkollenchymzellen vom Kürbisstengel. *K* Zellkern, *P* Plasma, *V* Zellwandverdickung, *W* primäre Zellwand. Vergr. 800

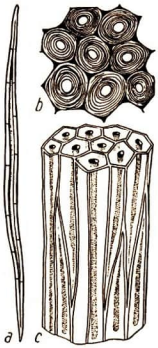
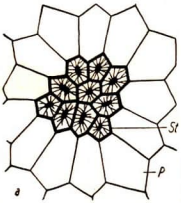


Abb. 24. Sklerenchymfasern vom Lein; *a* einzelne Faser, Vergr. 100, *b* Querschnitt durch ein Faserbündel, Vergr. 400, *c* Verzahnung der Fasern



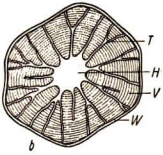


Abb. 23. Steinzellen aus dem Fruchtfleisch der Birne. *a* Gruppe von Steinzellen, Vergr. 100, *b* einzelne Steinzelle, Vergr. 500
H Hohlraum der Zelle, *P* Parenchymzellen, *St* Steinzellen, *T* Tüpfelkanäle, *V* Zellwandverdickungen, *W* Zellwand

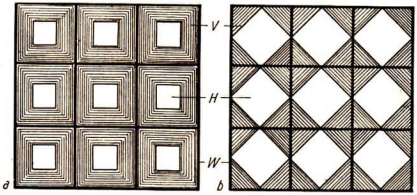


Abb. 25. Zellwandverdickung bei *a* Sklerenchym und *b* Kantenkollenchym.
H Hohlraum der Zelle, *V* Zellwandverdickungen, *W* primäre Zellwand

Die Zellen des Festigungsgewebes bilden das **Skelett** der Pflanze. Die größte Bedeutung haben die **Bast-** und **Holzfasern** (s. S. 213). Die Zugfestigkeit mancher Bastfasern ist außerordentlich groß. Die höchste Belastung, die von ihnen ertragen wird, beträgt für 1 mm² Querschnitt 15 bis 20 kg (Schmiedeeisen 13, Stahl 25 kg). Die Bastfasern sind den Metallen durch ihre Elastizität stark überlegen: 1000 Längeneinheiten lassen sich um 4 bis 15 Einheiten verlängern, Drähte aus Schmiedeeisen nur um 0,67, aus Kupfer um 1,00, aus Stahl um 1,20 Einheiten.
Für die technische Verwendung ist die Länge der Bastfaserzellen wesentlich. Im allgemeinen sind sie 1 bis 2 mm lang, erreichen aber beim Hanf 5 bis 55 mm, beim Lein 4 bis 68 mm, bei der Waldbrennessel 77 mm und bei der chinesischen Ramiefaser 220 mm.

f) Leitgewebe

Aus dem Binnengewebe geht noch eine Gewebeart hervor, die der Stoffbewegung innerhalb der Pflanze dient. Bei Algen, Pilzen, Flechten und vielen Moosen vollzieht sich der Stoffaustausch von Zelle zu Zelle. Bei höherentwickelten Pflanzen bildet sich im Laufe des Wachstums ein besonderes **Leitgewebe.**
Die Leitung der Stoffe geht um so schneller vor sich, je länger die leitenden Zellen in der Richtung der Stoffwanderung gestreckt sind und je weniger Querwände in der Wanderbahn liegen. Höhere Pflanzen besitzen dazu Röhren, die wir als **Gefäße (Tracheen)** bezeichnen. Sie entstehen, indem hintereinanderliegende Binnengewebszellen sich stark strecken und erweitern und ihre Querwände aufgelöst werden. Die Gefäße haben keinen lebenden Inhalt mehr. Sie sind durchschnittlich gegen 10 cm lang, erreichen bei der Eiche 2 m, bei tropischen Lianen sogar 5 m Länge mit einer lichten Weite von 0,7 mm. Ihre Wände sind

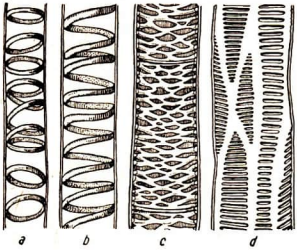


Abb. 26. Zellwandverdickung in Gefäßen.
Stücke aus einem *a* Ring-, *b* Schrauben-, *c* Netz-, *d* Treppengefäß. Vergr. 250

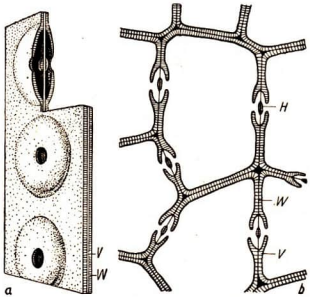


Abb. 27. Hoftüpfel aus dem Holz der Kiefer.
a einzelner Hoftüpfel, Vergr. 1500, *b* Querschnitt durch Tracheiden, Vergr. 500
H Hoftüpfel, *V* Zellwandverdickungen, *W* primäre Zellwand

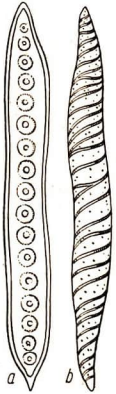


Abb. 28. Tracheiden.
a aus Nadelholz mit Hoftüpfeln, *b* aus Lindenholz mit Schraubenverdickung. Vergr. 200

mit verholzten Ringen, Schrauben oder einem Netzwerk ausgekleidet und dadurch versteift (Abb. 26). Zwischen diesen Verdickungen bleiben die Wände dünn, so daß ein Stoffaustausch von den Gefäßen zu den Nachbarzellen stattfinden kann. Manche Gefäße haben *Hoftüpfel*. Bei ihnen wölbt sich die Verdickungsschicht der Zellwand um den Tüpfel uhrglasförmig auf und umgibt ihn wie ein Hof; in der Kuppelhöhe ist ein Loch (Abb. 27). Die in der Mitte verdickte Tüpfelhaut kann sich nach beiden Seiten vorwölben und den engen Tüpfelausgang wie ein Klappenventil verschließen. Die große Tüpfelhaut ermöglicht einen Wasser- und Stoffaustausch von Gefäß zu Gefäß.

Entwicklungsgeschichtlich älter sind gefäßähnliche, langgestreckte, sehr spitz zulaufende Einzelzellen, deren Wände meist reichlich mit Hoftüpfeln besetzt sind, die **Tracheiden** (Abb. 28). Farnpflanzen und Nacktsamer haben meist noch keine Tracheen, sondern nur Tracheiden. Auch sie enthalten kein Plasma mehr.

In den Gefäßen und Tracheiden steigt der Strom des Wassers mit den darin gelösten Nährsalzen von *unten nach oben*, von den Wurzeln zu den Blättern. Die Pflanze hat auch besondere Leitungsbahnen für die in den Blättern gebildeten Stoffe, die **Siebröhren** (Abb. 29), in denen sich der Saftstrom meist von *oben nach unten*, also in umgekehrter Richtung, bewegt. Sie sind langgestreckte Zellen mit lebendem Protoplasma, deren Querwände siebartig von vielen Poren durchsetzt sind. Die Siebröhren werden stets von plasmareichen kleinen *Geleitzellen* begleitet.

Diese leitenden Bestandteile der Pflanze bilden gemeinsam die **Leitbündel** (s. S. 26), in denen Gefäße und Siebröhren als getrennte Stränge verlaufen. Im *Sieb-* oder *Bastteil* verlaufen die Siebröhren, im *Holzteil* die Gefäße. Der Holzteil wird so genannt, weil die Zellwände der Tracheen und Tra-

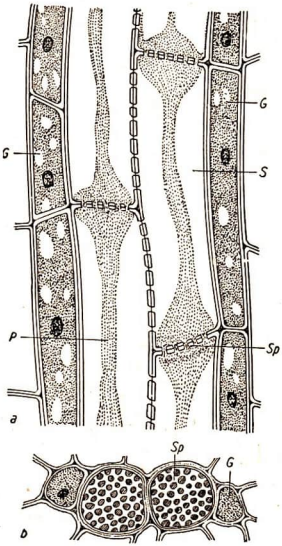


Abb. 29. Siebröhren im Kürbisstengel.
a Längs-, *b* Querschnitt. *G* Geleitzellen, *P* Plasma, *S* Siebröhren, *Sp* Siebplatte. Vergr. 300

cheiden infolge Einlagerung von Ligninen mit bestimmten chemischen Stoffen die Holzreaktion geben (Rotfärbung mit Phloroglucin und Salzsäure), und weil er bei Bäumen und Sträuchern in den Holzkörper übergeht (s. S. 28). Der Holzteil der Leitbündel dient neben der Leitung des Wassers auch der Festigung des Pflanzenkörpers.

Manche Pflanzen haben in ihrem Innern mit **Drüsengewebe** ausgekleidete gang- oder röhrenförmige Interzellularräume. In diese sondern die Drüsenzellen Stoffe *(Sekrete)* ab: Harze in den *Harzgängen* unserer Nadelbäume (Abb. 163, S. 114), ätherische Öle in den *Ölgängen* der Doldengewächse (Abb. 177, S. 126). Andere Pflanzen führen die Sekrete im Innern von Zellen oder in Röhren, die aus Zellen hervorgegangen sind. So enthalten die *Milchröhren* der Wolfsmilch- und Mohngewächse und vieler Korbblütler (Salat, Löwenzahn) weißen Milchsaft. Manche Milchsäfte liefern den Kautschuk (s. S. 214).

III. Bildung und Wachstum der Organe

Die Organe der Pflanze dienen der eigenen Erhaltung und der Erhaltung der Art. Während bei den einfachsten Pflanzen beide Funktionen von allen Zellen ausgeübt werden (z. B. Schraubenalge), finden wir bei den höheren Pflanzen eine ausgeprägte Arbeitsteilung: die Selbsterhaltung wird von den *Vegetationsorganen*, die Arterhaltung von den *Fortpflanzungsorganen* geleistet. In der einfachsten Form ist der Körper einzellig (Bakterien und viele Algen). Der nicht oder verhältnismäßig wenig gegliederte Körper der niederen mehrzelligen Pflanzen heißt **Lager** oder **Thallus** (Algen, Pilze, Flechten). Meist ist er ein Zellfaden oder eine Zellfläche, bei den höheren Algen auch schon ein etwas stärker differenzierter Zellkörper. Alle Pflanzen mit einem Thallus nehmen das Wasser mit der ganzen Oberfläche auf; Wurzeln und ausgesprochenes Leitgewebe fehlen ihnen. Einige Algen und die Moose besitzen zur Wasseraufnahme besondere Zellfäden *(Rhizoiden)*, die zugleich Haftorgane sind.

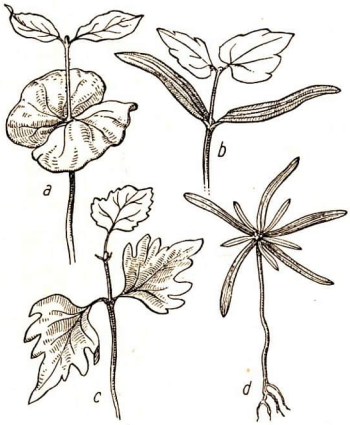


Abb. 30. Junge Keimpflanzen.
a Rotbuche, *b* Ahorn, *c* Linde, *d* Tanne

Sind die Vegetationsorgane der Pflanze in *Wurzel, Stengel* und *Laubblätter* gegliedert – wobei Stengel und Blätter als **Sproß** zusammengefaßt werden –, so sprechen wir von einem **Kormus** (Sproßpflanzen = Kormophyten: Farnpflanzen, Samenpflanzen). Bei den Samenpflanzen zeigt schon der Keimling die Dreiteilung in Keimwurzel, Stengel und Keimblätter (Kotyledonen).

Wachstum und weitere Ausgestaltung der Organe setzen bei den Samenpflanzen mit der **Keimung des Samens** ein. Unter günstigen äußeren Bedingungen beginnt sich der Keimling zu strecken. Das Würzelchen durchbricht die Samenschale und wächst in die Erde. Wenn sich das zwischen Wurzel und Keimblättern liegende Stengelstück stark streckt, werden die Keimblätter aus der Samenschale herausgezogen (Bohne), oft auch mitsamt der Samenschale emporgehoben (Mohrrübe). Bleibt dieses Stengelstück aber kurz, so wächst die Sproßspitze zwischen den von der Samenschale umschlossenen Keimblättern nach oben (Erbse). Oft sind die ersten Blätter anders geformt als die späteren Laubblätter (Abb. 30).

Das weitere Wachstum der Pflanze geht von den Wachstumskegeln der Wurzel- und Sproßspitze aus (Abb. 31).

Abb. 31. Wachstumszonen einer zweikeimblättrigen Pflanze. Vegetationskegel schwarz, Zonen des Streckungswachstums schraffiert, ausgewachsene Zonen weiß

a) Wurzel

Die **Wurzel** verankert den Sproß im Boden und nimmt Wasser und Nährsalze auf. Bei ihrem Wachstum bohrt sie sich in das Erdreich ein. Dieser Funktion ist sie dadurch angepaßt, daß den zarten Zellen des Vegetationskegels eine Haube von Dauergewebe, die **Wurzelhaube** oder Kalyptra, schützend vorgelagert ist (Abb. 32). Da die Wände ihrer äußeren Zellen verschleimen, durchdringt die Wurzel leichter die Erde. Vom Vegetationskegel aus wird die Wurzelhaube ständig erneuert. Er schnürt also nach zwei Seiten Zellen ab: spitzenwärts zur Erneuerung der Wurzelhaube und in entgegengesetzter Richtung

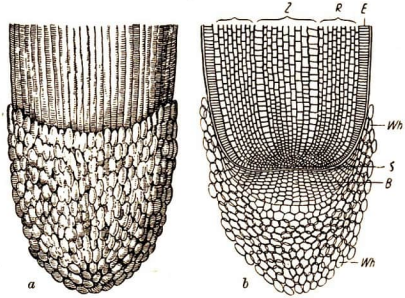


Abb. 32. Wurzelspitze vom Mais mit Wurzelhaube; *a* von außen, *b* Längsschnitt. *B* Bildungsgewebe der Wurzelhaube, *E* Epidermis, *R* Rinde, *S* Vegetationspunkt, *Wh* Wurzelhaube, *Z* Zentralzylinder. Vergr. 30

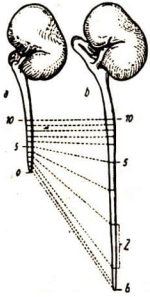


Abb. 33. Streckungswachstum der Wurzelspitze einer Saubohne; *a* vor, *b* nach der Streckung. *Z* Zone des stärksten Wachstums

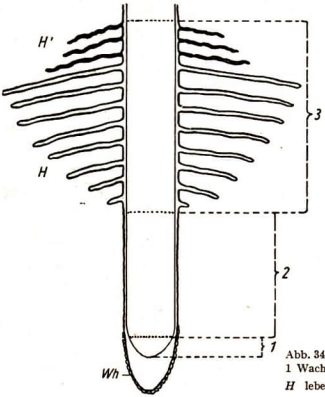
zum Aufbau des Wurzelkörpers. Hinter dem Vegetationskegel liegt eine nur wenige Millimeter lange **Streckungszone,** in der sich die neugebildeten Zellen strecken und so in erster Linie die Wurzel verlängern (Abb. 31, 33). Die Streckung vollzieht sich erst langsam, dann immer rascher und schließlich wieder langsamer bis zum Stillstand. Dies zeigt der Zuwachs einer zunächst 1 mm langen Zone der Wurzel einer Saubohne:

Tag:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Zuwachs in mm:	1,8	3,7	17,5	16,5	17,0	14,5	7,0	0

Gesamtzuwachs in 8 Tagen: 78 mm.

Der sich an die Streckungszone anschließende Abschnitt fällt äußerlich durch seinen Reichtum an **Wurzelhaaren** auf, die einzellige Ausstülpungen der Oberhautzellen sind. Von der anhaftenden Erde befreite oder im Wasser gewachsene Keimwurzeln sehen dadurch wie eine Reagenzglasbürste aus. Die Wurzelhaare haben nur eine kurze Lebensdauer. Weiter zur Spitze hin entstehen aber neue, so daß die Zone der Wurzelhaare mit dem Längenwachstum der Wurzel immer weiterwandert (Abb. 34).

Die junge Wurzel besitzt als Abschlußgewebe eine spaltöffnungsfreie Oberhaut ohne Kutikula. An einem Querschnitt durch die Wurzel erkennen wir einen sehr kleinen Zentralzylinder und eine dicke Rinde. Das Innere des Zentralzylinders wird von einem einzigen Leitbündel ausgefüllt. Sein Gefäßanteil liegt zentral und



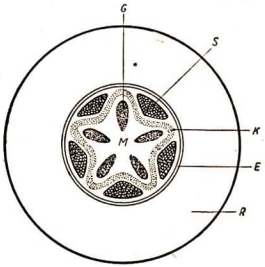


Abb. 35. Querschnitt durch eine Wurzel.
E Endodermis (Scheide zwischen Zentralzylinder und *R* Rinde), *G* Gefäßanteil, *K* Kambium, *M* Mark, *S* Siebteil

Abb. 34. Wachstumszonen der Wurzelspitze einer Saubohne. 1 Wachstumszone, 2 Streckungszone, 3 Zone der Wurzelhaare. *H* lebende, H' abgestorbene Wurzelhaare, *Wh* Wurzelhaube

sendet Strahlen zur Rinde hin, zwischen denen die einzelnen Siebteile verlaufen. Zwischen Rinde und Zentralzylinder liegt die *Endodermis* (Abb. 35).

Diese Anordnung ist der mechanischen Beanspruchung der Wurzel angepaßt. Den Bau aller auf Zugfestigkeit eingestellten Pflanzenteile (Wurzeln, flutende Stengel, Fruchtstiele, Ranken) können wir mit dem Bau eines zugfesten Seiles vergleichen. Darum ist in der Wurzel das Festigungsgewebe zentral angeordnet, denn die Größe der Zugfestigkeit hängt nur von der Querschnittfläche des Gewebes ab.

Die Wurzel ist fest im Boden verankert und gibt deshalb dem vom Sproß ausgeübten Zug nicht nach. Zahlreiche Seitenwurzeln verbinden sich mit dem Erdreich zu einem **Wurzelballen.** Die Pflanze erlangt so eine hohe Standfestigkeit. Durch die starke Verzweigung wird auch die Oberfläche des Wurzelsystems vergrößert und die Wasser- und Stoffaufnahme erleichtert. So kann die Gesamtlänge des Wurzelsystems einer einzigen Getreidepflanze — wenn wir die Länge aller Würzelchen zusammenzählen — mehrere hundert Meter betragen. Eine große Kürbispflanze hat eine durchschnittliche Gesamtwurzellänge von 2,5 km.

In der Ausbildung des Wurzelsystems zeigen sich Unterschiede zwischen Ein- und Zweikeimblättrigen. Bei den Zweikeimblättrigen wächst die Keimwurzel meist als **Haupt-** oder **Pfahlwurzel** senkrecht in die Erde und verzweigt sich seitlich. Bei den Einkeimblättrigen stirbt die Keimwurzel bald ab, und aus den unteren Sproßteilen bilden sich nachträglich viele neue, sogenannte **Adventivwurzeln.** Wenn wir z. B. eine Graspflanze ausreißen, erkennen wir ein dichtes Büschel von Faserwurzeln. An einem Salatkopf aber finden wir eine kräftige Pfahlwurzel, von der zartere Seitenwürzelchen abgehen (Abb. 36).

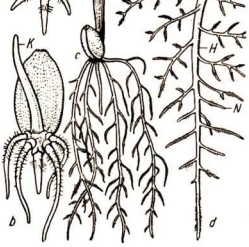


Abb. 36. Wurzelsystem der Ein- und Zweikeimblättrigen. *a* bis *c* Adventivwurzeln des Weizens in verschiedenen Entwicklungsstadien, *d* Keimwurzel der Eiche.

H Hauptwurzel, *K* Keimscheide, *N* Nebenwurzel, *S* Sproßknospe

b) Stengel

Als **Stengel** bezeichnen wir die zylindrische, stabförmige **Sproßachse.** Sie bleibt bei den kurzlebigen Kräutern mehr oder weniger saftig; bei den jahrelang lebenden Bäumen und Sträuchern verholzt sie zu Stämmen und Ästen. Das Spitzenwachstum der Sproßachse geht vom Vegetationspunkt aus (Abb. 31). An den Ansatzstellen der Blätter, den *Knoten,* ist der Stengel oft angeschwollen (Lippenblütler). Die zwischen zwei Knoten liegenden langen *Zwischenknotenstücke* (Internodien) haben ein starkes Streckungswachstum. Nach außen ist der junge Stengel von einer einschichtigen *Oberhaut* abgeschlossen. Darunter liegt, wie ein

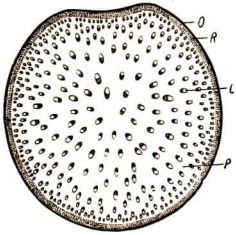


Abb. 37. Querschnitt durch einen Maisstengel. *L* Leitbündel, *O* Oberhaut, *P* Parenchym, *R* Rinde. Vergr. 2

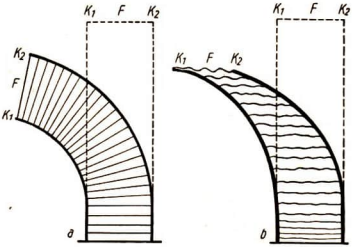


Abb. 38. Biegungsfestigkeit. Elastischer Zylinder im Längsschnitt. *a* mit ausreichender Füllung *F*, vor der Biegung (gestrichelt), nach der Biegung (ausgezogen): Kante K_1 verkürzt, K_2 verlängert. *b* Füllung ungenügend: Kanten K_1, K_2 krümmen sich jede für sich und bleiben gleich lang

Querschnitt zeigt, ein mehrschichtiger Gewebemantel, die *Rinde*, in der Mitte der von Leitbündeln durchzogene *Zentralzylinder*. Während in den Stengeln der Einkeimblättrigen die Leitbündel über den ganzen Querschnitt des Zentralzylinders verstreut liegen (Abb. 37), sind sie bei den Zweikeimblättrigen ringförmig angeordnet. Sie umgeben dort das aus unveränderten, manchmal auch leicht verholzten Parenchymzellen bestehende *Mark;* seitlich sind die Leitbündel durch die ebenfalls aus Grundgewebe bestehenden *Markstrahlen* voneinander getrennt (Abb. 40). Häufig finden wir in der Mitte des Stengels einen größeren Hohlraum, die *Markhöhle*.

Für das Festigungsgewebe gilt wie in der Technik das folgende Prinzip: größtmögliche Festigkeit bei geringstem Materialaufwand. Die Baugrundlage ist der biegungsfeste Doppel-T-Träger. Wird z. B. ein Stab gebogen (Abb. 38), so wird die Konvex-

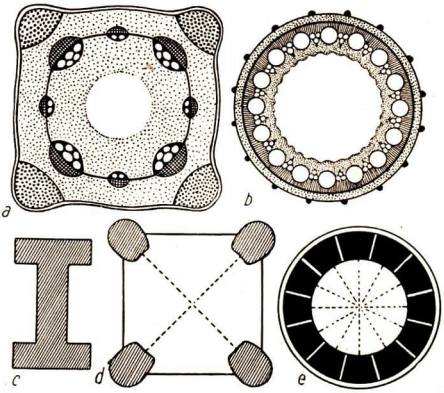


Abb. 39. Stengelquerschnitte und Verteilung des Festigungsgewebes. *a* Taubnessel, *b* Roggenhalm, *c* Querschnitt durch einen Doppel-T-Träger, *d* Anordnung des Festigungsgewebes bei *a*, *c* bei *b*

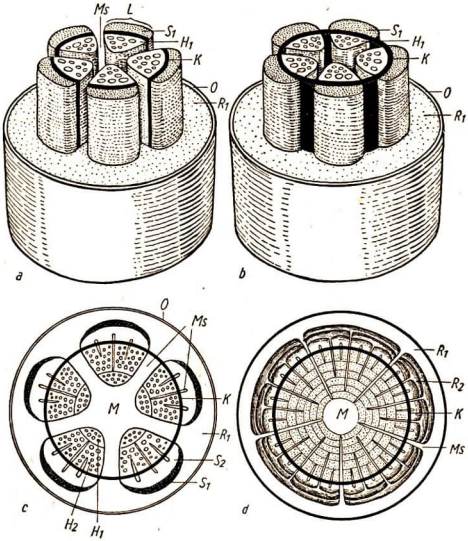


Abb. 40. Dickenwachstum des Stengels einer zweikeimblättrigen Pflanze. *a* Stengel anfangs, *b* Ende des 1. Jahres, *c* im 2. Jahre, *d* im 6. Jahre.

H_1, H_2 Holzteil des 1. und 2. Jahres, *K* Kambium, *L* Leitbündel, *M* Mark, *Ms* Markstrahl, *O* Oberhaut, R_1 ursprüngliche (primäre), R_2 neugebildete (sekundäre) Rinde, S_1, S_2 Siebteil des 1. u. 2. Jahres. In *a* und *b* sind oben nur die Leitbündel und der Kambiummantel dargestellt

seite gezogen und verlängert, die Konkavseite gedrückt und verkürzt; die Mittelschicht ist nicht beansprucht. Dementsprechend sind in den Pflanzen die festen, stark belasteten Teile nach außen und die weniger festen nach innen gelagert. Ein Doppel-T-Träger besitzt fast dieselbe Biegungsfestigkeit wie ein voller Balken, eine Röhre fast dieselbe wie ein Vollzylinder gleichen Durchmessers (Abb. 39).

Die in einem Ring stehenden Leitbündel sind im Stengel so angeordnet, daß der Holzteil innen, der Sieb- oder Bastteil außen liegt. Bei unseren Bäumen und Sträuchern und auch einem Teil der zweikeimblättrigen Kräuter sind beide Teile durch einen Streifen teilungsfähigen Bildungsgewebes, ein **Kambium,** getrennt (Abb. 15, S. 15), von dem das *sekundäre Dickenwachstum* der Stämme und Äste ausgeht. Wenn die Zellen des Kambiumstreifens sich zu teilen beginnen, greifen sie auf die Markstrahlen über und vereinigen sich zu einem geschlossenen Kambiumring (Abb. 40). Er verstärkt nach innen den Holzteil zu einem kompakten *Holzkörper,* nach außen den Sieb- oder Bastteil zur *sekundären Rinde.* Dadurch nimmt der Stengel an Umfang zu; die Oberhaut und die ursprüngliche (primäre) Rinde werden zersprengt. Bei Bäumen werden so im Laufe der Jahre aus den Stengeln Stämme bzw. Äste oder Zweige.

Der **Bau des Holzes** entspricht seinen drei Funktionen; einer *statischen:* die Wurzel muß zugfest, der Stamm gegenüber der Last der Krone druckfest, gegenüber dem Peitschen des Sturmes biegungsfest sein – und zwei *physiologischen:* den Blättern und Blüten müssen Wasser und Nährsalze zugeleitet und über den Winter hinweg müssen organische Stoffe für die neue Vegetationsperiode gespeichert werden.
In den längsverlaufenden *Gefäßen* (Tracheen, s. S. 20) und den langgestreckten *gefäßähnlichen Zellen* (Tracheiden, s. S. 21) vollzieht sich die *Leitung* der Säfte. Die ebenfalls in der Längsrichtung des Stammes sich erstreckenden *Holzfasern* (s. S. 19) dienen der *Festigung* des Holzes. Auf ihrer und der Gefäße Anordnung beruht die leichte *Spaltbarkeit* des Holzes in der Längsrichtung. Die *Härte* des Holzes hängt von der Menge der Holzfasern in einer bestimmten Querschnittfläche ab (weiches Holz: Linde, Pappel, Birke; hartes Holz: Birn-, Pflaumen-, Kirsch-, Walnußbaum, Ulme, Rotbuche, Esche, Eiche, Weißbuche, Robinie; sehr hartes Holz: Kornelkirsche, Weiß-, Schwarzdorn, Buchsbaum, Teak-, Pock-, Eisenholz). Die Nadelbäume haben keine Holzfasern. Bei ihnen erfolgt die Festigung durch die langgestreckten Tracheiden.

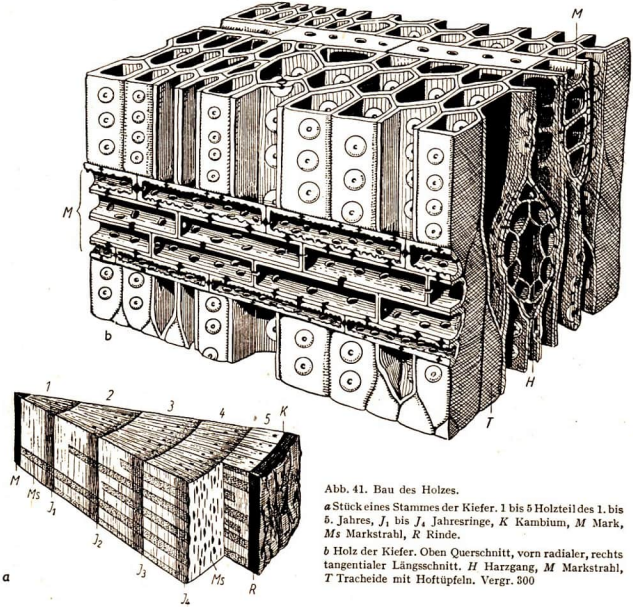


Abb. 41. Bau des Holzes.

a Stück eines Stammes der Kiefer. 1 bis 5 Holzteil des 1. bis 5. Jahres, J_1 bis J_4 Jahresringe, *K* Kambium, *M* Mark, *Ms* Markstrahl, *R* Rinde.

b Holz der Kiefer. Oben Querschnitt, vorn radialer, rechts tangentialer Längsschnitt. *H* Harzgang, *M* Markstrahl, *T* Tracheide mit Hoftüpfeln. Vergr. 300

Die bisher erwähnten Holzbestandteile besitzen im ausgebildeten Zustande kein lebendes Plasma mehr, sind also tot. Lebende Zellen des Holzes sind die längsverlaufenden *Holzparenchymzellen* (s. S. 16) und die *Markstrahlzellen*. Die *Markstrahlen* erscheinen im Holzquerschnitt als radiäre Streifen, im radialen Längsschnitt als breitere Bänder, im Tangentialschnitt als elliptische, von längsgestreckten Gefäßen oder Holzfasern umzogene Nester (Abb. 41). Die Markstrahlzellen leiten organische Stoffe aus der Rinde radial in den Holzkörper hinein und geben sie an die Holzparenchymzellen ab. In beiden Zellarten werden Reservestoffe (Stärke, Öl) gespeichert, mit deren Hilfe die Pflanze im Frühjahr austreibt. Die **Jahresringe** entstehen dadurch, daß das Kambium in jedem Jahr zuerst weitlöchriges *Frühholz*, später englöchriges *Spätholz* hervorbringt. Bei Eiche, Ulme, Esche sind beide Holzarten scharf gegeneinander abgegrenzt (ringporiges Holz); bei Buche, Linde, Ahorn, Nußbaum vollzieht sich der Übergang allmählich (zerstreutporiges Holz) (Abb. 42). Nur die jüngsten Jahresringe, das *Splintholz*, enthalten lebende Zellen und dienen der Wasserleitung und Speicherung; in den älteren, dem *Kernholz*, sind die Wasserbahnen verstopft. Oft ist der Kern dunkler als der helle Splint (Robinie, Eiche, Erle); gleich gefärbt sind sie bei Tanne, Fichte, Buche. Das Kernholz ist nur noch zur Festigung da und bei den meisten Bäumen durch Einlagerung verschiedener Stoffe gegen Zersetzung durch Pilze mehr oder weniger gut geschützt.
Die Jahresringe ergeben die *Maserung* des Holzes, wie sie Bretter zeigen. Durch Unregelmäßigkeiten im Wachstum und durch Bildung von Seitenästen bzw. -wurzeln haben die Maserungsstreifen einen welligen Verlauf.

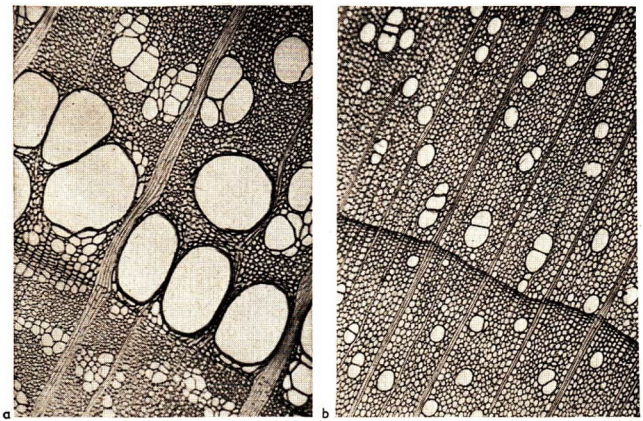


Abb. 42. Holzquerschnitt mit Jahresringgrenze: *a* ringporiges (Esche), *b* zerstreutporiges Holz (Spitzahorn). Vergr. 50

c) Blatt

Die **Blätter** werden am Vegetationskegel des Sprosses als rundliche Höckerchen angelegt (Abb. 14, 15, S. 15). Sie haben selbst kein Spitzenwachstum, sondern wachsen von einem tiefer am Blatt gelegenen Gewebestreifen aus. Die Spitze des Blattes ist also schon ausgewachsen, wenn die unteren Teile noch im Wachstum begriffen sind; nur die Farnwedel besitzen meist ein Spitzenwachstum. Das Wachstum der meisten Blätter ist begrenzt. Es führt zu einer für jede Pflanzenart charakteristischen Blattform.

Ein **Laubblatt** gliedert sich in die flache *Blattspreite*, den *Blattstiel* und den *Blattgrund*, der als stengelumfassende *Scheide* ausgebildet sein kann und oft **Nebenblätter** trägt (Abb. 43). Blattspreite (Abb. 44, 45, 47), Blattrand (Abb. 46) und Blattgrund sind mannigfach gestaltet. Recht verschieden ist die **Blattstellung.** Kommt an jedem Knoten nur *ein* Blatt zur Entwicklung, das mit dem nachfolgenden in der Richtung wechselt, so ist die Blattstellung *wechselständig*. Sitzen an einem Knoten zwei oder mehr Blätter in einem Quirl (Wirtel), so ist sie *quirlständig;* sie kommt am häufigsten als kreuzweise *gegenständige* Blattstellung vor. Hier stehen sich in einem Wirtel immer nur zwei Blätter gegenüber, die mit

Abb. 43. Blatt einer Kirsche. *A* Blattadern, *N* später abfallende Nebenblätter mit Drüsenhaaren am Blattgrund, *R* Blattrand, *Sp* Blattspreite, *St* Blattstiel mit *W* 2 Warzen (Nektarien)

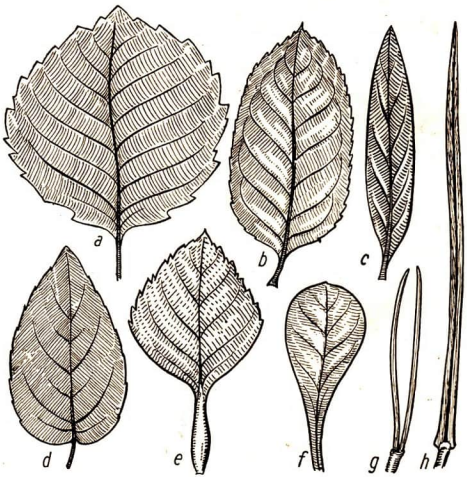


Abb. 44. Blattformen; *a* kreisrund (Zitterpappel), *b* elliptisch (Kirsche), *c* lanzettlich (Weidenröschen), *d* herz-eiförmig (Brennessel), *e* rautenförmig (Wassernuß), *f* spatelförmig (Gänseblümchen), *g* nadelförmig (Kiefer), *h* linealisch (Gras)

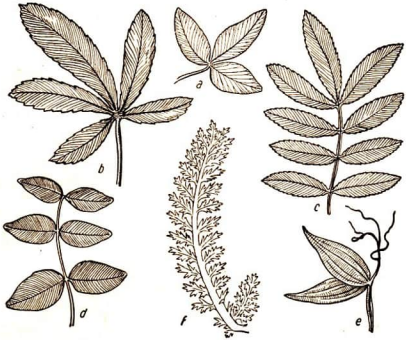


Abb. 45. Teilung der Blätter; *a* dreizählig (Klee), *b* fünfzählig (Fingerkraut), *c* unpaarig-gefiedert (Esche), *d* paarig-gefiedert (Platterbse), *e* einpaarig gefiedert (Wiesenplatterbse), *f* fiederteilig (Schafgarbe)

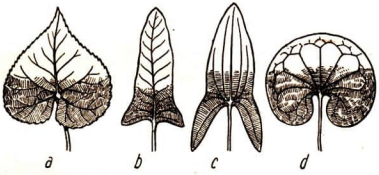


Abb. 47. Basis der Blattspreite; *a* herzförmig (Linde), *b* spießförmig (Melde), *c* pfeilförmig (Pfeilkraut), *d* nierenförmig (Haselwurz)

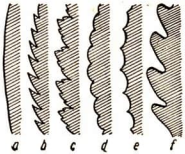


Abb. 46. Blattrand; *a* ganzrandig (Flieder), *b* einfach gesägt (Rose), *c* doppelt gesägt (Hainbuche), *d* gekerbt (Veilchen), *e* gezähnt (Kleine Brennnessel), *f* buchtig (Eiche)

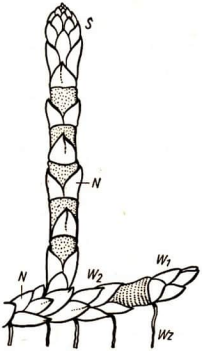


Abb. 48. Niederblätter an Wurzelstock und Sproß des Spargels.

N Niederblatt, *S* Sproß, W_1 Wurzelstock diesjährig, W_2 vorjährig, *Wz* Wurzel

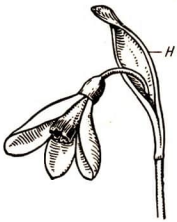


Abb. 49. Hochblatt des Schneeglöckchens. *H* Hochblatt

den beiden Blättern des nächsten Wirtels ein Kreuz bilden (Nelkengewächse, Lippenblütler, Flieder). Infolge der verschiedenen Anordnung erhalten alle Blätter Licht.

In der Achsel eines jeden Blattes befindet sich eine *Knospe*, d. h. ein ruhender Vegetationskegel, der austreiben und zu einem Seitenzweig werden kann (Abb. 14, 15, S. 15, Abb. 31, S. 23).

Außer den eigentlichen Laubblättern besitzt die Pflanze noch andere, häufig nur schuppenförmige Blätter, **Niederblätter.** Sie sind ein besonderes Kennzeichen der unterirdischen Wurzelstöcke oder Erdsprosse (Abb. 48). **Hochblätter** finden wir vorwiegend in der Blütenregion (Abb. 49).

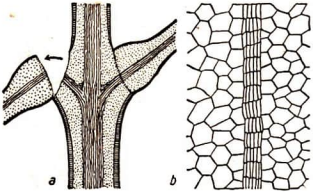


Abb. 50. Laubfall.
a Trennungsschicht am Blattstielgrund der Kastanie, *b* Trennungsschicht. Vergr. 50

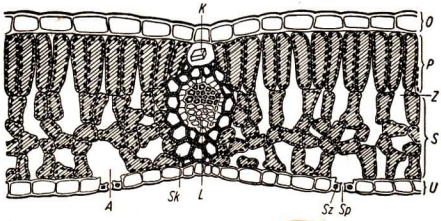


Abb. 51. Querschnitt durch ein Blatt der Buche.
A Atemhöhle, *K* Kristallzelle, *L* Leitbündel (oben Holz-, unten Siebteil), *O* Epidermis der Oberseite, *P* Palisadenschicht, *S* Schwammschicht, *Sk* Sklerenchymzellen, *Sp* Spaltöffnung, *Sz* Schließzelle, *U* Epidermis der Unterseite, *Z* Interzellularen. Vergr. 300

Die meisten Holzgewächse werfen im Herbst ihre Blätter ab. Vor dem **Laubfall** tritt vielfach eine lebhafte Herbstfärbung auf: der Inhalt der Zellen zerfällt, das Chlorophyll wird abgebaut, und nur die gelben Farbstoffe bleiben zurück; oft färbt sich der Zellsaft rot. Eine *Trennungsschicht* aus Korkgewebe am Blattstielgrund bereitet den Blattfall vor. *Blattnarben* am Stengel zeigen dann, wo sich ein Blatt abgelöst hat (Abb. 50).

Ein Querschnitt durch ein Blatt zeigt uns seinen inneren Bau (Abb. 51). Die Blattspreite wird von der meist chlorophyllfreien *Oberepidermis* bzw. *Unterepidermis* überzogen. Unter der Oberepidermis erstrecken sich senkrecht zur Blattoberfläche in ein oder mehreren Reihen die Zellen der *Palisadenschicht*, die reichlich Chlorophyllkörner enthalten. Zwischen diese Schicht und die Unterepidermis schiebt sich die *Schwammschicht* aus weniger reich mit Chlorophyllkörnern versehenen, meist sternförmigen Zellen. Interzellularen durchziehen die Palisaden-, vor allem aber die Schwammschicht; sie stehen durch *Spaltöffnungen* (s. S. 40) in der Unterepidermis mit der Außenluft in Verbindung. Vom Stengel her münden Leitbündel in das Blatt und verteilen sich in ein reichverzweigtes Netzwerk von *Nerven* oder *Adern*. Neben der Stoffleitung dienen sie der Versteifung des Blattes; die dickeren Nerven springen auf der Blattunterseite als Rippen hervor.

d) Umbildungen *(Metamorphosen)*

Alle Organe der höheren Pflanze lassen sich auf Stengel, Blatt und Wurzel zurückführen, denn sie gehen im Laufe des Wachstums aus Umbildungen dieser drei Grundorgane hervor. Solche **Umbildungen** bezeichnen wir als *Metamorphosen*. Aus ihnen erkennen wir die Wandelbarkeit der pflanzlichen Organe und ihre Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Funktionen.

Abb. 52. Blattranken. *a* Erbsenblatt, *b* Kürbisblatt im Übergangsstadium

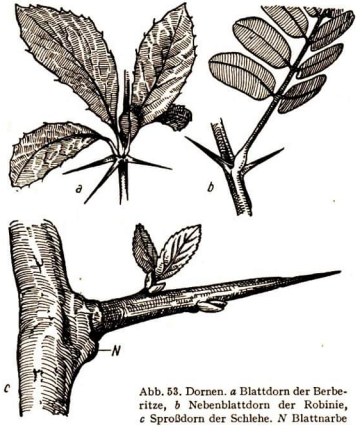


Abb. 53. Dornen. *a* Blattdorn der Berberitze, *b* Nebenblattdorn der Robinie, *c* Sproßdorn der Schlehe. *N* Blattnarbe

An kletternden Pflanzen sind Stengel und Blätter häufig zu **Haftorganen** umgeformt. Bei der Erbse sind die obersten Fiederblättchen, bei Kürbis und Gurke ganze Blätter zu *Blattranken*, beim Wein Teile des Stengels zu *Sproßranken* umgewandelt (Abb. 52).

Andere Umbildungen schützen die Pflanze gegen Tierfraß, sind also **Schutzorgane.** So sind Stengelenden und Blätter mancher Pflanzen, vor allem an trockenen Standorten, zu spitzen, verholzten und darum starren Gebilden, zu *Dornen* geworden: zu *Blattdornen* bei der Berberitze und den Kakteen, zu *Nebenblattdornen* bei der Robinie, zu *Sproßdornen* bei Schlehe und Weißdorn (Abb. 53). Die in ähnlicher Weise schützenden *Stacheln* sind keine Umbildungen, sondern Wucherungen des Rindengewebes, die sich leicht abbrechen oder mit der Rinde abziehen lassen (Rose, Brombeere, Abb. 54).

Aus der Fülle weiterer Organumbildungen heben sich zwei Gruppen heraus: Organe zur Speicherung von Nahrungsstoffen und Fortpflanzungsorgane.

Zu **Speicherorganen** umgebildete Sprosse und Wurzeln sind im Pflanzenreich weit verbreitet. So sind die *Wurzelstöcke* (Erdsprosse,

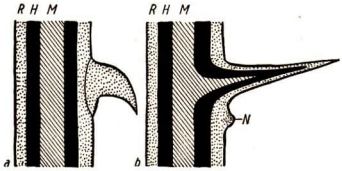


Abb. 54. Unterschied zwischen Stachel und Dorn. *a* Stachel, *b* Dorn. *H* Holz, *M* Mark, *R* Rinde, *N* Blattnarbe

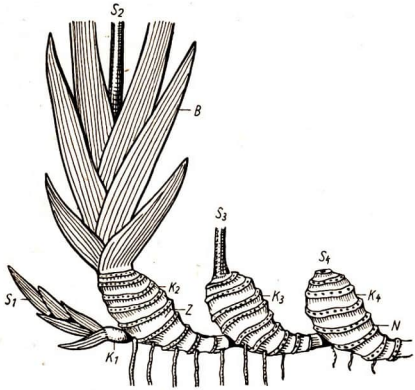


Abb. 55. Wurzelstock der Schwertlilie.
B Blatt, K_1 nächstjähriger, K_2 diesjähriger, K_3 vorjähriger, K_4 vorvorjähriger Trieb des Wurzelstockes, *N* Blattnarbe, S_1 nächstjähriger, S_2 diesjähriger, S_3 vorjähriger Stengel, S_4 Narbe des vorvorjährigen Stengels, *Z* Zwischenknotenstück

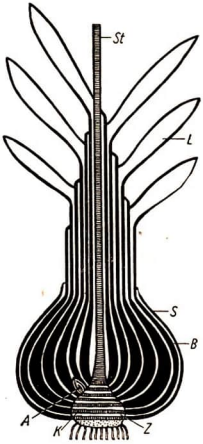


Abb. 56. Aufbau einer Küchenzwiebel.
A Anlage einer jungen Zwiebel, *B* nährstoffspeichernde, stengelumfassende Blattscheiden, *K* Knoten, *L* Laubblatt, *S* Schale, *St* Stengel, *Z* Zwischenknotenstück

Rhizome) unterirdische, durch schuppenartige Niederblätter gekennzeichnete Sprosse (s. Abb. 48). Sie sind unverdickt bei Buschwindröschen und Maiglöckchen, gleichmäßig angeschwollen bei der Schwertlilie (Abb. 55), teilweise verdickt bei der Kartoffel *(Sproßknollen)*. Eine *Zwiebel* entsteht, wenn die Sproßachse kurz, „gestaucht", bleibt und die schuppigen Niederblätter fleischig werden (Abb. 56).

Aber auch die Wurzel kann knollig dicker werden: sie wird zur *Rübe* (Zuckerrübe), wenn es sich um eine Hauptwurzel, zur *Wurzelknolle* (Dahlie), wenn es sich um eine Seitenwurzel handelt (Abb. 57).

In diesen Speicherorganen werden Zucker, Stärke, Eiweiß, Fette und Wasser als Reservestoffe abgelagert. Mit ihrer Hilfe kann die Pflanze ungünstige Jahreszeiten überstehen oder – wie viele Frühlingsblüher – die Blüten noch vor den Blättern entwickeln. Speicherorgane sind häufig

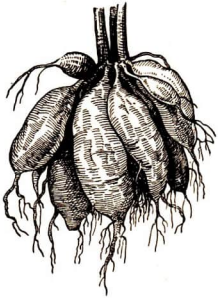


Abb. 57. Wurzelknolle der Dahlie

Abb. 58. Blätter als Wasserspeicher. *a* Hauswurz, *b* Fetthenne

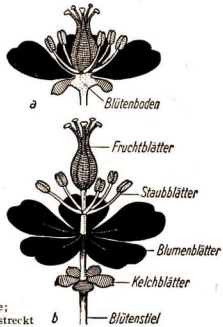


Abb. 59. Aufbau einer Blüte; *a* normal, *b* schematisch gestreckt

auch die *Keimblätter* der Keimlinge im Samen. Dort liegen die zur Keimung und zur ersten Entwicklung notwendigen Nahrungsstoffe (Abb. 5, S. 8).

Pflanzen außergewöhnlich trockener Standorte haben zu *Wasserspeichern* umgewandelte Organe: Kakteen die aufgetriebenen Sproßachsen, Fetthenne und Mauerpfeffer die fleischigen Blätter (Abb. 58). Diese wasserspeichernden Pflanzen werden *Sukkulenten* genannt (s. S. 172).

Umbildungen ganz besonderer Art sind die **Fortpflanzungsorgane** der höheren Pflanzen, die *Blüten*. Die Blütenteile sitzen auf dem *Blütenboden*, einer stark verkürzten Sproßachse. Die Blüte als Ganzes ist ein umgewandelter Sproß. Ihrer Blattnatur entsprechend bezeichnen wir die einzelnen Blütenteile als *Blütenblätter:* grüne *Kelchblätter*, andersfarbige *Kron-* oder *Blumenblätter*, *Staubblätter* und *Fruchtblätter* (Abb. 59). Die Fruchtblätter bilden entweder jedes einzelne für sich einen *Fruchtknoten* und späterhin je eine Frucht (Hahnenfuß), indem sich die Fruchtblatträndер zusammenneigen und verwachsen, oder alle Fruchtblätter verwachsen zu einem einzigen Fruchtknoten, aus dem dann nur eine Frucht hervorgeht (Mohn).

An vielen Beispielen erkennen wir Übergänge zwischen Laub- und Kelchblättern, Staub- und Blumenblättern (Abb. 60). Auch Mißbildungen, wie „Vergrünungen" der Blütenblätter, weisen auf ihre einstige Blattnatur hin. Goethe hat sich eingehend mit solchen Umbildungen beschäftigt und in seiner Schrift „Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären" (1790) schon den Gedanken vertreten, daß die einzelnen Blütenteile Abwandlungen des Blattes darstellen. Der *Blütenbau* ist für die Eingruppierung der Pflanzen in ein System von großer Bedeutung. Er läßt sich in einfacher Weise als *Blütengrundriß* oder *Blütendiagramm* wiedergeben (Abb. 61). Dem Bau der Blüte der Zweikeimblättrigen liegt eine Blüte aus 5 Blattkreisen zugrunde, wie sie der Wiesenstorchschnabel aufweist: 1 Kelchblattkreis und 1 Blumenblattkreis,

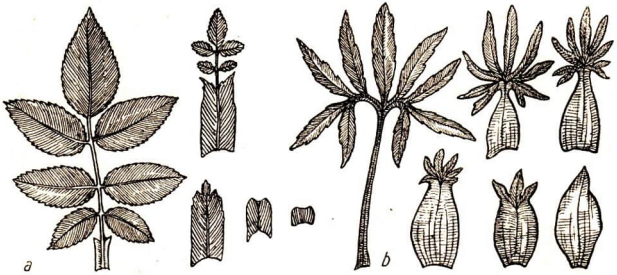


Abb. 60. Umbildungen der Blätter. *a* Rose: Übergang von Laubblättern zu Knospenschuppen, *b* Nieswurz: Übergang der Laubblätter in Hochblätter, *c* Seerose: Übergang von Staubblättern zu Blumenblättern

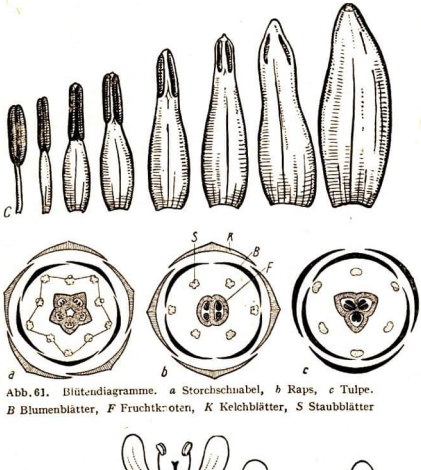


Abb. 61. Blütendiagramme. *a* Storchschnabel, *b* Raps, *c* Tulpe. *B* Blumenblätter, *F* Fruchtknoten, *K* Kelchblätter, *S* Staubblätter

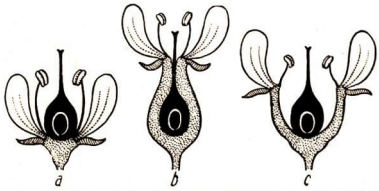


Abb. 62. Stellung des Fruchtknotens: *a* oberständig, *b* unterständig, *c* mittelständig

beide zusammen auch als Blütenhülle bezeichnet, 2 Staubblattkreise, 1 Fruchtblattkreis. Da die einzelnen Kreise 5 Blätter haben, ist die Blüte fünfzählig (Abb. 61a). Der Fruchtknoten kann *oberständig* oder *unterständig* sein, d. h. über oder unter den vier anderen Blütenblattkreisen stehen (Abb. 62).

Von diesem Normaltyp gibt es viele Abweichungen, wobei einzelne Kreise weggefallen, vermehrt oder miteinander verwachsen sind. Im Blütendiagramm des Wiesenschaumkrautes, eines Kreuzblütlers (Abb. 61b), herrscht die Zahl 4 vor;

der äußere Staubblattkreis und der Fruchtblattkreis haben sogar nur je 2 Glieder. Bei den Einkeimblättrigen sind die beiden äußeren Blütenblattkreise meist nicht in Kelch und Krone gegliedert, sondern nach Gestalt und Farbe gleich. Außerdem sind die Blüten meist dreizählig, das heißt, die einzelnen Kreise bestehen nur aus 3 Gliedern (Abb. 61c).

e) Zusammenwirken der Organe

Das Wachstum der einzelnen Organe einer Pflanze vollzieht sich in dauernder gegenseitiger Beeinflussung. So treiben die in den Blattachseln ruhenden Knospen (Abb. 14, 15, S. 15; Abb. 31, S. 23) häufig nur aus, wenn der Hauptvegetationspunkt, also die Sproßspitze, ausfällt. Ein Seitenast einer Fichte richtet sich auf und nimmt die Stelle des Haupttriebes ein, wenn dieser, etwa als Weihnachtsbaum, abgeschnitten wird. Die Bedecktsamigen (s. S. 113) schließlich bilden im allgemeinen nur Früchte, wenn sich in der Samenanlage gleichzeitig ein Same, also ein Keimling, entwickelt. Die *Wechselwirkung* zwischen den Gliedern einer Pflanze nennen wir **Korrelation.**

In derselben Richtung liegt auch die Fähigkeit der Pflanze, verlorene Organe aus vorgebildeten ruhenden Anlagen wachsen zu lassen oder neu zu bilden. Diese Erscheinung nennen wir **Regeneration.** Dank dieser Fähigkeit können sich Stecklinge bewurzeln, können Blätter in einzelnen Fällen Sprosse bilden. Schneiden wir z. B. ein Blatt der grundständigen Blattrosette des Wiesenschaumkrautes ab und legen es auf Wasser, so wachsen Gewebeteile des Blattrandes zu neuen Pflänzchen aus. Ein abgeschnittenes, auf feuchten Sand gelegtes Blatt der Begonie treibt am Blattstiel Wurzeln, an der Spreite dagegen, besonders dort, wo Blattnerven durchtrennt wurden, ganze neue Pflanzen (Abb. 63). Dabei entsteht aus einzelnen Oberhautzellen ein Bildungsgewebe, das den bewurzelten Sproß liefert.

Abb. 63. Blatt der Begonie mit Regenerationen

Die *Veredlungsmethoden* beruhen auf Neubildung von Gewebe an Wundstellen und auf Korrelationserscheinungen.

Korrelation und Regeneration weisen auf die Abhängigkeit des Pflanzenwachstums von inneren Einflüssen hin. Eine große Rolle spielen dabei bestimmte *Wirkstoffe,* die als **Wuchsstoffe** das Wachstum lenken und regeln. So werden die genannten Erscheinungen durch Stauungen oder Mangel an Wuchsstoffen beeinflußt. Eine Gruppe dieser Wirkstoffe, die sogenannten *Auxine,* veranlaßt das Streckungswachstum. In verstärkter Konzentration entfalten sie noch besondere Wirkungen: durch Aufstreichen einer Wuchsstoffpaste oder Eintauchen in Wuchsstofflösung

gelingt es, an Pflanzenstengeln die Wurzelbildung zu fördern. Dieses Verfahren hat in der gärtnerischen Praxis Bedeutung erlangt.
Ungleiche Verteilung des Wuchsstoffes trägt zu der **Polarität** der Pflanze bei. Werden zerschnittene Weidenzweige in einem feuchten Raume aufgehängt, so treiben sie am Spitzenende Sprosse, am entgegengesetzten Wurzeln, ganz gleich, ob sie normal oder umgekehrt hängen (Abb. 64). Wurzeln bilden sich am auxinreichen, Sprosse am auxinarmen Ende.

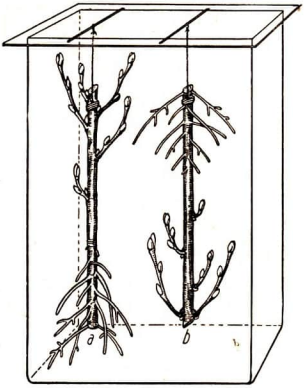


Abb. 64. Polarität. Zweigstück einer Weide, im feuchten Raum austreibend;
a normal, *b* umgekehrt aufgehängt

f) Lebensdauer der Pflanze

Die Pflanze wächst, solange sie lebt; mit dem Aufhören des Wachstums geht ihr Leben zu Ende. Die Lebensdauer der Pflanzen ist sehr verschieden. Viele Blütenpflanzen blühen nur einmal und gehen dann zugrunde. Die Agave braucht in ihrer mexikanischen Heimat 10 Jahre, in Europa 40 bis 100 Jahre, bis sie zur Blüte kommt und dann abstirbt. Unsere *einjährigen* (annuellen) Kräuter durchlaufen ihren Entwicklungsgang innerhalb einer Wachstumsperiode (Gemeine Sonnenblume, Sommerweizen). Manche entwickeln im Laufe eines Sommers sogar mehrere Generationen. Die *zweijährigen* (biennen) Kräuter entwickeln im ersten Jahre nur vegetative Reserveorgane (Wurzeln, Stengel, Blätter) und erst im zweiten ihre Blüten und Früchte (Rüben, Mohrrübe, Petersilie).
Die *ausdauernden* (perennierenden) Pflanzen blühen und fruchten wiederholt. Zu ihnen gehören Stauden, Sträucher und Bäume. Die *Stauden* sterben während der Ruhezeit oberirdisch ab und entwickeln ihre Blatt- und Blütensprosse aus unterirdischen Erdsprossen, Knollen oder Zwiebeln. *Bäume* und *Sträucher* erfahren alljährlich einen Längenzuwachs ihrer Zweige, die zugleich durch Dickenwachstum an Umfang gewinnen. Sie können ein ansehnliches Alter erreichen: Heidelbeere 28 Jahre, Heidekraut 48 Jahre, Weinstock 130 Jahre, Efeu, Rose, Wacholder, Kiefer, Fichte 300 bis 400 Jahre, Buche, Eiche und Linde 800 bis 1000 Jahre, Eibe 2000 bis 3000 Jahre, Mammutbaum 4000 Jahre. Die Vegetationspunkte selbst alter Pflanzen haben praktisch ein unbegrenztes Wachstum, wenn die Pflanzen regelmäßig durch Stecklinge vermehrt werden. Mit dem Altern der Pflanze treten Störungen im Gesamtorganismus ein, die die Versorgung mit Nährstoffen immer schwieriger werden lassen und schließlich dazu führen, daß die Lebensfunktionen nach und nach erlöschen.

C. DER WASSERHAUSHALT DER PFLANZE

Ohne Wasser gibt es auf der Erde kein Leben. Das geht schon aus dem hohen Anteil hervor, den das Wasser am Aufbau der Lebewesen hat (s. S. 50). In der Pflanze ist es unentbehrlich sowohl als Baustoff für den bei der Assimilation hergestellten Zucker (s. S. 53) als auch für den Stofftransport innerhalb der Pflanze, für die Aufrechterhaltung des Turgors (s. S. 10) u. a.

I. Wasseraufnahme

Die Landpflanzen entnehmen das Wasser dem Boden. Ihre Wurzeln durchwachsen seine Spalten und Hohlräume und kommen dabei mit dem Bodenwasser (s. S. 158) in Berührung. Nicht alles im Boden gespeicherte Wasser steht der Pflanze zur Verfügung, da es von den Bodenteilchen verschieden stark festgehalten wird (s. S. 157). Ausschlaggebend für die Aufnahme des Wassers ist die *osmotische Saugkraft* (s. S. 10) der Wurzelhaare, die nach Bodenart und Klima verschieden ist. Auf trockenem oder salzigem Boden ist sie höher als auf feuchtem.
Der *Wasserverbrauch* der einzelnen Arten unserer Kulturpflanzen während einer Vegetationsperiode ist mit 200 bis 400 mm stets geringer als die jährliche Niederschlagsmenge von durchschnittlich 600 mm, übersteigt aber die während der Vegetationszeit fallenden Niederschläge. Die Pflanze ist darum auf das Grundwasser angewiesen, das für sie erreichbar ist, wenn es nicht tiefer als 30 bis 40 cm unter der untersten Grenze ihres Wurzelraumes steht. Die Luzerne senkt ihre Wurzeln bis zu 2 m Tiefe hinab, Raps und Rübsen erreichen Tiefen von 1,50 m, Getreidepflanzen von 1,00 bis 1,20 m.

II. Wasserabgabe

Die Pflanze besitzt eine im Verhältnis zu ihrem Rauminhalt große Oberfläche; infolgedessen gibt sie beträchtliche Wassermengen in Form von Dampf ab, die sie ständig ersetzen muß. Eine abgepflückte Blume verwelkt, wenn wir sie nicht ins Wasser stellen; unsere Gartenpflanzen werden bei Trockenheit schlaff, wenn wir sie nicht begießen.
Die Wasserverdunstung nennen wir **Transpiration.** Die Organe für die Transpiration sind in erster Linie die *Blätter.* Welches Ausmaß die Transpiration annehmen kann, zeigen folgende Beispiele: eine Sonnenblume verdunstet an einem sonnigen Tag 1 l Wasser, eine Birke mit 200000 Blättern 60 bis 70 l und mehr, an heißen Tagen selbst bis 400 l. Eine Maispflanze verbraucht in einer Vegetationsperiode 200 l, ein Hektar alter Buchenwald jährlich rund 4 Millionen l Wasser. Diese Menge entspricht einer Niederschlagshöhe von 400 mm.
Die Verdunstung geht auf zwei Wegen vor sich. Der Wasserdampf wird zum Teil unmittelbar von der *Oberfläche der Pflanze* abgegeben. Dadurch, daß die

krautigen Teile der Pflanze mit der Kutikula, Stämme und Äste der Bäume und Sträucher mit Korkgewebe (s. S. 17) bedeckt sind, wird eine allzu starke Verdunstung verhindert. Auch die Kartoffelknollen sind von einer Korkschicht überzogen (Abb. 4, S. 8); eine geschälte Kartoffel schrumpft in wenigen Tagen zusammen, während die ungeschälte monatelang frisch bleibt. Ähnlich hemmend wirken die Behaarung der Pflanzen und der Wachsüberzug an vielen Früchten, Blättern und Stengeln. Ein geschälter Apfel verdunstet 55mal mehr Wasser als ein ungeschälter.

Der Hauptweg der Transpiration führt über die *Spaltöffnungen*. Dabei wird der Wasserdampf von den Zellwänden der inneren Blattschichten zunächst an die Interzellularen abgegeben und diffundiert dann durch die Spaltöffnungen nach außen. Unter jeder Spaltöffnung liegt ein großer Luftraum, die *Atemhöhle* (Abb. 51), die mit den Interzellularen des Blattes in Verbindung steht. Die Spaltöffnungen regulieren die Transpiration, indem sich der Turgor der *Schließzellen* und damit die Öffnungsweite des Spaltes verändern. Im allgemeinen sind sie tags geöffnet, nachts geschlossen; bei trockner Luft werden die Spalten verengert, wodurch die Transpiration herabgesetzt wird, bei feuchter Luft dagegen erweitert (Abb. 65). Die Spaltöffnungen befinden sich vornehmlich auf der Blattunterseite, manchmal bis 600 je mm²; ein Sonnenblumenblatt z. B. hat mehrere Millionen. Wenn auch die Gesamtfläche der

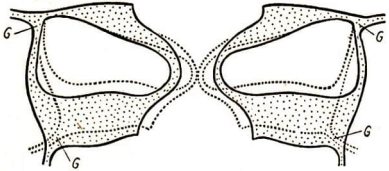


Abb. 65. Spaltöffnung im Querschnitt: dicke Linie bei geöffnetem, gestrichelte Linie bei geschlossenem Spalt. *G* Gelenke. Vergr. 1500

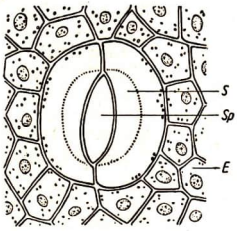


Abb. 66. Wasserspalte am Blattrand der Kapuzinerkresse.

E Epidermiszellen, *S* Schließzellen, *Sp* Spalt. Vergr. 250

Abb. 67. Blattspitzen von Haferkeimlingen mit Guttationstropfen

Spaltöffnungen nur etwa 1% der Blattfläche beträgt, so kann doch ein Blatt bei weitgeöffneten Spalten 50 bis 70% derjenigen Wassermenge verdunsten, die von einer der Blattfläche entsprechenden freien Wasserfläche abgegeben wird.
Die Transpiration sichert die *Wasserbewegung* in den Gefäßen und damit den *Transport der Nährsalze*. Außerdem spielt sie im *Wärmehaushalt* der Pflanze eine Rolle, indem die Pflanze durch die mit der Verdunstung verbundene Abkühlung gegen eine zu starke Erwärmung der oberirdischen Teile geschützt wird. Ist die Luft wasserdampfgesättigt und eine Verdunstung dadurch unmöglich, so scheiden viele krautige Pflanzen aus *Wasserspalten* flüssiges Wasser aus (Abb. 66). Als Folge dieser **Guttation** hängen frühmorgens nach feuchtwarmen Nächten an den Blattspitzen vieler Gräser (Hafer) oder am Blattrande von Frauenmantel oder Kapuzinerkresse große, den Tautropfen ähnliche Wassertropfen. Sie sind leicht sichtbar zu machen, wenn wir in einem Blumentopf Haferkeimlinge gut begießen und sie mit einer Glasglocke bedecken (Abb. 67).

III. Leitung des Wassers

Zwischen den wasseraufnehmenden Wurzelhaaren und den wasserabgebenden Blättern muß das Wasser einen weiten Weg zurücklegen. Bei der Fichte beträgt diese Strecke allein im Stamm bis zu 50 m, beim Mammutbaum bis zu 120 m, beim Eukalyptus bis zu 150 m.
Die Wurzelhaare geben das aufgenommene Wasser mit den Nährsalzen an die innen gelegenen Wurzelzellen weiter, in denen es bis zu den Gefäßen wandert. Dieser Vorgang wird dadurch ermöglicht, daß die auf osmotischen Erscheinungen beruhenden Saugkräfte der Zellen von außen nach innen zunehmen und einen Unterschied bis zu 3 Atm. aufweisen können. Die Weiterleitung des Wassers in den Gefäßen können wir in den durchscheinenden Stengeln vom Fleißigen Lieschen *(Impátiens sultáni)* mit bloßem Auge erkennen, wenn wir abgeschnittene Sprosse in gefärbtes Wasser stellen.
In den letzten Jahren hat man die Methoden zur Beobachtung der Wasserbewegung in durchscheinenden Pflanzenteilen verfeinert, indem man Lösungen solcher Stoffe verwendete, die unter der Einwirkung ultravioletter Strahlen aufleuchten (fluoreszieren). Damit gelang es auch, die *Geschwindigkeit* der Wasserbewegung zu messen. So fand man am Stengel des Kleinen Springkrautes *(Impátiens parviflóra)* eine Geschwindigkeit von 67,5 m/h, am Weizenblatt bei offenen Spaltöffnungen bis zu 54 m/h, bei geschlossenen dagegen nur bis zu 2,4 m/h. Nach einer anderen Methode ermittelte man für die Stieleiche mit großporigem Holz 43,5 m/h, für den Spitzahorn 2,4 m/h, für die Lärche 2 m/h und für die Birke 1,6 m/h.
Wenn im Frühjahr der Weinstock zurückgeschnitten wird, dann „blutet" er; werden im zeitigen Frühjahr Stämme (Birke, Hainbuche oder Ahorn) zur Saftgewinnung bis zum Holz angebohrt oder Blütenstiele einer Topfpflanze *(Clívia)*

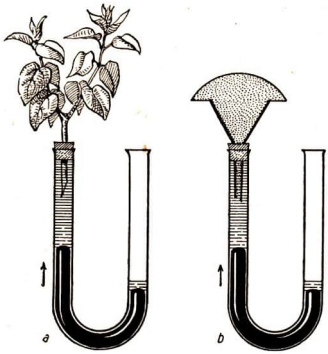


Abb. 68. Transpirationsversuch.
a Saugwirkung eines Zweiges, *b* eines Gipspilzes

abgeschnitten, so quillt aus dem Bohrloch oder der Schnittfläche Flüssigkeit. Eine Birke kann aus einer Wunde bis zu 5 l *Blutungssaft* am Tage verlieren. Die Ursache liegt darin, daß Wasser von den Wurzelzellen mit einem gewissen Druck in die Gefäße der Leitbündel gepreßt wird. Dieser **Wurzeldruck** kann mit einem Manometer gemessen werden; er beträgt meist etwa 1, höchstens 3 Atm.

Der Wurzeldruck, der vor allem im Frühjahr wirksam ist, solange die Bäume noch unbelaubt sind, reicht aber zur Erklärung des Saftsteigens in große Höhen nicht aus. Die osmotischen Vorgänge, auf die auch Wurzeldruck und Guttation zurückzuführen sind, verlaufen zudem außerordentlich langsam, kommen also für einen raschen Transport des aufgenommenen Wassers auf große Entfernungen ebenfalls nicht in Frage. Hier greift die **Saugkraft der Transpiration** ein, die nach der Laubentfaltung, wenn der Wasserbedarf der Pflanze gewaltig steigt, die Bewegung des Wassers in Gang hält. Da die Wassermoleküle sehr fest zusammenhängen *(Kohäsion)*, bilden sie in den luftfreien Gefäßen schwer zerreißbare Wasserfäden, die von der Wurzel bis zu den Blättern reichen und durch die Saugkraft der Transpiration emporgehoben werden.

Diese Saugkraft können wir mit folgendem Versuch nachweisen. Wir schneiden unter Wasser einen Zweig ab und verbinden ihn durch einen Gummistopfen mit einer U-förmigen Glasröhre, die wir mit Wasser und Quecksilber füllen (Abb. 68a). In einem Vergleichsversuch nehmen wir statt des Pflanzenteiles einen pilzförmigen Gipsblock. Wir stellen ihn her, indem wir einen Glastrichter und eine Porzellanschale mit angerührter Gipsmasse ausgießen und die beiden Gipskörper miteinander vereinigen (Abb. 68b). Die Verdunstung des Wassers durch den Pflanzenteil bzw. den Gipsblock übt in beiden Fällen eine Saugkraft aus, die das Quecksilber emporhebt.

Das Problem der Wasserbewegung in den Bäumen schien zunächst allen Erklärungsmöglichkeiten zu trotzen. Deshalb sahen viele Forscher in dieser Erscheinung einen Beweis für die Existenz besonderer „Lebenskräfte". Heute ist es der Wissenschaft gelungen, dieses Problem durch den Transpirationszug und die Kohäsionskraft der Wasserteilchen zu klären und die dabei wirksamen physikalischen Gesetze aufzufinden.

D. DIE BEWEGUNGEN DER PFLANZE

I. Reizbewegungen

Die Pflanze hat, wie alle Lebewesen, die Fähigkeit, Bewegungen auszuführen. Wir sehen z. B., daß Stengel und Blätter vieler Zimmerpflanzen sich zum Lichte hinwenden und daß die Blattspreite der Bohne sich abends senkt (Abb. 69). Werden die jungen Halme eines Getreidefeldes durch einen Regenguß niedergelegt, so richten sie sich nach einiger Zeit wieder auf. Die *freie Ortsbewegung*, die uns am Tier so selbstverständlich erscheint, ist nur wenigen niederen Pflanzen eigen. Die im Boden wurzelnden Pflanzen führen lediglich *Krümmungsbewegungen* aus. Die Pflanze wird ebenso wie Mensch und Tier von äußeren **Reizen** getroffen: von Licht, Wärme, Schwerkraft, chemischen und mechanischen Einwirkungen. *Die sichtbare Reaktion der Pflanze ist eine* **Reizbewegung.**

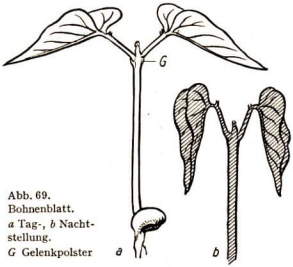


Abb. 69. Bohnenblatt. *a* Tag-, *b* Nachtstellung. *G* Gelenkpolster

a) Mechanik der Bewegungen

Die Orte der **Reizaufnahme** und **Reizbeantwortung** sind bei der Pflanze wie beim Tier oft deutlich voneinander getrennt. Das zeigt der folgende Versuch (Abb. 70). Im Dunkeln gezogene Haferkeimlinge wachsen senkrecht in die Höhe (Abb. 70a). Werden sie einseitig belichtet, so wenden sie sich dem Lichte zu (Abb. 70b). Werden die *Spitzen* zuvor mit schwarzen Papiertütchen bedeckt, so unterbleibt die Krümmung (Abb. 70c). Sie wird jedoch nicht verhindert, wenn man die Keimlings*basis* verdunkelt (Abb. 70d). Aus dem Versuch ergibt sich: nur die Spitze ist reizempfindlich, die krümmungsfähige Basis nicht. Folglich muß eine **Reizleitung** von der Spitze zur Basis stattfinden.

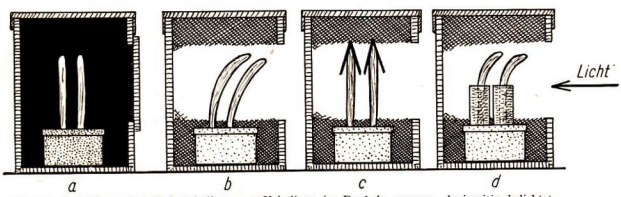


Abb. 70. Reizleitung bei Haferkeimlingen. *a* Keimlinge im Dunkeln gezogen, *b* einseitig belichtet, *c* Spitzen mit Tütchen bedeckt, *d* Basis verdunkelt

Die Bewegungen der Pflanze erfolgen auf verschiedene Weise.

Freie Ortsbewegungen werden einigen niederen Pflanzen durch verschiedenartige Einrichtungen ermöglicht. Die einzelligen, aber vielkernigen Schleimpilze (s. S. 89) kriechen wie Amöben auf einer Unterlage entlang; sie strecken dabei *Scheinfüßchen* vor und ziehen dann das übrige Plasma nach. Wir bezeichnen diese Bewegungsform als *amöboid*.
Eine *gleitende Bewegung* nach Art der Raupenschlepper zeigt ein Teil der Kieselalgen (s. S. 83): ein Strang Plasma tritt durch Poren der Kieselschale nach außen, strömt in einer Rinne die Schale entlang und am anderen Ende wieder in die Zelle zurück.
Bei einzelligen, frei schwimmenden Lebewesen (Bakterien, Geißelalgen, Keimzellen) findet sich am häufigsten die *Geißelbewegung*. Diese Einzeller besitzen an einem Ende oder an beiden, manchmal auch seitlich, ein oder zwei, seltener ganze Büschel von peitschenartigen Geißeln. Es kommen auch ringsherum begeißelte Formen vor (Abb. 120, S. 80). Die Geißeln führen entweder rotierende (Propeller, Schiffsschraube) oder schlagende (Ruder) Bewegungen aus. Die Geschwindigkeit dieser Einzeller ist etwa 1 mm in der Minute.

Krümmungsbewegungen entstehen durch ungleiches Wachstum (Wachstumsbewegungen) oder ungleiche Turgorveränderung (Turgorbewegungen). Die Festigkeit der Pflanze beruht auf dem Druck des Zellinnern (Turgor, s. S. 10) gegen die Zellwand. Im unverletzten Blütenstiel einer jungen Löwenzahnblüte sind die zarten Markzellen durch die derbwandigen Rindenzellen an ihrer vollen Ausdehnung gehindert. Wenn diese Hemmung wegfällt, dehnen sie sich aus. Spalten wir den Stiel kreuzweise, dann krümmen sich die vier Längsstreifen nach außen: **Turgorbewegung** (Abb. 71). Besonders stark wird die Krümmung, wenn wir den Turgor der Markzellen dadurch erhöhen, daß wir den gespalteten Blütenschaft ins Wasser legen. Turgorveränderungen liegen auch den Schlafbewegungen der Bohnenblätter zugrunde. In ihren Gelenkpolstern (Abb. 69) ist der Turgor abends in den unterseitigen Zellen geringer als in den oberseitigen: es erfolgt eine Abwärtskrümmung; gegen morgen gleicht sich der Druck aus, und die Blättchen heben sich wieder.
Bei den **Wachstumsbewegungen** entsteht die Krümmung durch einseitiges Wachstum. Die Blumenblätter der Tulpe wachsen z. B. bald auf der Oberseite, bald auf der Unterseite rascher, wodurch sich die Blüte öffnet und schließt. Die Blumenblätter werden dabei mit jeder Krümmung größer, bis sie sich im ausgewachsenen Zustand nicht mehr öffnen und schließen können.

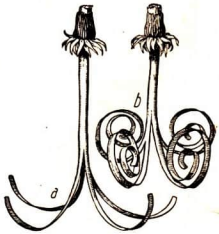


Abb. 71. Gewebespannung am Blütenstiel vom Löwenzahn; *a* nach der Spaltung, *b* nach Einlegen in Wasser

b) Arten der Bewegungen

Freie Ortsbewegungen nennt man *Taxien*. Krümmungsbewegungen feststehender Pflanzen heißen *Tropismen*, wenn die Krümmungsrichtung eines Organs zur Reizrichtung in Beziehung steht (im Keller Kartoffelkeime zum Licht), *Nastien*, wenn die Bewegung unabhängig von der Reizrichtung erfolgt (Öffnen einer Blüte im Licht). Taxien und Tropismen können **positiv** (zur Reizquelle hin) oder **negativ** (von ihr abgewendet) sein. Die Bewegungen werden nach den verschiedenen Reizarten phototaktisch (Licht), chemotaktisch (chemische Stoffe), geotropisch (Schwerkraft), hydrotropisch (Wasser), thermonastisch (Wärme) usw. genannt (s. Tab. I, S. 49).

Taxien. Phototaktische Bewegungen lassen sich beobachten, wenn man Wasser aus Teichen oder Tümpeln, das von Geißelalgen (meist *Euglena*, s. S. 80) grün ist, in einem flachen Teller ans Fenster stellt. Schon nach kurzer Zeit haben sich bei zerstreutem Tageslicht die Algen an der helleren Seite angesammelt.

Auch die *Chlorophyllkörner* vieler Pflanzen sind lichtempfindlich. Bei gedämpftem Licht legen sie sich an die quer zum Lichteinfall stehenden Zellwände, in vollem Sonnenschein wandern sie an die parallel zur Lichtrichtung gestellten Seitenwände (Abb. 72).

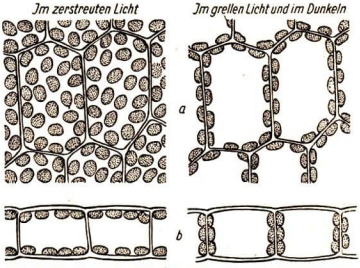


Abb. 72. Wanderung der Chlorophyllkörner in einem Moosblättchen. *a* Aufsicht, *b* Querschnitt. Vergr. 250

Für manche Einzeller spielt auch eine **geotaktische** Reizbarkeit eine Rolle; hierbei beeinflußt die Schwerkraft die Richtung der Ortsbewegung.

Bakterien und Keimzellen vieler Algen, Moose und Farne verhalten sich positiv oder negativ **chemotaktisch.** Sie werden dadurch zu den Nährstoffquellen hingeführt bzw. von schädlichen Stoffen abgehalten. So finden z. B. die männlichen Keimzellen der Moose und Farngewächse den Weg zu den Eizellen der Archegonien (s. S. 105, 110). Diese sondern Stoffe (Rohrzucker bzw. Äpfelsäure) in das umgebende Wasser ab, dadurch werden die Keimzellen angelockt. Werden die Plasmamassen von Schleimpilzen (s. S. 89) auf feuchtes Filtrierpapier übertragen, das man bis auf eine Stelle langsam austrocknen läßt, dann kriechen die Schleimpilze zu dieser feuchten Stelle hin; sie sind positiv **hydrotaktisch.**

Tropismen. Die sich zum *Licht* krümmenden Stengel der Pflanzen verhalten sich positiv, die Kletterwurzeln des Efeus z. B. negativ **phototropisch.** Die Blätter der Sonnenblume z. B. drehen sich so, daß die Spreiten jederzeit der Sonne zugewendet sind. Sie stellen sich rechtwinklig zu den einfallenden Lichtstrahlen ein.

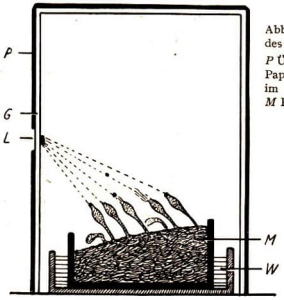


Abb. 73. Phototropismus des Pillenwerfers. *P* Überzug von schwarzem Papier, *G* Glasglocke, *L* Loch im Papier für das Licht, *M* Pferdemist, *W* Wasser

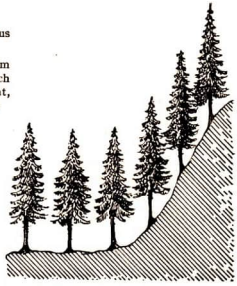


Abb. 74. Fichtenwald am Berghang

Auf diese Weise sind sie morgens gegen Osten, abends gegen Westen gerichtet. Werden Keimlinge von Hafer oder Senf in einem mit schwarzem Papier ausgeschlagenen Kasten aufgezogen, so wachsen sie senkrecht in die Höhe. Wird aber durch ein seitliches Loch Licht eingelassen, so krümmen sich die Sprosse ihm zu. Wird ein Keimling dauernd langsam um seine Achse gedreht, so wächst der Sproß senkrecht nach oben, weil alle Flanken in gleicher Weise nacheinander von Lichtreizen getroffen werden. Eine ausgeprägte Lichtwendigkeit zeigt ein kleiner Pilz, der „Pillenwerfer" (s. S. 93). In der Dunkelkammer schießt er seine Sporenbehälter genau zum Lichtloch hin (Abb. 73). Der die Richtung bestimmende Reiz der *Schwerkraft* ist an den Bäumen

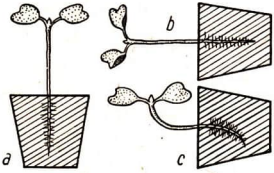


Abb. 75. Geotropismus eines Senfkeimlings. *a* Normallage, *b* horizontal gelegt, *c* darauffolgende geotropische Bewegung

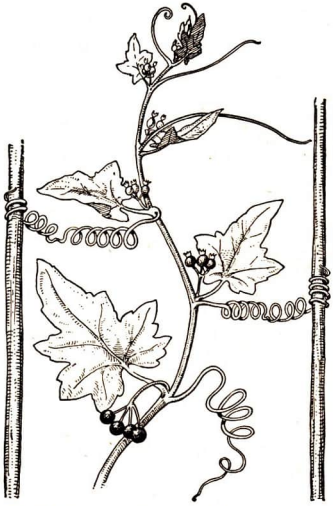


Abb. 76. Zaunrübe mit Ranken

eines Berghanges zu erkennen. Die einzelnen Bäume bilden zur Erdoberfläche verschieden große Winkel, aber untereinander verlaufen die Stämme parallel (Abb. 74). Die Hauptwurzel der Pflanze wächst in Richtung der Schwerkraft, ist also positiv **geotropisch**; der Stamm wächst in entgegengesetzter Richtung, er ist negativ geotropisch. Darum krümmen sich, sobald wir eine Pflanze horizontal legen, ihre einzelnen Organe so lange, bis sie die geotropische Normallage wieder eingenommen haben (Abb. 75).
Die Wachstumsrichtung der Wurzeln, die im allgemeinen von der Schwerkraft bestimmt ist, kann aber durch *chemische Reize*, z. B. Nährsalze, abgelenkt werden; die Wurzeln sind also auch positiv oder negativ **chemotropisch.** Auch *Wasser* bewirkt eine Abweichung von der geotropischen Ruhelage, da die Wurzeln positiv **hydrotropisch** reagieren. So bilden sich in Dränageröhren oft dichte Wurzelzöpfe. Einseitig zur Verfügung stehende *Luft* kann **aerotropische** Krümmungen bei Pilzfäden herbeiführen.
Beim Klettern der Rankenpflanzen (Erbse, Kürbis, Zaunrübe) sind mechanische Reize wirksam. Auf Grund ihrer *Berührungsempfindlichkeit* krümmt sich die Spitze einer Ranke zu einem Haken, sie ist **haptotropisch.** Sie bleibt damit an der Stütze hängen und umfaßt sie fest. Durch eine spiralige Aufrollung des restlichen Rankenteiles wird die Pflanze federnd an die Stütze herangezogen. Da die Ranke später meist verholzt, wird dadurch ihre Zugfestigkeit wesentlich erhöht (Abb. 76).

Nastien. Eine andere Art pflanzlicher Bewegungen finden wir bei den Entfaltungsbewegungen der Blüten. Sie öffnen und schließen sich je nach den *Temperatur-* oder *Licht*verhältnissen, führen also **thermo-** oder **photonastische** Wachstums-

Abb. 77. Weißklee, links Stellung der Blätter am Tage, rechts dieselbe Stelle nachts (Blitzlichtaufnahme)

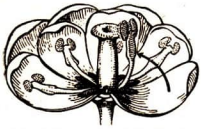


Abb. 78. Blüte der Berberitze. Das gereizte Staubblatt gegen den Fruchtknoten geklappt. Vergr. 3

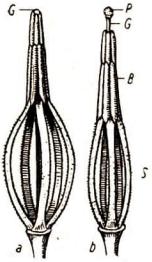


Abb. 79. Staubblätter der Flockenblume; *a* vor, *b* nach der Reizung. *B* Staubbeutel, *G* Griffel, *P* Pollen, *S* Staubfäden. Vergr. 4

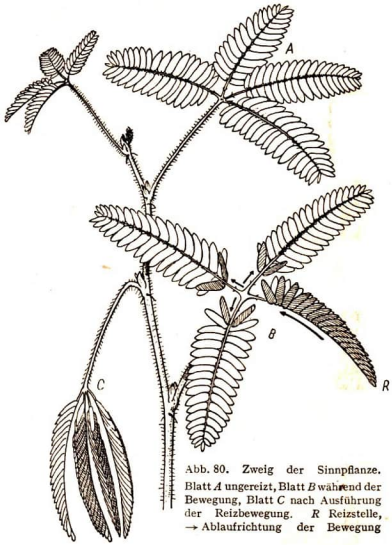


Abb. 80. Zweig der Sinnpflanze. Blatt *A* ungereizt, Blatt *B* während der Bewegung, Blatt *C* nach Ausführung der Reizbewegung. *R* Reizstelle, → Ablaufrichtung der Bewegung

bewegungen aus (Krokus, Tulpe, Schneeglöckchen, Korbblütler). Ähnlich folgen die bereits erwähnten *Schlafbewegungen* der Blätter (Bohne, Klee, Goldregen, Robinie u. a.) dem Tagesrhythmus der Beleuchtung und Temperatur (Abb. 77).

Besonders auffällig sind Bewegungen, bei denen *Erschütterungen* plötzliche Turgorbewegungen herbeiführen. Man nennt sie **seismonastische** Bewegungen (Seismograph = Erdbebenmesser). Sobald ein Insekt z. B. die Innenseite eines Staubfadens der Berberitze berührt, klappt das Staubblatt zum Stempel hin (Abb. 78). Aus gleichem Anlaß zucken die Staubfäden der Flockenblume ruckartig zusammen: die Staubbeutelröhre wird nach unten gezogen und der Pollen durch den Griffel oben herausgeschoben. Damit wird die Übertragung des Blütenstaubes begünstigt (Abb. 79). Die Erschütterungsbewegungen können wir am besten bei der Sinnpflanze *(Mimósa púdica)* beobachten (Abb. 80). Sie läßt sich an einem warmen, erschütterungsfreien Fensterplatz leicht aus Samen ziehen (Glasglocke überstülpen). Kneifen wir ein Fiederblättchen am äußersten Ende einer Seitenfieder mit der Pinzette, so klappen die Blättchen der Reihe nach rasch von der Spitze zur Basis zusammen. Dann beginnen die anderen Seitenfiedern in entgegengesetzter Richtung mit der Klappbewegung, bis sich plötzlich der Blattstiel im Hauptgelenk nach unten senkt. (S. auch S. 62.)

Ein sehr starker Reiz (Ansengen) pflanzt sich auch auf die benachbarten Blätter fort. Die Reizleitung erstreckt sich unter Umständen auf 50 cm Entfernung mit einer Geschwindigkeit bis zu 10 cm/sec. Damit werden Geschwindigkeiten erreicht, mit denen in Tiernerven Reize geleitet werden (Flußmuschel 5 cm/sec).

TABELLE I: **Reizbewegungen**

Reizanlaß	Gerichtete freie Ortsbewegungen: *Taxien*	Krümmungsbewegungen gerichtete: *Tropismen*	Krümmungsbewegungen ungerichtete: *Nastien*
Licht	Phototaxis	Phototropismus	Photonastie
Schwerkraft	Geotaxis	Geotropismus	
Chemische Stoffe Wasser Sauerstoff	Chemotaxis Hydrotaxis Aerotaxis	Chemotropismus Hydrotropismus Aerotropismus	Chemonastie (s. S. 61)
Wärme	Thermotaxis	Thermotropismus	Thermonastie
Mechanische Reize: Berührung Erschütterung		Haptotropismus	Haptonastie Seismonastie

II. Hygroskopische Bewegungen

Legen wir reife Fichten- oder Kiefernzapfen in Wasser, so schließen sich ihre Schuppen dicht zusammen; bei Trockenheit spreizen sie sich wieder auseinander. Derartige Bewegungen nennen wir *hygroskopisch*. Sie finden sich auch bei den toten Blütenkörbchen der Strohblume, den Zähnen am Rande der Mooskapsel (s. S. 106) und bei vielen Fruchtkapseln. Diese Bewegungen begünstigen die Verbreitung der Samen und Sporen.

Bei den hygroskopischen Bewegungen handelt es sich nicht um Reizbewegungen der lebenden Pflanze, sondern um Bewegungserscheinungen toter Pflanzenteile. Diese Bewegungen beruhen meist auf Quellungsvorgängen, die durch Wasseraufnahme oder -abgabe verursacht werden. Mit einer solchen hygroskopischen Bewegung bohrt sich die Frucht des Reiherschnabels in die Erde und sichert so die Keimung der Samen. Der zu einer Granne verlängerte Griffel der Reiherschnabelfrucht ist in trockenem Zustand korkzieherartig eingerollt, in feuchter Luft streckt er sich wieder gerade (Abb. 81). Dadurch eignet sich die Frucht als Feuchtigkeitsmesser (Hygroskop).

Abb. 81. Teilfrucht des Reiherschnabels
a trocken, eingerollt, *b* feucht, gestreckt

E. DER STOFFWECHSEL DER PFLANZE

I. Baustoffe, Betriebsstoffe, Wirkstoffe

Wir sahen, wie die Pflanze wächst, sich entwickelt und vermehrt, wie sie in ihrem Innern Stoffe transportiert und wie sie sich bewegt. Dafür braucht sie *Betriebsstoffe*, aus denen sie die nötige Energie gewinnt, und *Baustoffe*, die das Material für ihr Wachstum liefern. Die Pflanze muß sich deshalb *ernähren*. Sie tut das auf andere Weise als Tier und Mensch. Die Tierwelt ist in ihrer Ernährung von der Pflanzenwelt abhängig, nicht aber die Pflanzenwelt von der Tierwelt. Würden in einem abgeschlossenen Gebiet (z. B. einer einzelnen Insel im Ozean) alle Pflanzen aussterben, so müßten in kürzester Zeit auch die Tiere dieses Gebietes zugrunde gehen. Gäbe es in dem Gebiet aber keine Tiere mehr, so würde das nicht das Ende der Pflanzenwelt bedeuten. Tiere sind **heterotroph,** Pflanzen meist **autotroph;** d. h., Tiere und Menschen beziehen ihre Bau- und Betriebsstoffe unmittelbar oder mittelbar von der Pflanze, die Pflanze aber stellt sie sich selbst her. Sie baut sie aus bestimmten, als **Nährstoffe** bezeichneten anorganischen Stoffen auf.
In der Pflanze findet ein *Stoffwechsel* statt: Stoffe werden aus der Außenwelt aufgenommen, im Innern verändert und in das Gefüge der Pflanze als Bau- oder Reservestoffe eingelagert, d. h. assimiliert. Ein Teil dieser Stoffe wird dann unter Energiegewinn wieder abgebaut, die dabei auftretenden Endprodukte werden nach außen abgegeben. Um die mannigfachen chemischen Vorgänge, die sich dabei abspielen, in Gang zu bringen und zu lenken, bedarf die Pflanze der sogenannten **Wirkstoffe.** Auch diese muß sie selbst aufbauen.
Der Stoffwechsel der Pflanze geht in zwei Richtungen vor sich: *Im Baustoffwechsel werden aus Nährstoffen die Bau-, Betriebs- und Wirkstoffe hergestellt und die Baustoffe in der Pflanze verarbeitet. Im Betriebsstoffwechsel werden die Betriebsstoffe unter Energiegewinn umgesetzt und verbrannt (oxydiert).*

II. Baustoffwechsel

a) Nährstoffe der Pflanze

Um die Frage zu klären, welche Substanzen die Pflanze als Nährstoffe braucht, untersuchen wir zunächst, aus welchen *Elementen* sie besteht. Trocknen wir eine Pflanze bei 105° C, so verliert sie ihr gesamtes Wasser. Der Unterschied zwischen dem Frischgewicht und dem so gewonnenen Trockengewicht ergibt den Wassergehalt, der bei Blättern 80 bis 90%, bei saftigen Früchten, wie Tomaten und Gurken, bis 95%, bei trockenen Samen noch 13 bis 14% beträgt. Die übrigbleibende *Trockenmasse* besteht aus den Elementen Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, vorwiegend aber aus *Kohlenstoff*, der bis zu 50% am Aufbau der organischen Verbindungen der Pflanze beteiligt ist. Organische

Verbindungen in der Pflanze sind: Kohlenhydrate, Eiweiße, Fette, organische Säuren, Duftstoffe, Gerbstoffe und viele andere. Bei der Verbrennung der Trockenmasse entweicht ein Teil der Elemente in Gasform, z. B. der Kohlenstoff als Kohlendioxyd, der Stickstoff als flüchtiges Ammoniak. Als unverbrennbarer, mineralischer Rückstand verbleibt eine weißlich graue *Asche*, die je nach der Pflanzenart etwa 1 bis 20% der Trockenmasse ausmacht (Abb. 82). In der Asche findet man bei der Analyse regelmäßig die Oxyde einer Reihe von Elementen (Tab. II).

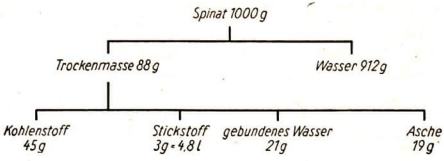


Abb. 82. Chemische Bestandteile der Pflanze (Spinat)

TABELLE II: **Aschenbestandteile**

Pflanzenteil	In 100 Teilen Asche sind enthalten								
	unentbehrlich						wahrscheinlich entbehrlich		
	K_2O	MgO	CaO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	Na_2O	SiO_2	Cl
Roggenkörner	32,1	**11,2**	2,9	1,2	**47,7**	1,3	1,5	**1,4**	0,5
Roggenstroh	22,5	**3,1**	8,2	1,9	**6,5**	4,2	1,7	**49,2**	2,2
Äpfel.....	35,7	8,7	4,1	1,4	13,7	6,1	26,0	4,3	—
Kartoffelknollen	59,6	4,9	2,6	1,1	16,9	6,5	2,9	2,0	3,5
Erbsensamen.....	43,1	8,0	**4,8**	0,8	**35,9**	3,4	1,0	**0,9**	1,6
Erbsenstroh.....	22,9	8,0	**36,6**	1,7	**8,0**	6,3	4,1	**6,8**	5,6

Bedeutung der fettgedruckten Zahlen s. S. 55, c)

Durch die Untersuchung wird festgestellt, daß *in erster Linie* **10 Elemente** am Aufbau der Pflanze beteiligt sind, die nie fehlen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen. *In zweiter Linie* folgen die Elemente Chlor, Natrium, Silicium, die wahrscheinlich für die meisten Pflanzen entbehrlich sind; Silicium findet sich oft in ansehnlicher Menge in Gräsern, Seggen, Binsen, Schachtelhalmen, Kieselalgen. *An dritter Stelle* stehen die **Spurenelemente** Bor, Mangan, Kupfer, Zink, Molybdän, Vanadium u. a., die unbedingt nötig sind, aber nur in feinsten Spuren vorhanden zu sein brauchen. Aus zwei Quellen kann die Landpflanze diese Elemente gewinnen, aus dem Boden, in dem sie wurzelt, und aus der Luft, in die sie ihre Stengel, Zweige und Blätter streckt. *Liebig* suchte im Jahre 1840 in seinem berühmten Werke „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie" zu begründen, daß sich die grüne Pflanze allein von anorganischen Stoffen zu ernähren vermag.

Diese Ansicht konnte indessen erst bewiesen werden, als es gelang, die Pflanze in **Wasserkultur,** d. h. in künstlichen *Nährlösungen,* zu ziehen. Dazu löst man in Wasser chemisch reine Salze, **Nährsalze,** auf. Eine der einfachsten Nährlösungen enthält:

1000 g dest. Wasser H_2O,	0,25 g Magnesiumsulfat $MgSO_4 \cdot 7H_2O$,
1 g Kalziumnitrat $Ca(NO_3)_2$,	0,25 g Kaliumnitrat KNO_3,
0,25 g Monokaliumphosphat KH_2PO_4,	Spur Eisensulfat $FeSO_4$.

Im allgemeinen genügen für die Nährlösung die angegebenen neun Elemente, da das zehnte, der Kohlenstoff, eine Sonderstellung einnimmt (s. Abschnitt b). Die anderen, vor allem die Spurenelemente, werden von der Pflanze nur in so kleinen Mengen gebraucht, wie sie als Verunreinigung im Wasser und in den Chemikalien enthalten sind bzw. aus dem Glas der Versuchsgefäße herausgelöst werden.

Um eine Wasserkultur anzulegen, lassen wir Senfsamen 24 Stunden in Wasser quellen und dann zwischen feuchtem Löschpapier keimen. Inzwischen füllen wir ein Einmachglas mit Nährlösung und überspannen die Öffnung mit Tüll. Die Wurzeln der Keimlinge stecken wir durch eine vergrößerte Masche so hinein, daß sie in die Lösung eintauchen. Um Algenwachstum zu verhindern, umhüllen wir das Glasgefäß mit schwarzem Papier (Abb. 83).

In einer solchen Nährlösung wächst die Pflanze ausgezeichnet und vermehrt auch ihren Gehalt an *Kohlenstoff,* obgleich er als einziges der zehn unumgänglich notwendigen Elemente nicht in der Lösung enthalten ist.

Die Wasserkultur lehrt uns also: fast alle Elemente werden als Wasser und Nährsalze dem Boden entzogen. Ein Element, den Kohlenstoff, nimmt die grüne Pflanze aus der Luft auf, in der er in Form von verbranntem Kohlenstoff, dem gasförmigen Kohlendioxyd, vorkommt.

Kohlendioxyd, Wasser und **Nährsalze,** *also anorganische Stoffe, sind die* **Nährstoffe der Pflanze.**

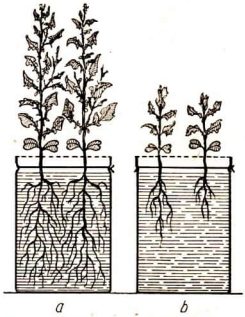


Abb. 83. Wasserkultur. *a* Senfkeimlinge in voller Nährlösung, *b* in destilliertem Wasser

b) Die Luft als Nährstoffquelle

Kohlenstoff ist in der Luft nur als Kohlendioxyd in einer Menge von 0,03 Raumprozenten enthalten, d. h. 3 l in 10 m³ Luft. Wenn wir Pflanzen, z. B. Senfkeimlinge, in kohlendioxydfreier Luft aufziehen, gehen sie ein; grüne Pflanzen „verhungern", falls ihnen kein Kohlendioxyd zur Verfügung steht (Abb. 84).

Die Aufnahme und Verarbeitung des Kohlendioxyds durch die grüne Pflanze nennen wir **Assimilation des Kohlenstoffs,** weil dieser dabei zu Pflanzenstoffen

verarbeitet und der Pflanze angeglichen, assimiliert wird. Bei diesem Prozeß stellt die grüne Pflanze aus **Kohlendioxyd** und **Wasser** über eine Reihe noch nicht sicher bestimmter Zwischenprodukte **Traubenzucker** her und scheidet dabei **Sauerstoff** aus. Aus *energiearmen* Stoffen wird der *energiereiche* Traubenzucker.
Die Energie für diesen Aufbauprozeß wird von der Sonne als strahlende Energie, als *Licht* geboten. Die Kohlenstoff-Assimilation wird daher als **Photosynthese** bezeichnet. Die folgende Gleichung gibt Anfang und Ende dieses Vorganges an:

energiearme Stoffe + Lichtenergie → energiereicher Stoff

Kohlendioxyd + Wasser + Sonnenlicht → Traubenzucker + Sauerstoff

$$6\,CO_2 \quad + 6\,H_2O \; + \; 674\text{ kcal} \;\rightarrow\; C_6H_{12}O_6 \quad + \quad 6\,O_2.$$

Die Photosynthese ist eine Leistung des Protoplasmas der chlorophyllführenden Zellen. Die *Organe der Assimilation* sind demnach die grünen Pflanzenteile, in erster Linie die *Blätter*. Als Eingangspforten für das Kohlendioxyd dienen im allgemeinen die *Spaltöffnungen*. Die Synthese des Traubenzuckers geht in den *Chlorophyllkörnern* vor sich.
Daß bei der Assimilation des Kohlenstoffs *Sauerstoff* frei wird, läßt sich leicht zeigen. Jeder Aquarienbesitzer hat einmal beobachtet, wie im Sonnenlicht von den Wasserpflanzen Ketten feiner Gasbläschen aufsteigen. Um dieses Gas in größerer Menge zu erhalten, bringen wir ein Bündel solcher Wasserpflanzen (z. B. Wasserpest) in ein Glas mit kohlendioxydhaltigem Wasser, stülpen einen Trichter darüber und über das Trichterrohr ein mit Wasser gefülltes Reagenzglas (Abb. 85). Stellen wir den Apparat ins Sonnenlicht, so sammeln sich die Gasbläschen im Reagenzglas an und verdrängen daraus das Wasser. Da sich ein glimmender Span an diesem Gas entzündet, erkennen wir es als Sauerstoff.

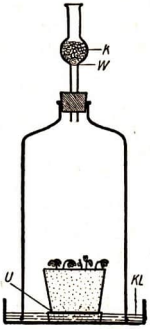


Abb. 84. Senfkeimlinge in Hungerkultur.
K Natronkalk, *Kl* Kalilauge, *U* Untersatz mit Wasser, *W* Watte

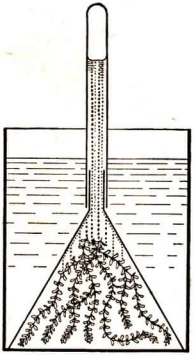


Abb. 85. Entwicklung von Sauerstoff bei der Assimilation

Im gleichen Versuch können wir die Wirksamkeit des *Lichtes* beobachten. Halten wir das Sonnenlicht durch eine vorgeschobene Pappe ab, so hört die Bläschenbildung auf; sie setzt aber sogleich wieder ein, wenn das Licht erneut auf die Pflanze fällt.
Der *Traubenzucker* wird in den Chlorophyllkörnern mit Hilfe besonderer Wirkstoffe (Fermente) meist sofort in **Stärke** verwandelt. Sie ist das erste chemisch nachweisbare Produkt der Assimilation. Wir bedecken

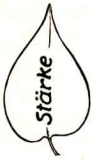


Abb. 86. Stärkebildung bei der Assimilation

ein zuvor ein bis zwei Tage mit schwarzem Papier verdunkeltes Blatt mit einer Schablone, aus der wir etwa das Wort „Stärke" ausgeschnitten haben, und setzen es dem Sonnenlicht aus. Bleichen wir das Blatt nach einigen Stunden, indem wir den grünen Farbstoff mit heißem Alkohol ausziehen, so färbt sich in einer Jodlösung der belichtete Teil blauschwarz (Abb. 86). Im Mikroskop erkennen wir an der Blaufärbung, daß die meisten Chlorophyllkörner Stärke enthalten müssen. Diese feinkörnige *Assimilationsstärke* wird bald wieder aufgelöst und als Zucker zu den Bedarfsstellen bzw. Reservebehältern (Knollen, Zwiebeln, Samen u. a.) transportiert. Dort wird sie in den Leukoplasten zu grobkörniger *Speicherstärke* (die Stärke der Nahrungsmittel) umgeformt (Abb. 87).

1 m² Blattfläche der Sonnenblume erzeugt in 1 Stunde 0,5 bis 1 g Traubenzucker und verbraucht dabei das Kohlendioxyd von 3 m³ Luft. Der Umfang der Assimilation hängt von der Zahl und der Oberfläche der Chlorophyllkörner ab: 1 mm² eines Rizinusblattes enthält in der Palisadenschicht 400000, in der Schwammschicht 90000 Chlorophyllkörner mit insgesamt 4 cm² Oberfläche.

Abb. 87. Stärke. *a* Assimilationsstärke in den Chlorophyllkörnern einer Moosblattzelle, Vergr. 500, *b* Speicherstärke in der Zelle einer Kartoffelknolle. Vergr. 200

Gewisse Bakterien sind imstande, das Kohlendioxyd der Luft auch *ohne Sonnenlicht*, im Dunkeln, zu assimilieren und Traubenzucker aufzubauen. Sie beziehen die dazu nötige Energie aus chemischen Umsetzungen. Diesen Assimilationsvorgang bezeichnen wir im Unterschied zur Photosynthese als **Chemosynthese.**

Auf dem Grunde stehender Tümpel und Gewässer, die reich an faulenden Eiweißstoffen sind, und auch im Meere leben *farblose Schwefelbakterien*, die den bei der Fäulnis entstehenden Schwefelwasserstoff oxydieren:

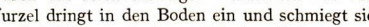
$$2\,H_2S + O_2 \rightarrow 2\,H_2O + S_2 + 122\text{ kcal.}$$

In den Zellen der Schwefelbakterien sind im Mikroskop kleine Schwefeltröpfchen sichtbar. Der Schwefel kann weiter zu Schwefelsäure oxydiert werden, die sogleich in Sulfat übergeht:

$$S_2 + 3\,O_2 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,H_2SO_4 + 284\text{ kcal.}$$

Auf den Rieselfeldern der Abwässerreinigung spielen diese Bakterien eine große Rolle. Im Schwarzen Meer bilden sie in etwa 200 m Tiefe eine Zone, die den aufsteigenden Schwefelwasserstoff umsetzt und beseitigt.

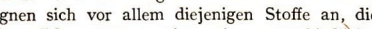
Auch die Assimilationstätigkeit der im Boden lebenden *nitrifizierenden Bakterien* (s. S. 162), die Ammoniak zu Nitrit und dieses zu Nitrat oxydieren, beruht auf Chemosynthese:



$$2\ NH_3 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ HNO_2 + 2\ H_2O + 158\ \text{kcal.}$$

$$2\ HNO_2 + O_2 \rightarrow 2\ HNO_3 + 43{,}2\ \text{kcal.}$$

Weitere chemosynthetisch assimilierende Bakterien sind die *Eisenbakterien* in eisenhaltigen Wässern, die Eisen-2-oxyd zu Eisen-3-oxyd verarbeiten, und die im Schlamm lebenden *Wasserstoffbakterien*, die den bei der Zellulosegärung sich bildenden Wasserstoff zu Wasser oxydieren:



$$2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O + 136\ \text{kcal.}$$

c) Der Boden als Nährstoffquelle

Die für den Baustoffwechsel erforderlichen Elemente werden in Form von Wasser und Nährsalzen durch das reichverzweigte *Wurzelwerk* aus dem Boden aufgenommen. Die Wurzel dringt in den Boden ein und schmiegt sich den Bodenteilchen so fest an, daß Wurzelgeflecht und Bodenteilchen zusammen den sogenannten *Wurzelballen* bilden.

Die Aufnahme der gelösten Nährsalze durch die Wurzelhaare beruht vorwiegend auf osmotischen Vorgängen (s. S. 10). Die Wurzelhaare nehmen jedoch nicht alles auf, was ihnen in der Nährlösung der Wasserkultur oder des Bodens geboten wird. Sie eignen sich vor allem diejenigen Stoffe an, die die Pflanze braucht. Verschiedene Pflanzenarten zeigen ein unterschiedliches Aufnahmevermögen, da sie trotz gleichen Standortes einen verschiedenen Salzgehalt haben. Auch die Organe ein und derselben Pflanze unterscheiden sich in ihrem Nährsalzgehalt, da die Zellen der einzelnen Organe ein verschiedenes *Speicherungsvermögen* haben (s. die fettgedruckten Zahlen der Tabelle II, S. 51). Auf Grund dieses Speicherungsvermögens reichert die Pflanze manche Salze in ihren Zellen so an, daß sie dort in wesentlich höherer Konzentration vorhanden sind als in der Bodenlösung.

Nicht immer sind alle Nährstoffe in gelöster Form im Bodenwasser enthalten. Daß die Pflanze selbst feste Bestandteile zu lösen vermag, können wir beobachten, wenn wir in einen Blumentopf ein poliertes Stück Marmor schräg einstellen, den Topf locker mit Gartenerde füllen und einen Bohnenkeimling einpflanzen (Abb. 88). Nach zwei bis drei Wochen ist die Platte dort, wo ihr die Wurzeln anliegen, geätzt. Die Wurzeln scheiden *Säuren* aus, die die mineralischen Bestandteile des Bodens zerlegen und auflösen. Der Boden wird von den Wurzeln „aufgeschlossen".

Abb. 88. Nachweis der Säurebildung durch die Wurzel. *E* Erde, *M* Marmorplatte

d) Bedeutung der Nährsalze

Daß die Nährsalze bzw. die einzelnen Elemente für die Pflanze nötig sind, wird ersichtlich, wenn wir das eine oder andere in der Nährlösung der Wasserkultur weglassen. Dann treten *Mangelerscheinungen* auf, krankhafte Störungen und Hemmungen in der Entwicklung; die Pflanze verkümmert und stirbt vorzeitig ab. Fehlen Kalium, Stickstoff oder Phosphor, so bleibt die Pflanze im Wachstum stehen und geht ein (s. Abb. 83b). Ohne Eisen wächst sie kümmerlich, bildet kaum Chlorophyll und zeigt daher ein bleiches Aussehen (Chlorose).
Einige Elemente verwendet die Pflanze als **Wirkstoffe**; hier scheint die besondere Funktion der *Spurenelemente* zu liegen. Andere werden als **Baustoffe** gebraucht. *Kohlenstoff, Wasserstoff* und *Sauerstoff* dienen bei der Photosynthese zum Aufbau des Traubenzuckers. In weiteren chemischen Synthesen wird der eben erst gewonnene Traubenzucker mit den *Nährsalzen* zu einer Fülle von Stoffen verbunden: Eiweiß, Öl, Zellulose, Farbstoffe (Chlorophyll u. a.), Duftstoffe, Harze, Gummi, Wirkstoffe usw., d. h., die Nährsalze werden **assimiliert.**
Der *Stickstoff* wird vor allem in die Eiweißstoffe eingebaut; für manche Eiweißverbindungen sind auch *Phosphor* und *Schwefel* erforderlich. *Magnesium* wird als Baustoff des Chlorophylls gebraucht, das sich nur bildet, wenn *Eisen* als Wirkstoff vorhanden ist. *Kalium* und *Kalzium* beeinflussen gemeinsam gewisse Eigenschaften des Protoplasmas, z. B. sein Quellungsvermögen.
Im allgemeinen werden die bei den Assimilationsvorgängen erzeugten Stoffe nicht an ihren Entstehungsorten, sondern an ganz anderer Stelle verbraucht. Darum fließt überall dorthin, wo die Pflanze wächst und neue Organe bildet, ein Strom von Traubenzucker und anderen Stoffen. Was die Pflanze im Augenblick nicht braucht, wird zu Reservebehältern weitergeleitet und gespeichert (s. S. 54).

III. Betriebsstoffwechsel

Wie ein Motor nicht ohne Betriebsstoff laufen und arbeiten kann, so kann auch die Pflanze nur bestehen, wenn ihr eine Energiequelle zur Verfügung steht.
Zur Kohlenstoff-Assimilation nützt sie – wie wir wissen – die Lichtenergie der Sonne aus. Für die weiteren Lebensvorgänge ist sie auf andere Energiequellen angewiesen, die sie sich durch *Atmung* und *Gärung* erschließt.

a) Atmung

Der Vorgang, daß Sauerstoff aufgenommen und verbraucht, Kohlendioxyd gebildet und abgegeben wird, ist uns von Mensch und Tier als *Atmung* bekannt.
Wir füllen einen Glaszylinder zu zwei Dritteln mit gequollenen, keimenden Erbsen oder mit Blütenköpfchen eines Korbblütlers und verschließen ihn fest. Führen

wir nach etwa einer Stunde einen brennenden Span ein, so erlischt er: die Pflanzen haben den Sauerstoff verbraucht. Stecken wir in den Glaszylinder – besser in eine Thermosflasche – ein Thermometer, so daß die Quecksilberkugel von Erbsen bzw. Blütenköpfchen bedeckt ist, so beobachten wir einen Temperaturanstieg. Es muß demnach Energie frei werden (Abb. 89). – In einem zweiten Versuch gießen wir in ein weites Glasgefäß so hoch Kalkwasser, daß es an die Spitze eines eingehängten Trichters heranreicht. Diesen füllen wir mit keimenden Erbsen und bedecken ihn mit einer Glasplatte (Abb. 90). Nach mehreren Stunden trübt sich das Kalkwasser: die Erbsen haben Kohlendioxyd ausgeschieden.

Abb. 89. Atmung und Wärmebildung.
K Keimende Erbsen, *T* Thermometer, *Th* Thermosflasche, *W* Watte

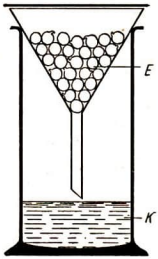


Abb. 90. Bildung von CO_2 bei der Atmung.
E Erbsen, *K* Kalkwasser

Also *auch die Pflanze atmet* und gewinnt in ähnlicher Weise wie Mensch und Tier ihre Betriebsenergie. *Sie nimmt einen Teil des bei der Kohlenstoff-Assimilation gewonnenen* **Traubenzuckers** *als* **Betriebsstoff** *und verbrennt ihn mit dem* **Sauerstoff** *der Luft zu* **Kohlendioxyd** *und* **Wasser.** Dabei wird die im Traubenzucker gestapelte Sonnenenergie als chemische Energie und Wärme frei. *Mit der chemischen Energie führt die Pflanze die weiteren Lebensfunktionen durch.*

Diese *Atmung* verläuft genau entgegengesetzt der Assimilation; man bezeichnet sie deshalb auch als **Dissimilation.**

Traubenzucker + Sauerstoff → Kohlendioxyd + Wasser + Energie

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 674 \text{ kcal.}$$

Der Energiegehalt des Traubenzuckers geht beim Aufbau der anderen organischen Verbindungen an diese über. Da Tier und Mensch als heterotrophe Wesen ihre Betriebsstoffe direkt oder indirekt aus den pflanzlichen Stoffen beziehen, stammt die *Lebensenergie* fast *aller Organismen* von der *Sonne.*

Die Pflanze atmet zu jeder Zeit; nur ist die Atmung am Tage nicht ohne weiteres nachzuweisen, weil das dabei entstehende Kohlendioxyd sogleich wieder zur Photosynthese verbraucht wird. *Alle Pflanzenteile atmen.* Kartoffelknollen veratmen während des Winters einen Teil der aufgespeicherten Stoffe. Aus demselben

Grunde büßen Zuckerrüben während des Lagerns merklich an Zuckergehalt ein; sie werden deshalb in den Zuckerfabriken möglichst rasch verarbeitet (Rübenkampagne). Auch die Wurzeln atmen. Darum ersticken Bäume langsam, wenn das Erdreich festgetreten oder zu hoch um sie aufgeschüttet ist.

b) Gärung

Neben der Atmung gibt es noch eine weitere Art des Energiegewinnes. Wir können sie beobachten, wenn wir in einem großen Kolben zu 200 cm³ einer 15%igen Traubenzuckerlösung etwa 10 g Bäckerhefe geben (Abb. 91). Nach kurzer Zeit beginnen aus dem Glasrohr Gasblasen auszutreten, die im Kalkwasser des kleinen Gefäßes einen Niederschlag erzeugen, also aus Kohlendioxyd bestehen. Diese Gasbildung setzt sich einige Tage lang fort. Die Hefe baut den Zucker zu Kohlendioxyd ab, obgleich kein Sauerstoff der Luft zur Verfügung steht.

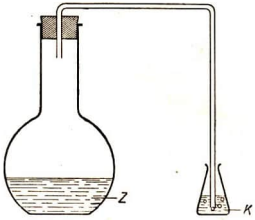


Abb. 91. Gärung.
K Kalkwasser, *Z* Zuckerlösung mit Hefe

Wir nennen diesen Vorgang eine *Gärung*. Sie ist ein Abbau, eine Dissimilation wie die Atmung, und erschließt wie diese dem Lebewesen eine Energiequelle. Im Gegensatz zur Atmung geht sie jedoch ohne Sauerstoffzufuhr vonstatten. Während bei der Atmung der Traubenzucker völlig in Kohlendioxyd und Wasser zerfällt, wird er oder ein anderer organischer Stoff bei der Gärung mit Hilfe des im Molekül gebundenen Sauerstoffs nur teilweise abgebaut. Bei der sogenannten *alkoholischen Gärung* wird Traubenzucker durch eine Fermentgruppe der Hefe, die Zymase, über eine Reihe von Zwischenprodukten zu Alkohol und Kohlendioxyd abgebaut.

$$\text{Traubenzucker} \rightarrow \text{Alkohol} + \text{Kohlendioxyd} + \text{Energie}$$

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 + 24\text{ kcal.}$$

Dabei wird eine im Vergleich zur Atmung allerdings recht geringe Menge Energie frei (s. Atmungsgleichung, S. 57). Wir nennen Organismen, die für ihr Leben keinen Sauerstoff brauchen, *Anaerobier*, im Gegensatz zu den *Aerobiern*, die auf ihn angewiesen sind. Für die meisten Anaerobier ist es wie bei der Hefe ohne Bedeutung, ob Sauerstoff zutritt oder nicht; sie sind *fakultativ* (wahlweise) *anaerob*. Auf gewisse Bakterien, wie Buttersäure- und Starrkrampfbazillen, wirkt er sogar giftig; sie sind *obligat* (zwangsweise) *anaerob*.

Gärung vollzieht sich in der Natur überall, wo Bakterien, Schimmelpilze und Hefepilze tote organische Substanzen abbauen. Gärungsvorgänge wirken mit, wenn das im Herbst gefallene Laub rasch und gründlich verrottet; auch an der Selbstreinigung der Flüsse sind Gärungsprozesse durch Bakterien und Pilze weitgehend beteiligt.

IV. Besondere Formen des Stoffwechsels

Die *autotrophe grüne* Pflanze ist dank dem Chlorophyll imstande, ihr organisches Baumaterial aus einfachen anorganischen Verbindungen selbst herzustellen. Daneben gibt es *chlorophyllfreie* Pflanzen, wie die meisten Bakterien und die Pilze, die den Kohlenstoff nicht assimilieren und keinen Traubenzucker aufbauen; sie können deshalb auch im Dunkeln gedeihen. Aber auch sie benötigen Traubenzucker als Bau- und Betriebsstoff. Die meisten Pilze und Bakterien beziehen ihn *in fertiger Form* oder wandeln andere organische Verbindungen in Traubenzucker um. Sie sind also in bezug auf den *Kohlenstoff* von anderen Lebewesen abhängig, sie sind *kohlenstoff-heterotroph*. Ebenso nehmen die meisten Pilze und Bakterien den *Stickstoff* nur als organische Verbindung – unter Umständen als fertiges Eiweiß – auf, sie sind also auch *stickstoff-heterotroph*.
Für die Pflanzen, die in ihrem Stoffwechsel von dem der grünen Pflanze abweichen, gibt es zwei Wege, sich Traubenzucker oder andere organische Substanz anzueignen. Entweder beziehen sie diese Stoffe aus *totem* pflanzlichem oder tierischem Material, dann sind sie *Fäulnisbewohner (Saprophyten)*; oder sie beziehen diese von *lebenden* Pflanzen und Tieren, dann sind sie *Schmarotzer (Parasiten)*.

Saprophyten. Wenn sich Bakterien und Pilze ihre Nahrung aus toten organischen Stoffen (Holz, Zellulose, Eiweiß u. a.) herausholen, müssen sie diese zuvor spalten und zersetzen. Alle Zersetzungsprozesse organischer Massen gehen auf diese Ernährungsart zurück. Die Vorgänge der Gärung, Vermoderung, Fäulnis und Verwesung sind ihr Werk (s. S. 78).

Parasiten. Groß ist die Zahl der Bakterien und Pilze, die ihr Leben als Schmarotzer führen. Unter ihnen gibt es zahlreiche, die sich an einen bestimmten Wirt angepaßt haben (z. B. Rostpilze). Viele schädigen Menschen, Tiere und Pflanzen und werden deshalb energisch bekämpft.
Auch manche höheren Pflanzen sind zur schmarotzenden Lebensweise übergegangen. Die auf Bäumen lebende Mistel ist als grüne Pflanze hinsichtlich des Kohlenstoffs autotroph, entnimmt aber ihrem Wirte Wasser, Nährsalze und Stickstoffverbindungen. Die auf den Wiesen häufigen Augentrostarten *(Euphrásia)* bilden an den Berührungsstellen ihrer Wurzeln mit denen des Wirtes (z. B. Gräser) Saugwarzen aus. Da sie grüne Blätter haben, können sie – allerdings nur kümmerlich – noch autotroph leben. Zwei weiteren häufigen

Abb. 92. Saugwarze der Kleeseide.
S Seide, *W* Wirtspflanze. Vergr. 50

Abb. 93. Schmarotzer. Links Schuppenwurz, rechts Sommerwurz

Wiesenpflanzen, dem Klappertopf *(Rhinánthus)* und dem Wachtelweizen *(Melampýrum)*, sieht man die parasitische Lebensweise auch nicht an, weil sie Chlorophyll bilden. Graben wir aber nach, so finden wir, daß ihre Wurzeln andere Pflanzen anzapfen. Diese grünen Schmarotzer bezeichnen wir als *Halbparasiten*, weil sie noch eine Photosynthese durchführen können. Zum *Vollparasiten* ist dagegen die auf Wurzeln unserer Erlen, Eichen und Haselsträucher lebende Schuppenwurz *(Lathráea)* geworden (Abb. 93); sie streckt nur ihre rötlichen Blütensprosse aus der Erde. Gefährliche Feinde der Landwirtschaft sind Kleeseide *(Cuscúta*, Abb. 92, 94*)* und einige Sommerwurzarten *(Orobánche*, Abb. 93*)*, deren Samen nur keimen,

Abb. 94. Kleeseide

wenn sie mit der Wurzel einer Wirtspflanze in Berührung kommen und dann aus ihr die notwendigen Nährstoffe ziehen können.

Symbiose. Während beim Schmarotzertum immer ein Partner geschädigt wird, leben bei der Symbiose zwei Organismen in der Form zusammen, daß sich beide Partner gegenseitig ergänzen. Sie bilden eine *Ernährungsgemeinschaft*. Eine ausgeprägte Symbiose finden wir bei den **Flechten** (s. S. 102). Dort hat sich ein Pilz mit einer ein- oder mehrzelligen Alge zu einer neuen Pflanze zusammengeschlossen. Die Alge erzeugt photosynthetisch Traubenzucker, der auch dem Pilz zugute kommt; der Pilz holt aus der Unterlage Nährsalze für sich und die Alge heraus. Diese Symbiose ermöglicht es der Flechte, auch solche Standorte zu besiedeln, auf denen weder Pilz noch Alge allein gedeihen können.

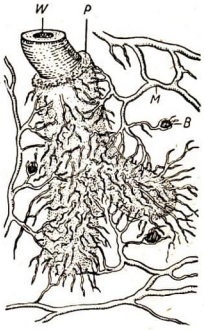


Abb. 95. Mykorrhiza an der Wurzel einer Rotbuche.
B Bodenteilchen, *M* Myzel im Boden, *P* Myzel an der Wurzel, *W* Wurzel. Vergr. 15

Sehr verbreitet ist die als **Pilzwurzel** *(Mykorrhíza)* bezeichnete Symbiose zwischen Pilz und grüner Pflanze. Die Wurzelenden vieler unserer Waldbäume sind mit einer filzigen Hülle von Pilzfäden umsponnen (Abb. 95). Sie ersetzen die den Baumwurzeln fehlenden Wurzelhaare und sorgen für die Zufuhr von Wasser mit Nährsalzen. Die Pilze entziehen der grünen Pflanze organische Nahrungs- und Wuchsstoffe. Oft bevorzugen die Pilze bestimmte Bäume (Birkenpilz auf Birke, Goldröhrling auf Lärche usw.).

Bei vielen humusbewohnenden Blütenpflanzen (z. B. Orchideen) dringt der Pilz in die Wurzelzellen der Wirtspflanze ein, lebt in der äußeren Wurzelrinde und wird in der inneren von der grünen Pflanze als Nahrungsquelle benutzt und verdaut (Abb. 96).

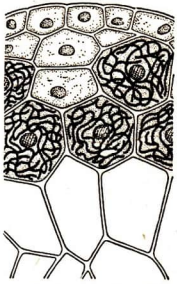


Abb. 96. Mykorrhiza in den Zellen der Wurzelrinde der Nestwurz (Orchidee). Vergr. 150

Die **insektenfressenden Pflanzen** sind eine in ihrer Ernährung eigenartige Gruppe von Pflanzen. Am bekanntesten ist der an moorigen Standorten heimische Sonnentau *(Drósera)*. Seine Blättchen sind mit Drüsenhaaren besetzt, deren Köpfe mit klebrigen, in der Sonne glänzenden Tröpfchen überzogen sind. Bleibt ein Insekt daran hängen, so neigen sich die Randborsten chemonastisch (s. S. 49) nach innen. Der Insektenleib wird eingehüllt und mit einer verdauenden Flüssigkeit überschüttet, die dann wieder aufgesaugt wird. Ähnlich ist es beim Fettkraut *(Pinguícula)*, dessen längliche Blätter sich von den Rändern her einrollen.

Eine andere Fangmethode besitzen der einheimische, oft in Aquarien gehaltene Wasserschlauch *(Utriculária)* und die tropischen Kannenpflanzen *(Nepénthes)*.

Abb. 97. Kannenpflanze

Bei ihnen sind Blätter oder Blattteile in Insektenfallen umgewandelt (Abb. 97). Die in Gewächshäusern gezogene nordamerikanische Venusfliegenfalle *(Dionáea muscípula)* führt beim Fang lebhafte seismonastische Bewegungen aus (s. S. 48). Wird eines der sechs reizbaren Haare der Blattspreite von einem Insekt berührt, so klappen die Blatthälften mit einem Ruck nach oben, wobei die Randzähne ineinandergreifen und das Insekt wie in einer Klappfalle gefangen wird (Abb. 98).

Die insektenfressenden Pflanzen ernähren sich hinsichtlich des Kohlenstoffs wie alle anderen grünen Pflanzen. Bei hinreichender Ernährung mit Nährsalzen können sie voll autotroph aufgezogen werden. Da aber ihre Standorte, z. B. Hochmoore, meist arm an Stickstoff und Phosphor sind, entziehen sie diese Stoffe den gefangenen Insekten.

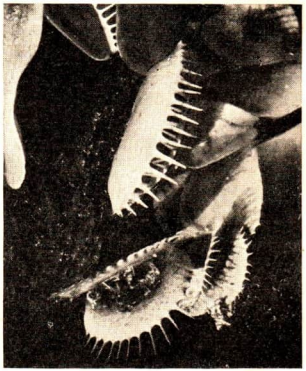


Abb. 98. Venusfliegenfalle. Links: das mittlere Blatt geöffnet, rechts: nach Reizung geschlossen; Blatt unten mit Resten eines verdauten Insektes

V. Kreislauf des Kohlenstoffs

Kohlenstoff ist am Aufbau der lebenden Substanz in Millionen chemischer Verbindungen beteiligt.

Da alle Lebewesen vom Kohlenstoffgehalt der Luft abhängig sind, erhebt sich die Frage, ob die Atmosphäre für das vielfältige, sich ständig erneuernde Leben auf der Erde genug Kohlenstoff zur Verfügung hat. Man hat ausgerechnet, daß fünfunddreißig Jahre Assimilationstätigkeit auf der Erdoberfläche genügen würden, um den gesamten Kohlendioxydvorrat der Luft zu erschöpfen. Dies wird durch die Dissimilationsvorgänge der Atmung und Gärung verhindert, die im Gegensatz zur Assimilation das Kohlendioxyd an die Lufthülle zurückgeben. Alle Lebewesen atmen, die grünen Pflanzen ebenso wie die von ihnen abhängigen heterotrophen Pflanzen, Tiere und Menschen. Durch die Atmung der Organismen und die nach ihrem Tode eintretende Gärung und Fäulnis verfällt alle organische Substanz der Zersetzung. Damit wird der in den Lebewesen gebundene Kohlenstoff als Kohlendioxyd frei und der Atmosphäre wieder zugeführt (Abb. 99). *Die Luft ist dadurch eine nie versiegende Kohlenstoffquelle.*

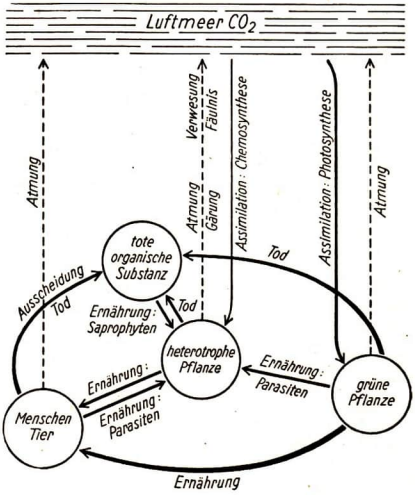


Abb. 99. Kreislauf des Kohlenstoffs

F. FORTPFLANZUNG UND ENTWICKLUNG DER PFLANZE

Jede Pflanze hat, wie alle Lebewesen, nur eine begrenzte Lebensdauer. Vor ihrem Absterben erzeugt die Pflanze aber Nachkommen, d. h., sie vermehrt sich und pflanzt sich fort. Dadurch wird die Art verbreitet und erhalten.
Die einfachste Form der Fortpflanzung zeigen viele einzellige Lebewesen, die sich durch eine *Zweiteilung* des ganzen Zellkörpers vermehren (Abb. 100).

Abb. 100. Spaltung eines Bakteriums

I. Keimbildung

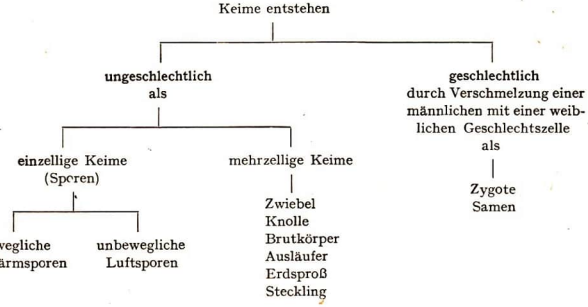
Die meisten Pflanzen vermehren sich durch die Ausbildung besonderer, nur der Fortpflanzung dienender **Keime.** Die Erzeugung der Keime kann den Lebenszyklus einer Pflanze abschließen, wie die Samenbildung bei den ein- und zweijährigen Kräutern (Hirtentäschel, Gartenaster, Mohrrübe), oder sie kann sich über die ganze Lebensdauer einer Pflanze erstrecken, wie bei den Bäumen. Befinden sich die Keime in einem Ruhezustand, so sind sie im allgemeinen unempfindlich gegen Austrocknung, Frost, Hitze usw. und dadurch befähigt, ungünstige Lebensbedingungen zu überstehen. Treten für das Leben günstige Umweltbedingungen ein, so entwickeln sich aus den Keimen neue Pflanzen. In den Keimen sind Reservestoffe aufgestapelt, die der jungen Pflanze als Nahrung dienen, bis sie Blattgrün und Würzelchen gebildet hat und sich selbst ernähren kann.
Ihrer Entstehungsart nach unterscheiden wir zwei Gruppen von Keimen. Die der einen Gruppe gehen aus Umbildungen bestimmter Organe, aus abgestoßenen oder abgeschnürten Teilen oder Einzelzellen hervor. Diese Art der Fortpflanzung bezeichnen wir als *ungeschlechtlich.* Im Gegensatz dazu gehen die Keime der zweiten Gruppe aus einer Verschmelzung zweier Zellen (Geschlechtszellen) hervor. Sie entstehen *geschlechtlich;* wir sprechen dann von einer geschlechtlichen Fortpflanzung. Häufig besitzen die Pflanzen die Fähigkeit, sich auf beide Arten zu vermehren. Die Kartoffelpflanze kann sich z. B. ungeschlechtlich durch die Knollen, die eigentlichen „Kartoffeln", fortpflanzen; dies sind verdickte unterirdische Ausläufer (Sproßknollen). Sie vermehrt sich aber auch geschlechtlich durch Samen; diese entstehen nach der Bestäubung einer Blüte durch die Verschmelzung einer weiblichen und einer männlichen Geschlechtszelle.

Bei der **ungeschlechtlichen Fortpflanzung,** zu der auch die Zweiteilung eines Einzellers gehört, zerfallen z. B. mehrzellige Fäden einer Alge in einzelne Bruchstücke, die wieder zur üblichen Länge auswachsen. Bei höher diffe-

renzierten Pflanzen aber entstehen an bestimmten Teilen *(Sporenträgern)* oder in besonderen Behältern *(Sporangien)* einzellige Keime, die wir **Sporen** nennen. Bei *im Wasser lebenden* Formen (Algen) können diese Keime durch Geißeln beweglich sein; sie werden dann als *Schwärmsporen* bezeichnet (Abb. 128, S. 85). Landpflanzen, wie Pilze, Moose und Farne, haben dagegen unbewegliche, mit einer derben Hülle umgebene *Luftsporen* (Abb. 160, 162, S. 109, 112), die ein so geringes Gewicht besitzen, daß sie leicht vom Wind verbreitet werden können (s. S. 173). Größere mehrzellige Keime besitzen vor allem die höheren Pflanzen von den Moosen an aufwärts. So haben viele Moose sogenannte *Brutkörper*, wie wir sie besonders gut in den Brutbechern des Brunnenlebermooses sehen (Abb. 154, S. 104). Der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dienen auch die *Brutknöllchen* in den Blattachseln des Scharbockskrautes, die unterirdischen *Sproß-* und *Wurzelknollen* von Kartoffel, Krokus und Dahlie, der *Erdsproß* von Maiglöckchen, Quecke und Schwertlilie, die *Zwiebeln* vieler Liliengewächse, die oberirdischen *Ausläufer* der Erdbeere, des Kriechenden Hahnenfußes u. a. (Abb. 55, 56, 57, S. 34). Auch die Vermehrung mancher Kulturpflanzen durch *Stecklinge* ist eine ungeschlechtliche Fortpflanzung. Bei den höheren Pflanzen herrscht die **geschlechtliche Fortpflanzung** vor. Sie beruht auf der Bildung von männlichen (♂) und weiblichen (♀) **Geschlechtszellen** *(Gameten)*, die bei der **Befruchtung** zu einer einzelligen **Zygote** verschmelzen. Die Zygote kann sofort zu einer neuen Pflanze auskeimen oder bei ungünstigen Lebensbedingungen sich mit einer derben Wand umgeben und in ein Ruhestadium treten. Wir bezeichnen sie dann als *Dauerzygote*.

Bei den Samenpflanzen entwickelt sich die Zygote sofort zu einem Keimling, der aber noch vom Gewebe der Mutterpflanze eingehüllt bleibt. Wenn der Keimling eine bestimmte Größe erreicht hat, stellt er sein Wachstum ein und geht in einen Ruhezustand über. Erst jetzt wird der junge Keimling mit seiner Hülle als **Same** von der Pflanze abgelöst.

Einteilung der Keime



II. Fortpflanzungsverhältnisse der niederen Pflanzen

Im Pflanzenreich gibt es viele verschiedene Arten der geschlechtlichen Fortpflanzung. Sie werden um so komplizierter, je erdgeschichtlich jünger eine Pflanze ist. Wir können eine regelrechte Entwicklungsreihe aufstellen (Abb. 101).

Die – wahrscheinlich erdgeschichtlich ältesten – kernlosen Spaltpflanzen (Bakterien und Blaualgen) pflanzen sich durch einfache Spaltung und zum Teil durch Bildung von Sporen, also nur ungeschlechtlich, fort.

Bei den kernführenden niederen Pflanzen tritt dazu meist noch eine geschlechtliche Fortpflanzung. Es entstehen sowohl ungeschlechtliche Keime als auch Geschlechtszellen. Auf der einfachsten Stufe sind alle gleichgestaltet und unterscheiden sich nur in ihrer Funktion (Abb. 101a).

Bei zahlreichen Grünalgen dagegen entstehen in manchen Zellen *(Sporangien)* viele kleine Schwärmsporen, in anderen *(Gametangien)* größere Geschlechtszellen. Diese Geschlechtszellen sind unter sich gleichgestaltet und werden deshalb als *Isogameten* (Abb. 101b; 128, S. 85) bezeichnet; ihrer Funktion nach sind sie aber in männliche und weibliche Geschlechtszellen getrennt.

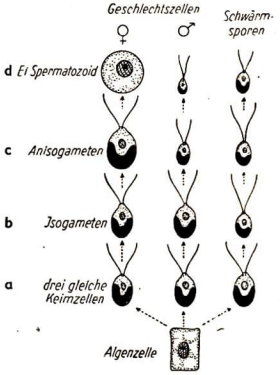


Abb. 101. Stufen der Keimzellbildung bei Algen

Auf der nächsthöheren Stufe unterscheiden sich die männlichen und weiblichen Geschlechtszellen auch in ihrer Größe, und zwar sind die weiblichen größer als die männlichen. Wir sprechen von *Anisogameten* (Abb. 101c).

Auf einer weiteren Stufe der Differenzierung werden die weiblichen Geschlechtszellen unbeweglich und schweben nur passiv im Wasser als *Ei*. Die meist bedeutend kleineren männlichen Geschlechtszellen werden in diesem Fall *Spermatozoiden* genannt (Abb. 101d). Die Geschlechtsorgane, in denen die Spermatozoiden entstehen, sind die *Antheridien*.

Wird das Ei nicht mehr aus seiner Bildungszelle, dem Gametangium, entlassen, sondern dort befruchtet, so bezeichnen wir diesen einzelligen Eibehälter als *Oogonium* (Abb. 130, S. 86). Moose und Farnpflanzen haben mehrzellige Eibehälter. Wir nennen sie *Archegonien*. In diesen ist das Ei von einer mehrzelligen Hülle unfruchtbarer (steriler) Zellen umgeben (Abb. 156, 160, S. 105, 109).

Mit dieser allmählichen Differenzierung der Fortpflanzungsverhältnisse bildet sich eine Arbeitsteilung zwischen den Zellen einer Pflanze heraus. Die Mehrzahl der Zellen dient der Ernährung, und nur wenige werden zu Fortpflanzungsorganen.

Zusammenstellung der Fortpflanzungsverhältnisse

bei Spaltpflanzen, Lagerpflanzen, Moospflanzen und Farnpflanzen.

A) Alle Zellen einer Pflanze können der Fortpflanzung dienen

B) Es werden besondere Fortpflanzungsorgane ausgebildet

1. Sporangien → Schwärmsporen
   → Luftsporen

2. Gametangien → Isogameten
   → Anisogameten

   a) Oogonium bzw. Archegonium → Eizelle

   b) Antheridium → Spermatozoid

III. Übergang zu den Samenpflanzen

Den Übergang von den relativ einfachen Fortpflanzungsverhältnissen der niederen Pflanzen zu denen der Samenpflanzen beobachten wir bei den **Farnpflanzen.** Die geschlechtliche Form der Farnpflanzen ist ein kleiner unscheinbarer Thallus, ein **Prothallium** (Abb. 160, S. 109), das bei Schachtelhalmen, Moosfarnen und Wasserfarnen zweihäusig ist. Die Sporen, aus denen die männlichen und weiblichen Geschlechtspflanzen hervorgehen, sind entweder äußerlich gleich (Schachtelhalm) oder – bei den Wasserfarnen (s. S. 111) und den Moosfarnen (s. S. 113) – in *Makrosporen* (groß) und *Mikrosporen* (klein) gesondert. Aus der Makrospore wird eine weibliche Pflanze mit Archegonien, aus der Mikrospore eine männliche mit Antheridien. Die Geschlechtspflanzen sind beim Moosfarn so klein, daß sie beim Keimen der Sporen innerhalb der Sporenhaut bleiben, die dann aufplatzt und den Spermatozoiden den Weg zur Eizelle freigibt.

Die Sporen der Farne entstehen in Sporangien an der Unterseite der Blätter (Wedel), die beim Wurmfarn sämtlich gleich gebaut sind. Andere Farne, z. B. der Rippenfarn (s. S. 111), tragen die Sporangien an besonders dazu umgebildeten Blättern, den Sporenblättern *(Sporophyllen)*. Bei Bärlappen und Schachtelhalmen stehen diese in

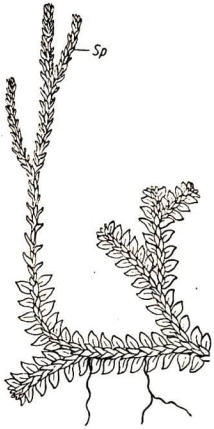


Abb. 102. Moosfarn. *Sp* Sporophyllstände

ährenförmigen *Sporophyllständen* zusammen (Abb. 102 und 162, S. 112), die wir als Vorläufer der Blüte ansehen können.

Von hier aus finden wir den Zugang zur höchsten Stufe der Fortpflanzungsverhältnisse, wie sie bei den Samenpflanzen, den erdgeschichtlich jüngsten Pflanzen, anzutreffen sind. Die männlichen und weiblichen Blüten der **Nacktsamigen,** etwa einer Kiefer, sind nichts anderes als solche Sporophyllstände. Die gelben männlichen Blüten tragen schraubig um eine Achse angeordnete Staubblätter. Jedes hat auf der Unterseite zwei Pollensäcke. An der weiblichen Blüte sitzen, ebenso schraubig angeordnet, rötliche, schuppenförmige Fruchtblätter mit zwei frei auf der Oberfläche liegenden „nackten" Samenanlagen. Wir bezeichnen hier in der weiblichen Blüte die Sporenblätter als Fruchtblätter, die Sporangien als Samenanlagen, in der männlichen entsprechend als Staubblätter und Pollensäcke. Das junge einzellige Pollenkorn ist der Mikrospore gleichzusetzen.

Eine **Samenanlage** ist ziemlich kompliziert gebaut (Abb. 104). Sie besteht bei der Kiefer aus der äußeren *Hülle (Integument)*, die an der Spitze ein **Loch,** den Keimmund *(Mikropyle)*, freiläßt, und aus einem von der Hülle umschlossenen inneren Gewebeteil, dem *Nucellus*, der den *Embryosack* umgibt. Dieser ist anfangs eine einzige große Zelle und entspricht der Makrospore der Farnpflanzen.

Während bei den Farnpflanzen die Sporen vom Winde weggetragen oder von der Pflanze abgeschleudert werden (Moosfarn) und sich die Prothallien mehr oder weniger selbständig entwickeln, bleiben bei den Samenpflanzen die Makrosporen endgültig mit der sie erzeugenden Pflanze verbunden. Bei ihnen setzt sich die an den Farnpflanzen zu beobachtende Entwicklungstendenz fort. Die Prothallien

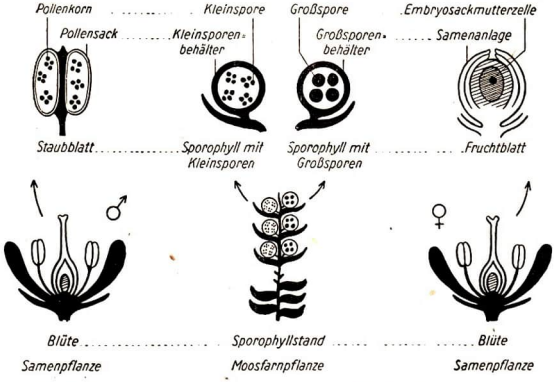


Abb. 103. Vergleich zwischen Samenpflanzen und Farnpflanzen. Die durch Strichelchen verbundenen Pflanzenteile entsprechen einander

werden immer weiter vereinfacht und verlassen schließlich die Sporenhaut überhaupt nicht mehr.

Bei der Kiefer ist das aus dem Embryosack hervorgegangene weibliche Prothallium noch deutlich erkennbar; es bleibt immer von der Samenanlage umschlossen und trägt mehrere *Archegonien* (Abb. 104). Das männliche Prothallium dagegen ist weitgehend rückgebildet; es besteht nur aus dem wenigzelligen reifen Pollenkorn, das als „Blütenstaub" vom Winde weggetragen wird. Antheridien sind nicht vorhanden. Ist bei den Farnpflanzen zur Befruchtung unbedingt ein Tropfen Wasser nötig, der Antheridium und Archegonium verbindet und in dem ein Spermatozoid durch den Hals des Archegoniums zur Eizelle schwimmt, so ist bei den Nacktsamigen dieser Weg nicht mehr möglich. Die getrenntgeschlechtigen Blüten ragen frei in die Luft, so daß keine Wasserbrücke zwischen ihnen gebildet werden kann. Auch sind die vom Nucellus eingeschlossenen Archegonien nicht mehr frei zugänglich. Indem der Wind einige Pollenkörner in die Mikropyle der Samenanlage trägt, werden die weiblichen Blüten bestäubt. Damit ist die Befruchtung eingeleitet.

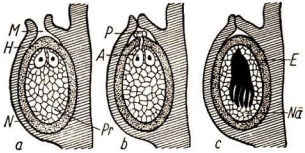


Abb. 104. Samenanlage einer nacktsamigen Pflanze (schematisch); *a* vor, *b* während der Befruchtung, *c* während der Samenbildung.

A Archegonium, *E* Embryo, *H* Hülle, *M* Mikropyle, *N* Nucellus, *Nä* Nährgewebe, *P* Pollenkorn, *Pr* Prothallium

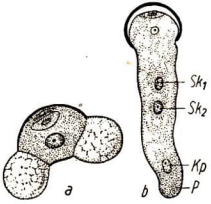


Abb. 105. Pollenkorn der Kiefer; *a* reifes Pollenkorn, *b* keimendes Pollenkorn.

Kp Kern des Pollenschlauches, *P* Spitze des Pollenschlauches, Sk_1, Sk_2 Spermakerne. Vergr. 300

Den Weg zur Eizelle bahnt ein eigenartiges Gebilde, der **Pollenschlauch,** der aus dem Pollenkorn herauswächst. Jedes Pollenkorn besteht aus zwei großen lebenden und einigen kleinen, zerdrückten, abgestorbenen Zellen (Abb. 105). Die eine der lebenden Zellen, die *vegetative Zelle,* wächst zum Pollenschlauch aus, der das Nucellusgewebe durchbohrt und bis zu einem Archegonium vordringt. Aus der zweiten, kleineren lebenden Zelle, der *generativen Zelle,* gehen zwei männliche Kerne, **Spermakerne,** hervor, die durch den Pollenschlauch zur Eizelle wandern. Einer *befruchtet* die Eizelle, der andere geht zugrunde. Aus der befruchteten Eizelle (Zygote) entwickelt sich ein *Keimling (Embryo),* der von der Mutterpflanze bis zu einer gewissen Größe ernährt wird und dann in einen Ruhezustand tritt. Insgesamt wird die Samenanlage zum **Samen,** wobei das Prothallium das den Embryo umschließende *Nährgewebe* darstellt und die Hülle der Samenanlage zur *Samenschale* verhärtet. *Der Same besteht demnach aus einem Embryo, dem Nährgewebe und der Samenschale.* Er ist das Hauptverbreitungsmittel der Samenpflanzen und hat die Funktion übernommen, die bei den niederen Pflanzen vorwiegend die Spore ausübt.

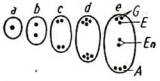


Abb. 106. Entwicklung der Embryosackmutterzelle zum Embryosack. *a* Embryosackmutterzelle, *b* bis *d* Teilung des Kernes, *e* reifer Embryosack.

A Antipoden, *E* Eizelle, *En* Doppelkern des Embryosackes, *G* Gehilfinnen

Abb. 107. Pollenkorn einer bedecktsamigen Pflanze. Vergr. 200

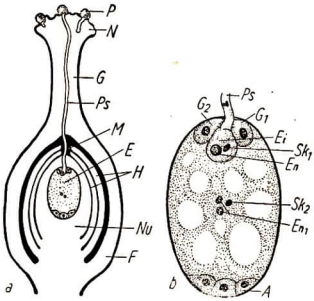


Abb. 108. Befruchtung einer bedecktsamigen Pflanze. *a* Fruchtknoten im Längsschnitt. Vergr. 50, *b* Embryosack, Vergr. 300.

A Antipoden, *E* Embryosack, *Ei* Eizelle, *En* Eikern, *En*$_1$ Doppelkern des Embryosackes, *F* Fruchtknotenwand, *G* Griffel, G_1, G_2 Gehilfinnen, *H* Hülle, *M* Mikropyle, *N* Narbe, *Nu* Nucellus, *P* Pollenkorn, *Ps* Pollenschlauch, Sk_1, Sk_2 Spermakerne

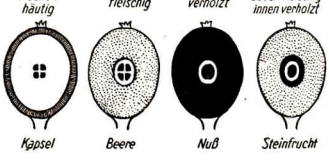


Abb. 109. Fruchtformen. Entwicklung des Fruchtknotens zur Frucht. *Fw* Fruchtknotenwand, *S* Samen

Von den Befruchtungsverhältnissen der Nacktsamigen bis zu denen der **Bedecktsamigen** (Abb. 103) ist es nur ein kleiner Schritt. Da hier die *Samenanlagen* von einem aus Fruchtblättern gebildeten **Fruchtknoten** eingeschlossen sind, findet sich an diesem ein besonderes Empfängnisorgan für den Pollen, die **Narbe.** Sie sitzt entweder dem unteren, die Samenanlage umschließenden Teil des Fruchtknotens unmittelbar auf, oder es ist ein **Griffel** dazwischengeschaltet. Der *Embryosack* der Bedecktsamigen unterscheidet sich aber weitgehend von dem der Nacktsamigen. Der Kern des zunächst einkernigen Embryosacks teilt sich in zwei, vier, dann acht Kerne. Drei wandern an das Mikropylenende der Embryosackzelle, umgeben sich mit einer Plasmawand und bilden das *Ei* mit zwei *Gehilfinnen (Synergiden).* Drei weitere Kerne rücken an das entgegengesetzte Ende der Zelle, gewissermaßen zu Füßen der Eizelle, und werden deshalb als *Gegenfüßlerinnen (Antipoden)* bezeichnet. Die beiden übrigen Kerne legen sich in der Mitte des Embryosackes zu einem *Doppelkern* aneinander (Abb. 106).

Das reife *Pollenkorn* der Bedecktsamigen besteht immer nur aus zwei Zellen, der vegetativen und der generativen Zelle (Abb. 107). Damit der Pollenschlauch zum Embryosack gelangt, muß er erst den Griffel, dann die Fruchtknotenwand und den Nucellus durchwachsen (Abb. 108). Wie bei den Nacktsamigen wandern durch den Pollenschlauch zwei Spermakerne. Der eine verschmilzt mit dem Kern der Eizelle zur Zygote,

aus der sich der Embryo entwickelt. Der zweite vereinigt sich mit dem Doppelkern des Embryosackes; aus dem Verschmelzungsprodukt geht das Nährgewebe *(sekundäres Endosperm)* hervor. Es findet also eine *Doppelbefruchtung* statt.
Bei den Bedecktsamigen sind die Blüten häufig zwittrig, d. h., Staub- und Fruchtblätter befinden sich in einer Blüte. Da bei der Bestäubung die Insekten eine große Rolle spielen, entwickelte sich in den Blüten ein Schauapparat in Form der Blumenblätter (s. S. 35). Nach der Befruchtung gehen Blumen- und Staubblätter zugrunde, und der Fruchtknoten wandelt sich zur **Frucht** um. Je nachdem, ob sich die Früchte bei der Reife an bestimmten Stellen öffnen oder ob die Samen erst durch Verwesung der Fruchtwand frei werden, unterscheiden wir *Spring-* oder *Schließfrüchte*. Springfrüchte sind die *Kapsel* (Mohn, Löwenmaul), die *Hülse* (Erbse, Bohne), die *Schote* (Raps); Schließfrüchte sind die *Beere* (Johannis-, Stachelbeere, Tomate), die *Steinfrucht* (Kirsche, Pflaume, Pfirsich) und die *Nuß* (Haselnuß), (Abb. 109).

IV. Generationswechsel

Sporangien und Geschlechtsorgane entwickeln sich auf niederer Stufe an beliebigen Stellen an ein und derselben Pflanze (Schlauchalge, Abb. 130, S. 86). Bei den meisten Pflanzen jedoch folgen geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflan-

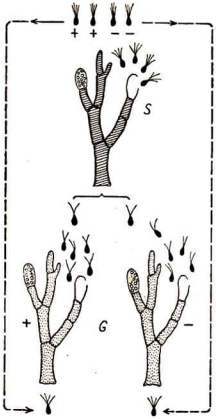


Abb. 110. Generationswechsel der Flußalge. *G* Gametophyt, *S* Sporophyt. Die in der Größe nicht differenzierten Schwärmsporen sind mit + und — bezeichnet, ebenso die Geschlechtspflanzen

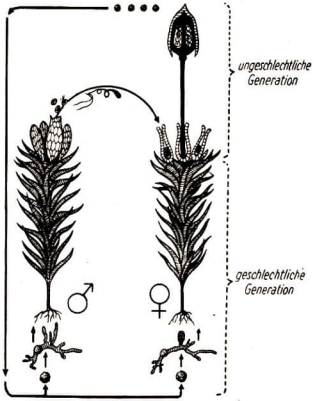


Abb. 111. Generationswechsel eines zweihäusigen Laubmooses. Spore — Vorkeim — Geschlechtspflanze — Befruchtung — Sporenkapsel — Reduktionsteilung — Spore. Schwarz: diploid, schraffiert: haploid

zung in regelmäßigem Wechsel aufeinander. Bei vielen Algen (Flußalge s. S. 87), Pilzen sowie den Moosen und Farnpflanzen sind die beiden Fortpflanzungsarten an zwei verschiedene Pflanzen, also an zwei aufeinanderfolgende Generationen gebunden. Es besteht dann ein *Generationswechsel:* die eine Generation pflanzt sich meist nur durch Geschlechtszellen fort (geschlechtliche Generation = *Gametophyt*), die andere nur durch Sporen (ungeschlechtliche Generation = *Sporophyt*). Beide Generationen sind entweder gleich groß und gleich gestaltet (Flußalge, Abb. 110), oder die eine übertrifft die andere an Größe; bei Schlauchpilzen und Moosen (Abb. 111) ist der Gametophyt, bei den meisten Ständerpilzen und Farnpflanzen (Abb. 160, 162, S. 109, 112) der Sporophyt größer und mannigfacher ausgebildet.

Wechsel der Chromosomenzahl (Kernphasenwechsel). Wenn sich bei der geschlechtlichen Fortpflanzung weibliche und männliche Keimzelle vereinigen, verschmelzen ihre Plasmakörper und ihre Kerne zur einzelligen Zygote. Die von der Zellteilung (s. S. 11) her bekannten Chromosomen dagegen verschmelzen nicht. Nehmen wir als Beispiel an, daß die Geschlechtszellen je 2 Chromosomen mitbringen, dann haben sowohl die befruchtete Eizelle als auch alle Zellen der aus ihr sich entwickelnden Pflanze 4 Chromosomen. Hätten auch die von dieser neuen Pflanze gebildeten Geschlechtszellen 4 Chromosomen, so würde sich durch die weitere Befruchtung ihre Zahl auf 8 erhöhen usw. Durch die in die Entwicklung der Pflanzen eingeschaltete **Reife-** oder **Reduktionsteilung** wird jedoch die verdoppelte Chromosomenzahl auf die einfache herabgesetzt, reduziert (Abb. 112). Dabei entstehen zuletzt aus einer Sporen-„Mutterzelle" 4 reife Sporen. Bei der Befruchtung geht demnach die Pflanze aus der Phase des einfach-chromosomigen *(haploiden)* in die Phase des zweifach-chromosomigen *(diploiden)* Stadiums über; jeder Befruchtung folgt dann im Entwicklungsablauf die Reduktionsteilung und damit die Rückkehr zum einfachchromosomigen Zustand. Dieser Wechsel in der Chromosomenzahl ist meist mit dem Generationswechsel verbunden. Die von der befruchteten Eizelle abstammende ungeschlechtliche Generation ist diploid, die geschlechtliche Generation haploid.

Auch die Samenpflanzen haben einen Generationswechsel. Die geschlechtliche Generation ist aber so stark rückgebildet, daß sie nicht mehr selbständig lebensfähig ist. Während ihrer kurzen Lebensdauer als Embryosack bzw. Pollenkorn wird sie vom Sporophyten ernährt.

Im Lebenszyklus der Samenpflanzen tritt uns als „Pflanze" der Sporophyt entgegen. Im Kernphasenwechsel findet die Reduktionsteilung bei der Bildung des Pollenkorns (Mikrospore) bzw. des Embryosackes (Makrospore) statt (Tab. III).

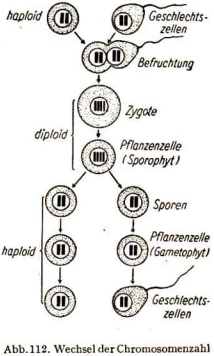


Abb. 112. Wechsel der Chromosomenzahl einer zwittrigen Pflanze

TABELLE III: **Vergleichende Übersicht über den Generationswechsel der Moose, Farnpflanzen und Samenpflanzen**

	Kernphase	Moose	Farne	Moosfarne	Nacktsamige	Bedecktsamige
geschlechtliche Generation = Gametophyt	haploid	Spore Moospflanze Antheridium / Archegonium Spermatozoid / Eizelle	Spore Prothallium Antheridium / Archegonium Spermatozoid / Eizelle	Mikrospore / Makrospore Prothallium in der Spore / Prothallium in der Spore Antheridium / Archegonium Spermatozoid / Eizelle	Mikrospore (Pollenkorn) [1] / Makrospore (Embryosack) [1] Prothallium wenigzellig / Prothallium vielzellig, in der Samenanl. generative Zelle / Archegonium Spermakern / Eizelle	Mikrospore (Pollenkorn) [1] / Makrospore (Embryosack) [1] Embryosack nach der Teilung generative Zelle / Eizelle mit Gehilfinnen Spermakern / Eizelle
ungeschlechtliche Generation = Sporophyt	diploid	befruchtete Eizelle gestielte Mooskapsel	befruchtete Eizelle Farnpflanze	befruchtete Eizelle Moosfarn	befruchtete Eizelle Same [2] Nacktsamige Pflanze	befruchtete Eizelle Same [3] Bedecktsamige Pflanze
	haploid	Spore	Spore	Mikrospore / Makrospore	Mikrospore / Makrospore	Mikrospore / Makrospore

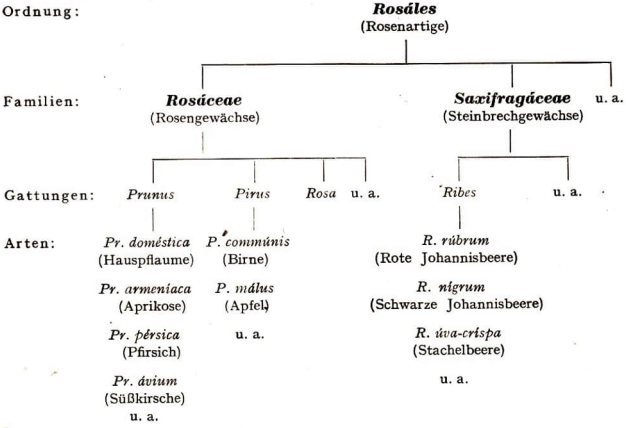
[1]) Die jungen, einzelligen Zustände. [2]) Nährgewebe haploid. [3]) Nährgewebe meist triploid.

ZWEITER TEIL: Überblick über das Pflanzenreich

A. RICHTLINIEN DER SYSTEMATISCHEN GLIEDERUNG

Die Pflanzenwelt der Erde zeigt eine nahezu unübersehbare Fülle von einzelnen Formen. Sie auch nur einigermaßen zu überschauen, ist allein dadurch möglich, daß der Mensch die dieser Vielfalt innewohnende Ordnung aufspürt und in einem System festlegt. Einen großzügigen Versuch, die Pflanzenwelt zu ordnen, unternahm im Jahre 1735 der schwedische Naturforscher *Carl von Linné* (1707 bis 1778) in seinem Buche „Systema naturae". Als leitendes Merkmal wählte er willkürlich die Zahl der Staubblätter und teilte die Pflanzen danach in Klassen ein. Dieses *künstliche System* konnte auf die Dauer nicht aufrechterhalten werden.
Linné hielt die Arten für unveränderlich; er nahm an, daß sie so, wie sie heute sind, einst aus der Hand eines Schöpfers hervorgegangen sind. *Charles Darwin* bewies im Jahre 1859 in seinem Werke „Über den Ursprung der Arten", daß die Pflanzen veränderlich sind und daß sich die Fülle der heutigen Arten im Laufe der jahrmillionenlangen Erdgeschichte aus wenigen einfachen Formen entwickelt hat. Zwischen den Pflanzen bestehen also verwandtschaftliche Beziehungen. Ordnet man die Pflanzen nach diesen stammesgeschichtlichen Zusammenhängen, so erhält man das *natürliche System*. Zu seinem Ausbau hat die Wissenschaft von den Lebewesen vergangener Erdperioden (Paläontologie) wesentlich beigetragen, da man aus den Versteinerungen den Werdegang der Pflanzen erkennen kann. Unsere Kenntnis von den „fossilen" Pflanzen ist bis jetzt allerdings noch sehr lückenhaft, so daß im System noch nicht völlige Klarheit herrscht. Jeder neue Fund bringt jedoch neue Einsichten und ermöglicht es, das natürliche System zu verbessern.
Die verschiedenen Pflanzengestalten, die wir in der Natur finden, sind Vertreter von **Arten.** Nehmen wir z. B. einen Pflaumenbaum, so hat dieser ganz bestimmte Merkmale, mit deren Hilfe wir ihn sofort von anderen Obstbäumen unterscheiden können. Die Hauspflaume oder Zwetsche stellt demnach eine *Art* dar; *Linné* belegte diese Art mit dem wissenschaftlichen Namen *Prúnus doméstica*. Der Pflaume sehr ähnlich, aber doch von ihr verschieden, ist die Aprikose. Wir werden sie also als eigene Art der Pflaume gegenüberstellen. *Linné* bezeichnete sie als *Pr. armeníaca*. Der Aprikose ähnlich, aber doch von ihr und der Pflaume zu unterscheiden, ist der Pfirsich *(Pr. pérsica)*. Bei den von *Linné* eingeführten wissenschaftlichen Bezeichnungen ist die Zweiteiligkeit der Namen charakteristisch.

Im Unterschied zu den deutschen Artnamen Pflaume, Aprikose, Pfirsich ist in den lateinischen Bezeichnungen auch schon die übergeordnete Einheit, die **Gattung,** enthalten, zu der Arten des gleichen stammesgeschichtlichen Ursprungs zusammengefaßt werden. Der erste Teil des Namens „*Prunus*" ist bei allen drei Arten gleich, er ist der *Gattungsname;* der zweite Teil benennt die *Art.*
Der Gattung *Prunus* verwandt ist die Gattung *Pirus,* zu der die Arten Birne *(Pírus commúnis)* und Apfel *(P. málus)* gehören. In dieselbe Verwandtschaft gehört auch die Gattung *Rosa* mit der Hundsrose *(Rósa canína)* und den Stammformen unserer Edelrosen *(R. gállica, R. centifólia* u. a.*).* Diese und andere verwandte Gattungen bilden die **Familie** der Rosengewächse *(Rosáceae).* Mit anderen Familien, z. B. den Steinbrechgewächsen *(Saxifragáceae),* zu denen die Gattung *Ribes* (Stachel- und Johannisbeere) gehört, werden die Rosengewächse und andere Familien zu einer höheren Einheit, der **Ordnung** (oder **Reihe**), zusammengefaßt. Die folgende Zusammenstellung veranschaulicht einen Teil des Systems.



Die Arten sind, strenggenommen, noch nicht die unterste Einheit; wir können innerhalb einer Art häufig noch Rassen oder Varietäten unterscheiden. Sie werden durch einen Zusatz zum Artnamen bezeichnet, z. B. Rosenkohl: *Brássica olerácea var. gemmífera* (var. = Abkürzung für Varietät, zu lesen *varietas*). Unter dem Begriff „Sorte" verstehen die Gärtner gezüchtete Abänderungen und Kreuzungsprodukte (Bastarde) zwischen Rassen oder Arten, wie es die meisten unserer Obstsorten sind; beim Apfel z. B. „Goldparmäne", „Gravensteiner", „Ontario" usw.

B. GLIEDERUNG DES PFLANZENREICHES

Das Pflanzenreich umfaßt schätzungsweise 300000 bekannte und beschriebene Arten, die wir in fünf große Gruppen gliedern. Die erste Gruppe umfaßt Lebewesen ohne Zellkern. Die beiden folgenden Gruppen sind niedere, nicht in Wurzel und Sproß gegliederte Pflanzen, die ein *Lager (Thallus)* bilden. Die Pflanzen der beiden letzten Gruppen weisen *Wurzel* und *Sproß (Kormus)* auf.

I. **Spaltpflanzen** *(Schizóphyta)*
II. **Lagerpflanzen** *(Thallóphyta)*
III. **Moospflanzen** *(Bryóphyta)*
IV. **Farnpflanzen** *(Pteridóphyta)*
V. **Samenpflanzen** *(Spermatóphyta)*

I. Spaltpflanzen *(Schizóphyta)*

a) **Bakterien** *(Bactéria* oder *Schizomycóta)*
b) **Blau- oder Spaltalgen** *(Schizophýceae* oder *Cyanophýceae)*

Die Zellen dieser Pflanzen sind *ohne Kern*. Sie leben einzeln oder sind zu Fäden, seltener auch Flächen und Körpern vereinigt. Die Vermehrung geschieht nur ungeschlechtlich durch *Zellspaltung*. Sie ernähren sich heterotroph und autotroph.

a) Bakterien oder Spaltpilze *(Bactéria* oder *Schizomycóta)*

Die Bakterien gehören zu den kleinsten uns bekannten Lebewesen. Mit bloßem Auge erkennen wir nur die größeren Bakterienansammlungen, wie etwa die Kahmhaut auf Wasser, das über faulenden Stoffen steht. Das einzelne Bakterium macht uns erst das Mikroskop sichtbar. *Leeuwenhoek* scheint schon mit seinem primitiven Mikroskop im Jahre 1683 Bakterien gesehen zu haben. Aber erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts begann mit der Vervollkommnung der mikroskopischen Technik die eingehende Erforschung der Bakterien. Die Entdeckung von *Robert Koch* (1874), daß der Milzbrand durch ein Bakterium hervorgerufen wird, begründete die moderne *Bakteriologie*.
Da sich Bakterien bei günstigen Lebensbedingungen sehr rasch entwickeln, die Fortpflanzungsverhältnisse aber lange unklar blieben, waren die Bakterien die letzte Stütze der Lehre von der *Urzeugung*. Die Urzeugungslehre nimmt an, daß auch heute noch Lebewesen aus anorganischem Material neu entstehen können. So glaubte man im Altertum und Mittelalter, daß sich Fische, Frösche und Fliegen aus Schlamm und Schmutz bilden könnten. Im 17. Jahrhundert wurde

jedoch der Nachweis erbracht, daß die höheren Tiere nur aus Eiern entstehen. Für die niederen Lebewesen hielten dagegen noch viele Forscher bis in die Neuzeit an dem Gedanken der Urzeugung fest. *Louis Pasteur* bewies dann im Jahre 1862 einwandfrei, daß die Bakterien aus überall in der Luft vorhandenen Keimen entstehen. Ungünstigen Lebensbedingungen haben sich einige Formen durch Bildung von *Dauersporen* angepaßt, wobei sich der wasserarm gewordene Zellinhalt innerhalb der alten verfallenden Zellwand mit einer derben Membran umgibt. Bakteriensporen sind außerordentlich widerstandsfähig. Bei günstigen Umweltbedingungen keimen sie wieder aus (Abb. 113). Aber auch die nicht sporenbildenden Formen können mitunter jahrelang in trockener Umgebung am Leben bleiben und deshalb vor allem durch Luftströme mit dem Staube, aber auch an festen Körpern haftend, verbreitet werden. So gibt es wohl kaum einen Platz auf der Erde, an dem nicht Bakterien zu finden wären.

Die Hauptformen der immer kernlosen Bakterien sind einzellige Kugeln *(Cóccus)*, Stäbchen *(Bacíllus* und *Bactérium)* und korkzieherartige Schrauben mit mehreren Windungen *(Spirillum, Spirochäte)* oder einer halben Windung *(Vibrio*, Abb. 114*)*. Einige Bakterien bilden Fäden, die manchmal in eine gallertartige Scheide eingeschlossen sind. Andere sind durch zarte *Geißeln* beweglich (Abb. 115). Ihre *Größe* ist durchschnittlich 3 bis 8 μ, schwankt aber zwischen 0,15 und 100 μ (Abb. 116).

Die Bakterien vermehren sich nur durch *Zellspaltung*, wobei sie sich in der Querrichtung spalten (Abb. 100, S. 64). Ein Choleravibrio z. B. spaltet sich in günstiger Umgebung alle 20 Minuten. Wenn die Bakterien nicht aus Mangel an Nahrung und Raum ihre Spaltung bald einstellen müßten, wären nach 24 Stunden schon 4000 Trillionen vorhanden; nach einigen Tagen würden ihre Massen den Erdball an Größe übertreffen.

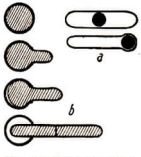


Abb. 113. Bakteriensporen. *a* Bildung, *b* Keimung

Abb. 114. Bakterienformen. *a* Coccus, *b* Stäbchen, *c* Spirillum, *d* Vibrio. Vergr. 2000

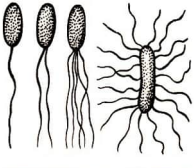


Abb. 115. Bakterien mit Geißeln. Vergr. 2000

Abb. 116. Größenvergleich der Bakterien.
a Durchmesser eines Kopfhaares des Menschen, *b* Geißelalge, *c* Hefezellen, *d* Stärkekorn der Kartoffel, *e* rotes Blutkörperchen, *f* Mundspirochäte, *g* Milzbrandbazillus, *h* Tuberkelbakterien, *i* Kettenkokken, *k* Haufenkokken, *l* Grippevirus

Die **Bedeutung der Bakterien** in der Natur ist trotz ihrer Winzigkeit außerordentlich groß. Die meisten Bakterien sind wie die heterotrophen Pilze (s. S. 59) in ihrer Ernährung auf *organische Stoffe* angewiesen (Abb. 117). Wo tote, von Lebewesen stammende Stoffe zu finden sind, fallen bestimmte Bakterien darüber her, zersetzen sie und rufen *Fäulnis* und *Gärung* hervor. Die *Fäulnisbakterien* sind, wie *Pasteur* sagte, die Totengräber der Natur, ohne die die Erde ein ungeheurer Friedhof wäre, vollgepfropft mit den Resten der Tiere und Pflanzen. Die Bakterien wandeln so die organischen Bestandteile der Pflanzen und Tiere wieder in anorganische um (s. S. 181).

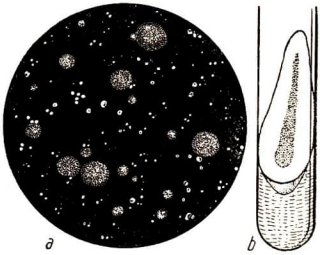


Abb. 117. Bakterienkultur.
a Kolonien auf Nährgelatine (Petrischale), *b* Reinkultur in Kulturröhrchen auf Agarnährboden. 1/4 nat. Gr.

Viele Bakterien ernähren sich von lebenden organischen Stoffen, sie sind *Schmarotzer (Parasiten)*. Zu ihnen gehören die krankheiterregenden Bakterien. Sie zerstören die Körperzellen ihres Wirtes oder schädigen ihn durch ihre giftigen Stoffwechselprodukte *(Toxine)*. Durch ihre schnelle Vermehrung können sie, wenn nicht vorgesorgt wird, verheerende Seuchen hervorrufen.

Im Mittelalter rafften manche Pestepidemien in Europa ein Viertel der in den durchseuchten Gebieten lebenden Menschen hinweg; noch im Jahre 1892 forderte die Cholera in Hamburg 8605 Todesopfer. Heute haben diese Seuchen ihre Schrecken verloren. Durch vorbeugende Maßnahmen (behördliche Überwachung der Nahrungsmittel- und Wasserversorgung sowie der Abwässer, öffentliche Schutzimpfungen, Absonderung der Erkrankten, Vertilgung der Ratten als indirekte Überträger der Pest usw.) wurde die Ausbreitung der Infektionskrankheiten weitgehend eingedämmt. Darüber hinaus gibt es heute für die meisten Infektionskrankheiten wirksame Heilmittel.

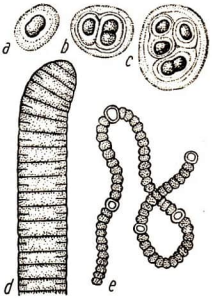


Abb. 118. Blaualgen; *a* bis *c* luftlebende Form *(Gloeocápsa)* mit Gallerthülle, Zweiteilung und Koloniebildung, Vergr. 500, *d* Fadenende von *Oscillatória*, Vergr. 1000, *e* Fadenstück von *Nóstoc*, Vergr. 400

b) Blau- oder Spaltalgen *(Schizophýceae)*

Auf dem Schlamm der Teiche, Tümpel und Gräben, an Baumrinde, Wänden von Treibhäusern und in Aquarien sind blaugrüne, manchmal gallertartige Überzüge zu finden. Das Mikroskop zeigt kleine einzellige oder fädige Gebilde (Abb. 118). Ihre Zellen haben *keinen Kern* und keine Chlorophyllkörnchen;

die grünen Assimilationsfarbstoffe sind, mit blauen und roten Farbstoffen gemengt, im Protoplasma verteilt. Die Vermehrung geschieht wie bei den Bakterien nur auf dem Wege der *Spaltung*, daher der Name Spaltalgen.
Die Tochterzellen können sich voneinander trennen oder in lockeren Kolonien bzw. Zellfäden beisammenbleiben. Einige Formen der Spaltalgen (Schwingalge, *Oscillatória*) sind aktiv beweglich. Viele Blaualgen schweben frei im Wasser und bilden einen Teil des *Planktons*, wie die Schwebewelt der Teiche, Seen und Meere bezeichnet wird. Diese Blaualgen vermehren sich unter Umständen so lebhaft, daß sie die Oberfläche des Wassers als *Wasserblüte* färben.

II. Lagerpflanzen *(Thallóphyta)*

a) **Algen** *(Álgae)*	Zellen einzeln oder zu Kolonien, Fäden und Geweben vereinigt. Meist Ausbildung von ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Keimzellen. Mit Assimilationsfarbstoffen. Ernährung autotroph.
b) **Schleimpilze** *(Myxomycóta)*	Zellen einzeln und in wandlosen Kolonien. Ohne Assimilationsfarbstoffe. Ernährung heterotroph.
c) **Pilze** *(Fúngi* oder *Mycóphyta)*	Zellen meist zu Fäden vereinigt. Ohne Assimilationsfarbstoffe. Ernährung heterotroph. Bei den höheren Formen Ausbildung von Fruchtkörpern.
d) **Flechten** *(Lichenomycóta)*	Pilze, die mit Algen in Symbiose leben.

a) Algen *(Álgae)*

Algen sind uns von Teichen, Tümpeln und Gräben bekannt, wo sie als lockere, grüne, wattige Gebilde auftreten. In Aquarien sind sie ständige Bewohner, die als grüner Anflug die Wände überziehen, oft auch das Wasser grün färben und trüben. Viele einzellige Formen gehören dem Plankton des Süßwassers an. Zahllose Arten bevölkern das Meer, wo sie den Meerestieren als Nahrung dienen. Einzelne Algen gedeihen außerhalb des Wassers auf feuchter Unterlage, am Boden, an Mauern und Bäumen (Abb. 119). Es gibt auf der Erde rund 20000 Algenarten.
Die Algen sind entweder einzellig, bilden Kolonien oder haben einen fadenförmigen, flächigen, auch körperförmigen Thallus. Sie besitzen neben Chlorophyll oft noch andere Farbstoffe.

Abb. 119. Luftlebende einzellige Algen.
a bis *e Pleurococcus* an Baumrinde und feuchten Mauern, Zellteilung und Koloniebildung, Vergr. 1000, *f Chlorélla* an Gewächshauswänden und feuchten Blumentöpfen. Vergr. 2000

Einteilung der Algen

1. **Geißelalgen** *(Flagellátae)*	Zellen meist einzeln, auch koloniebildend; frei beweglich mit Geißeln.
2. **Kieselalgen** *(Diatoméae)*	Zellen einzeln oder in Kolonien, ihre verkieselte Wand aus zwei Schalen bestehend; durch besondere Farbstoffe braun bis gelb.
3. **Jochalgen** *(Conjugátae)*	Zellen einzeln oder in Fäden, mit grünen Farbstoffträgern.
4. **Grünalgen** *(Chlorophýceae)*	Zellen einzeln, in Fäden oder Geweben, mit grünen Farbstoffträgern.
5. **Armleuchteralgen** *(Charáceae)*	Pflanzen regelmäßig quirlig verzweigt, mit grünen Farbstoffträgern.
6. **Braunalgen** *(Phaeophýceae)*	Zellen in Fäden oder Geweben; neben grünen auch braune und gelbe Farbstoffe; fast nur im Meere.
7. **Rotalgen** *(Rhodophýceae)*	Zellen selten einzeln, meist in Fäden oder Geweben; neben grünen auch rote und blaue Farbstoffe; fast nur im Meere.

1. Geißelalgen (Flagellátae)

Zwischenformen. In Dorfteichen und Tümpeln, die von Gänsen und Enten besucht werden, ist fast das ganze Jahr hindurch das Rotäugelein *(Eugléna víridis)* zu finden (Abb. 116b). Es trägt am Vorderende seines länglich-spindelförmigen Zellkörpers eine Geißel, die lebhaft das Wasser peitscht und nach Art einer Flugzeugschraube das Lebewesen vorwärtsbewegt. Seinen Namen verdankt es einem roten Augenfleck. Zahlreiche Chlorophyllkörner im Innern kennzeichnen es als Pflanze. Es vermehrt sich durch Längsteilung.

Die Ernährungsverhältnisse mancher Augentierchen sind eigenartig. Im Lichte vermögen sie dank dem Chlorophyll von unorganischen Stoffen zu leben, sind also echte Pflanzen. Steht organische Substanz zur Verfügung, so verschwinden die Blattgrünkörnchen, wenn wir die Augentierchen im Dunkeln halten; sie verwerten dann die

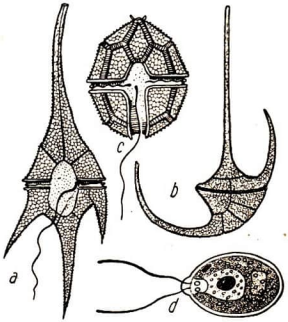


Abb. 120. Geißelalgen. *a Cerátium hirundinélla, b Cerátium trípos, c Peridínium tabulátum, d Chlamydómonas angulósa.* Vergr. *a, c* 300, *b* 150, *d* 800

organischen Stoffe wie Tiere. Das Rotäugelein steht also in der Ernährungsweise zwischen Pflanze und Tier und kann als Geißelpflänzchen oder Geißeltierchen auftreten.

Die Geißelalgen sind außerordentlich formenreiche, kleine Planktonwesen, die oft in großen Massen in allen Gewässern von der Regenpfütze bis zum Ozean vorkommen (Abb. 120). Sie bewegen sich mit Hilfe einer oder mehrerer Geißeln. Manche farblosen Arten nehmen feste organische Nahrung auf. Die meisten aber sind grün wie Pflanzen und vermögen von unorganischen Stoffen zu leben. Deshalb werden einige dieser Lebewesen sowohl in der Botanik als auch in der Zoologie behandelt. Man nimmt an, daß die Vorfahren von Geißelalgen die gemeinsame Wurzel des Tier- und Pflanzenreiches gebildet haben.

Vom Einzeller zum Vielzeller. Nicht selten bleiben einzellige Pflanzen nach der Zellteilung vereinigt und bilden kleine, lose *Zellverbände* oder *Zellkolonien.* Fäden, Platten, Netze, Pakete und durch Gallerte zusammengehaltene Zellmassen sind die Hauptformen der niederen Algen (Abb. 121). Besonders lehrreich ist die Familie der Kugelalgen *(Volvocáceae)*, die als Verbindungsglied zwischen Geißelalgen und Grünalgen aufgefaßt werden kann.

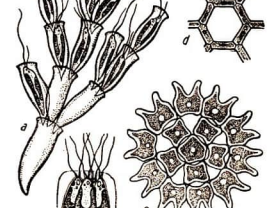


Abb. 121. Zellverbände und Kolonien. *a Dinóbryon Sertulária, b Gónium soziále, c Scenedésmus acútus, d* Wassernetz *(Hydrodictyon), e Pediástrum.* Vergr. *a* 400, *b, e* 300, *c* 1000, *d* 100

In Tümpeln und fauligem Wasser ist häufig als einzellige Form die Gattung *Chlamydómonas* (Abb. 120d) anzutreffen, die sich mit zwei Geißeln fortbewegt. Sie vermehrt sich ungeschlechtlich durch mehrmalige Längsteilung des Inhaltes einer Mutterzelle, so daß 2 bis 16 Tochterzellen entstehen, z. T. auch geschlechtlich, indem zwei Zellen miteinander verschmelzen.

Die Gattung *Pandorina* (Abb. 122) stellt Kugeln von 16 gleichartigen, in eine farblose Gallerte gebetteten Zellen dar. Jede Zelle entspricht in ihrem Bau einem Chlamydomonas. Mit Hilfe der Geißeln bewegt sich die Kolonie schwimmend fort. Die Fortpflanzung erfolgt im einfachsten

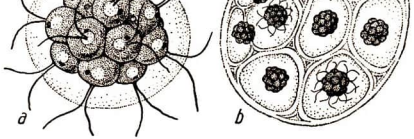


Abb. 122. *Pandorina mórum. a* 16zellige Kolonie, *b* Bildung von sechzehn 16zelligen Tochterkolonien. Vergr. 400

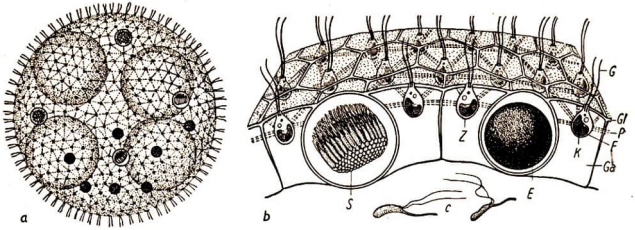


Abb. 123. Volvox. *a* Kugel mit Tochterkugeln und Geschlechtszellen, *b* Stück der Kugelwand, *c* einzelne Spermatozoiden. *E* Eizelle, *F* Farbstoffträger, *G* Geißeln, *Ga* Gallerte, *Gl* Gallertlamellen, *K* Zellkern, *P* verbindende Plasmafäden, *S* Bündel von Spermatozoiden, *Z* Zellen der Kugel, Vergr. *a* 30, *b* 500, *c* 1000

Falle ungeschlechtlich, indem aus jeder Zelle durch Zellteilung ohne weiteres eine neue Tochterkolonie von 16 Zellen entsteht. Es zeigt sich also, daß *jede Pandorinazelle für sich lebensfähig* ist und die Art zu erhalten vermag. Die Kolonie kann sich aber auch geschlechtlich fortpflanzen, indem jede Zelle befähigt ist, eine Anzahl kleiner eiförmiger Keimzellen zu bilden. Pandorina ist zweihäusig, d. h., nur zwei von verschiedenen Kolonien stammende Keimzellen können verschmelzen. Aus den so entstehenden Zygoten werden erst nach einer Ruhezeit neue Kolonien.

Auf einer wesentlich höheren Stufe steht die berühmte, von *Leeuwenhoek* im Jahre 1698 entdeckte **Kugelalge** *(Völvox,* Abb. 123*)*. Hier besteht die Wand der Hohlkugel aus Hunderten bis Tausenden (22000) von kleinen, durch Protoplasmabrücken verbundenen *Geißelzellen*, die der Ernährung und Fortbewegung dienen, und einer beschränkten Anzahl von *Fortpflanzungszellen*. Bei ungeschlechtlicher Fortpflanzung wachsen sie unmittelbar zu einer neuen Kugelalge aus. Bei der geschlechtlichen Vermehrung entstehen in den Fortpflanzungszellen teils Bündel winziger, mit zwei Geißeln versehener männlicher Keimzellen, teils große, grüne, unbewegliche Eizellen. Aus der befruchteten Eizelle (Zygote) entwickelt sich ebenfalls eine Tochterkolonie.

Bei Volvox ist also, im Gegensatz zu Pandorina, eine *Arbeitsteilung* der Zellen in Körperzellen und Keimzellen eingetreten. Die Funktion der einen Zellsorte ist es, die Kolonie zu bewegen und zu ernähren, die der anderen, sie fortzupflanzen. *Auf dieser Arbeitsteilung beruht im wesentlichen der Übergang vom Einzeller zum Vielzeller.*

Als *Vielzeller* bezeichnet man ein Lebewesen, das aus vielen Zellen besteht, die sich gegenseitig ergänzen und aufeinander angewiesen sind. Die *Kolonien* nehmen eine Zwischenstellung zwischen Ein- und Vielzellern ein. Sie zeigen noch heute den Weg an, auf dem sich wahrscheinlich der Übergang vollzogen hat.

2. *Kieselalgen (Diatoméae)*

Die zarte Zellwand der formenreichen Kieselalgen besteht aus zwei Hälften, die wie Boden und Deckel einer Schachtel ineinandergreifen und durch

Einlagerung von Kieselsäure starr sind (Abb. 124). Die Kieselalgen treten massenhaft im Süßwasser und im Meere auf, teils schwebend und schwimmend als Plankton, teils festsitzend, teils auch kriechend (s. S. 44). Sie enthalten neben dem Chlorophyll besondere *Farbstoffe*, die ihnen ein braungrünes bis rostrotes Aussehen geben.

Zur Vermehrung teilt sich die Zelle längs, indem die beiden Schalenhälften auseinanderweichen. Da jede der sich trennenden Hälften den kleineren „Boden" der Schachtel neu bildet, wird mit jeder Teilung die eine Tochterzelle etwas kleiner. Wenn diese Größenabnahme einen gewissen Grad erreicht hat, wächst der Plasmakörper zur mehrfachen Größe heran, wirft dabei beide Schalen ab und umgibt sich mit einer neuen Schale. Nicht selten, besonders bei Plankton-Kieselalgen, bleiben nach der Zellteilung die Tochterzellen aneinander hängen und bilden zickzackförmige Zellfäden, Bänder, Sterne usw. (Abb. 125).

Die Kieselpanzer sind zart und zerbrechlich, aber chemisch fast unzersetzbar. Darum haben sie sich in Meeresablagerungen der Braunkohlenzeit seit Millionen von Jahren erhalten und bilden, z. B. unter Teilen Berlins und in der Lüneburger Heide, bis 10 m dicke Lager. Diese *Kieselgur* findet vielseitige technische Verwendung: wegen ihrer Unverbrennbarkeit und ihres Luftgehaltes als Isoliermittel für feuerfeste Geldschränke, für Eisschränke sowie für Dampfrohre (schlechter Wärmeleiter); wegen ihrer Feinheit und Härte als Poliermittel.

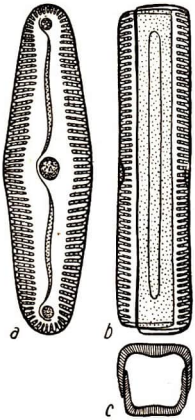


Abb. 124. Kieselalge;
a von oben, *b* von der Seite, *c* Querschnitt durch die Schale. Vergr. 500

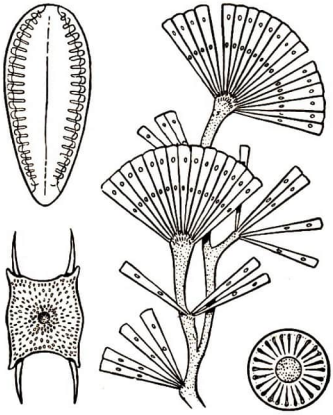


Abb. 125. Formen von Kieselalgen. Vergr. 500

3. Jochalgen (Conjugátae)

Die Familie der einzelligen **Zieralgen** *(Desmidiáceae)*, die überall in Algenwatten und in Dorftümpeln zu finden ist, übertrifft in ihrer Zierlichkeit und in der Mannigfaltigkeit der Formen noch die Kieselalgen. In der Mitte des meist symmetrisch-zweiteiligen Zellkörpers liegt der Zellkern, in jeder Hälfte ein rein grüner Chlorophyllkörper (Abb. 126). Manche Zieralgen sind beweglich.
In flachen Tümpeln, Gräben und Teichen schwimmen, besonders an sonnigen Tagen, watteähnliche, schaumig mit Bläschen durchsetzte grüne Algenmassen, die oft mehrzellige, fadenförmige Vertreter der Familie der *Zygnematáceae* sind. Unter ihnen ist die **Schraubenalge** *(Spirogýra)* recht häufig anzutreffen (Abb. 127). Die unverzweigten Fäden bestehen aus aneinandergereihten, walzenförmigen

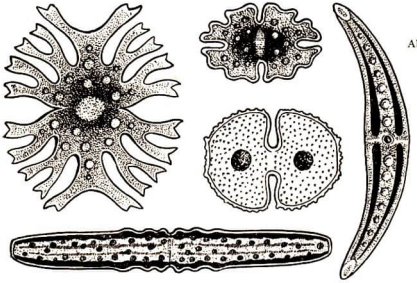


Abb. 126. Zieralgen. Vergr. 300

Zellen. Ihren Namen hat die Alge von einem schraubig gewundenen, am Rande gelappten Chlorophyllband. In ihm können wir knopfartige Gebilde erkennen, *Stärkeherde*, um die herum sich die Stärke bildet. In der Zellmitte halten dünne Plasmastränge den Zellkern. Die Algenfäden wachsen rasch durch Teilung und Streckung der Zellen. Abgerissene Thallusstückchen leben selbständig weiter. Die Fäden haben weder Basis noch Spitze.
Unter besonderen Bedingungen pflanzen sich die Schraubenalgen auch *geschlechtlich* fort. Gegenüberliegende Zellen parallelliegender Fäden buchten sich an den Berührungsstellen aus und verschmelzen jochartig miteinander zu einem verbindenden Kanal. Unterdessen ballen sich die Inhalte der Zellen des einen Fadens zusammen

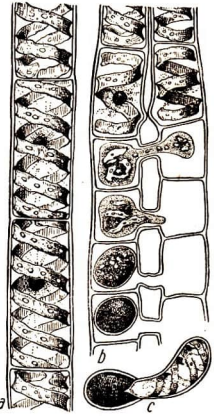


Abb. 127. Schraubenalge;
a Form mit 2 Chlorophyllbändern, *b* geschlechtliche Vermehrung einer Form mit 1 Chlorophyllband, *c* Keimung einer Zygote. Vergr. 250

und wandern durch die Joche zum anderen hinüber. Dort verschmelzen sofort beide Plasmakörper und Kerne zu einer Zygote. Die Geschlechtszellen sind nach Form und Größe gleich (Isogameten). Diese als *Konjugation* bezeichnete besondere Befruchtungsart ist für alle Jochalgen kennzeichnend.
Die Zygote rundet sich ab und umgibt sich mit einer dicken, widerstandsfähigen Membran. Wenn die Wand der Algenzelle verwest, werden die Dauerzygoten frei und sinken zu Boden. Beim Austrocknen des Gewässers werden sie mit dem Staube verweht. Da sie Trockenheit vertragen, verbreiten sie so die Alge; kommen sie wieder in Wasser, so keimen sie zu einem neuen Algenfaden aus.

4. *Grünalgen (Chlorophýceae)*

Die Grünalgen erreichen in ihrem Aufbau eine höhere Entwicklungsstufe als die bisher betrachteten Formen. Auch bei ihnen gibt es *Einzeller* (Abb. 119, S. 79). Viele bilden *Kolonien*, in denen sich die Zellen in bestimmter Weise anordnen (Abb. 121, S. 81). Andere Grünalgen sind fadenförmig, meist festsitzend; sie sind *polar* (s. S. 38) gebaut, d. h. in Basis und Spitze gesondert. Oft sind sie verzweigt.
Die **Kraushaaralge** *(Ulóthrix*, Abb. 128*)* bildet an Holzwerk und Steinen in rasch fließenden Bächen sowie an den Wänden von Brunnen unverzweigte Fäden, die mit einer farblosen Haftzelle an der Unterlage festsitzen. Sie vermehren sich *ungeschlechtlich* durch *Schwärmsporen*, indem der Inhalt mancher Zellen in mehrere kleine Körper zerfällt. Die Schwärmer gelangen durch ein Loch der Zellwand in das freie Wasser. Sie haben einen roten Augenfleck und einen Chlorophyllkörper. Wie selbständige Geißelalgen schwimmen sie mit vier Geißeln einige Stunden umher, setzen sich dann fest und werden zu neuen Fäden. In gleicher Weise, aber in viel größerer Zahl, bilden sich in anderen Algenzellen zweigeißlige kleine Schwärmer, die paarweise miteinander verschmelzen. Die aus der Befruchtung hervorgehende *Zygote* umkleidet sich mit einer Membran und überdauert ungünstige Zeiten.
Wesentlich verfeinert sind die Fortpflanzungsverhältnisse der **Kniebeulenalge** *(Oedogónium*, Abb. 129*)*. Ihre unverzweigten festsitzenden Fäden sind daran zu erkennen,

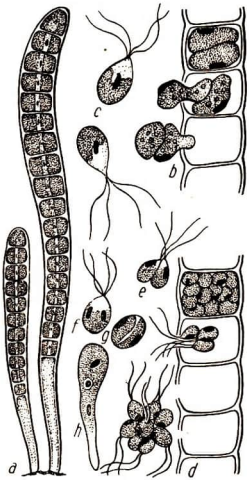


Abb. 128. Kraushaaralge.
a junge Fäden, *b* Fadenstück mit ausschlüpfenden Schwärmsporen, *c* einzelne Schwärmsporen, *d* Bildung von Isogameten, *e* bis *g* Zygotenbildung, *h* auskeimende Zygote. Vergr. *a* 400, *b* bis *h* 600

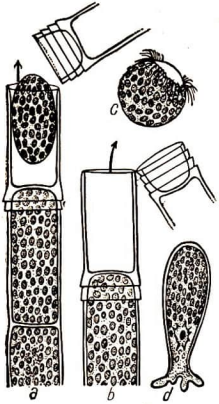


Abb. 129. Kniebeulenalge.

a, *b* Fadenstück mit ausschlüpfender Schwärmspore, *c* Schwärmspore, *d* Keimung der Schwärmspore. Vergr. 400

daß ältere Zellen eine Reihe von *Kappen* besitzen, die auf eine Eigenart der Zellteilung zurückzuführen sind. Die *ungeschlechtliche Vermehrung* erfolgt durch länglich-rundliche Schwärmsporen, die, immer nur eine, aus dem gesamten Inhalt einer Zelle entstehen und einen Wimpernkranz tragen. Sie keimen sofort zu neuen Fäden aus. Die Alge vermehrt sich auch *geschlechtlich*. Die weiblichen und männlichen Gameten sind nach Form und Größe verschieden (Anisogameten). Einige Fadenzellen schwellen zu Eibehältern *(Oogonien)* an, wobei sich ihr Inhalt in eine große, unbewegliche *Eizelle* verwandelt. Andere werden zu männlichen Organen *(Antheridien)*. In ihnen entstehen ein bis zwei den Schwärmsporen ähnliche, aber kleinere Keimzellen. Diese gelangen durch eine Öffnung des Oogoniums zur Eizelle und befruchten sie. Die daraus entstehende derbwandige Zygote teilt sich bei der Keimung in vier Schwärmsporen (Reifeteilung, s. S. 72), die neue Fäden liefern.

Ähnlich ist die Fortpflanzungsart der **Schlauchalge** *(Vauchéria*, Abb. 130*)*. Sie findet sich als dunkelgrüner Anflug in stehenden Gewässern und auf nasser Erde. Ihre unregelmäßig verzweigten Fäden sind mit farblosen Fortsätzen (Rhizoiden) angewachsen. Der Thallus unterscheidet sich von dem der bisher genannten Grünalgen dadurch, daß er *nicht durch Querwände in Zellen gegliedert* ist. Die Thalluswand bildet einen verzweigten *Schlauch* und umschließt eine einzige Plasmamasse mit *vielen Kernen* und zahlreichen Chlorophyllkörnern.

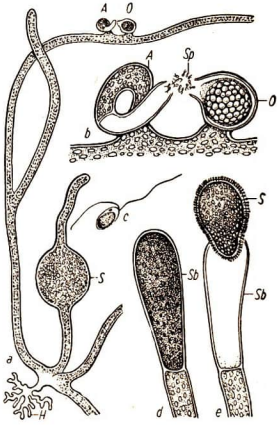


Abb. 130. Schlauchalge.

a Stück einer aus der Schwärmspore ausgekeimten Alge, *b* Fadenstück mit Geschlechtsorganen, *c* Spermatozoid, *d* Fadenstück mit Anlage eines Sporangiums, *e* ausschlüpfende Schwärmspore.

A Antheridium, *H* Haftorgan, *O* Oogonium, *S* Schwärmspore, *Sb* Sporangium, *Sp* Spermatozoiden. Vergr. *a* 30, *b* 150, *c* 1500, *d*, *e* 300

Zur *ungeschlechtlichen Vermehrung* schwellen einzelne Schlauchenden an und grenzen sich durch eine Zellwand zu einem besonderen Sporangium ab. Der gesamte Inhalt tritt als große, mit bloßem Auge sichtbare, vielkernige und außerordentlich vielgeißlige Schwärmspore durch einen Riß der Zellwand ins Freie. Nach etwa zwei Stunden werden die Geißeln eingezogen, die Spore umgibt sich mit einer Zellwand und wächst zu einem Schlauch heran.

Die Organe der *geschlechtlichen Fortpflanzung* entstehen als seitliche Ausstülpungen der Thallusfäden und werden durch eine Querwand abgegrenzt. In der kolbenförmigen weiblichen Anlage, dem *Oogonium*, sondert sich ein großes, rundes *Ei* ab. Das hornartig gekrümmte Antheridium öffnet sich bei der Reife an der Spitze und entläßt viele winzige, zweigeißlige, männliche Keimzellen, die durch eine schnabelartige Öffnung des Eibehälters zur Eizelle schwimmen. Die Zygote umgibt sich mit einer festen Membran (Dauerzygote) und keimt bei günstigen Umweltbedingungen aus.

Die weitverbreitete **Flußalge** *(Cladóphora glomeráta,* Abb. 131*)*, die in Flüssen fußlange, festgewachsene, verzweigte Fadenbüschel bildet, tritt in zwei gleichgestalteten Formen (Generationen) auf; die eine pflanzt sich nur ungeschlechtlich durch viergeißlige Schwärmsporen fort, die andere vermehrt sich nur geschlechtlich durch zweigeißlige gleichgestaltete Keimzellen. *Beide Generationen wechseln regelmäßig miteinander* (Generationswechsel, Abb. 110, S. 71). Die sich geschlechtlich fortpflanzende Generation ist zweihäusig.

Manche Grünalgen des *Meeres* bilden dadurch, daß sich die Zellen in mehr als einer Richtung teilen, ein- oder zweischichtige *Zellflächen;* Differenzierung und Arbeitsteilung haben bei den Grünalgen zu großer Mannigfaltigkeit der Formen geführt (Abb. 132).

Abb. 131. Flußalge. Vergr. 50

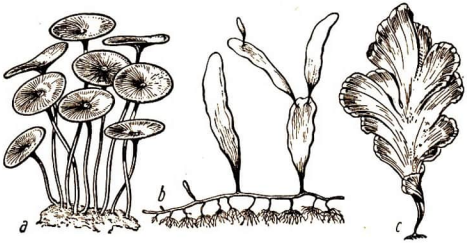


Abb. 132. Meeresgrünalgen. *a Acetabulária mediterránea,* nat. Gr., *b Caulérpa prolífera, c Úlva lactúca,* 1/4 nat. Gr.

5. Armleuchteralgen (Charáceae)

In Teichen und Seen, aber auch in Gräben und Tümpeln bilden diese grünen Algen am Boden oft fußhohe Wiesen. Sie sind reich differenziert, mit Rhizoiden im Schlamm verankert und armleuchterähnlich verzweigt. Da sie aus dem Wasser viel Kalk aufnehmen, sind sie brüchig. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Schwärmsporen fehlt ihnen. Die mit bloßem Auge sichtbaren Geschlechtsorgane, die runden, gelbroten Antheridienstände und die grünen Eibehälter, bilden sich an den Knoten der Seitenzweige (Abb. 133).

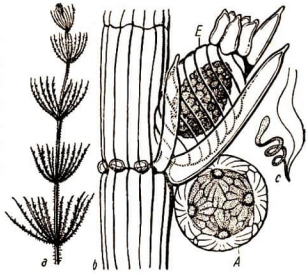


Abb. 133. Armleuchtergewächse. *a* Teil einer Pflanze, nat. Gr., *b* Stück eines Seitentriebes mit Geschlechtsorganen, Vergr. 30, *c* Spermatozoid, Vergr. 400. *A* Antheridienstand, *E* Eiknospe

6. Braunalgen (Phaeophýceae)

7. Rotalgen (Rhodophýceae)

Am Strande der Nord- oder Ostsee findet man nach Stürmen oft in großen Mengen grüne, braune und rote Pflanzen, die von den Wellen an den Strand gespült werden. In der Hauptsache sind es *Tange*, wie die Meeresalgen insgesamt bezeichnet werden. Neben Grünalgen herrschen die fast ausschließlich im Meere lebenden *Braunalgen* und *Rotalgen* vor. Ein brauner oder roter Farbstoff überdeckt bei ihnen das grüne Chlorophyll. Felsiger Untergrund und ins Meer gesetzte Bauwerke (Molen, Kaimauern) sind stark von ihnen besiedelt. Dagegen gibt ihnen sandiger Meeresgrund keinen Halt.

Braun- und Rotalgen bilden in der Gezeitenzone und in felsigen Meeresteilen weite Tangwiesen. Sie dringen, da das Meerwasser viel Licht absorbiert, nur in geringere Tiefen vor, in der Nordsee bis 10 m, im klaren Mittelmeer bis 70 m. Einzellige Arten kommen nur bei Rotalgen vor.

Die verbreitetste Braunalge der Nord- und Ostsee ist der **Blasentang** *(Fúcus vesiculósus)*, der über 1 m lang werden kann und durch zahlreiche gasgefüllte Blasen aufrecht gehalten wird (Abb. 134). Er ist zweihäusig, die Geschlechtsorgane entstehen in urnenförmigen Vertiefungen

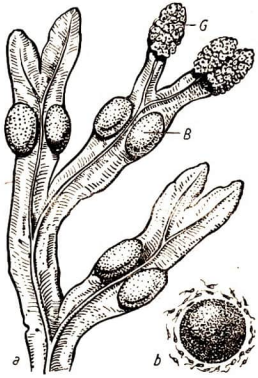


Abb. 134. Blasentang. *a* Teil des Thallus, nat. Gr., *b* Eizelle, von Spermatozoiden umschwärmt, Vergr. 400. *B* Blase, *G* Geschlechtsorgane

der Thallusenden als Oogonien- und Antheridienstände. Während bei anderen Braunalgen häufig Schwärmsporen vorhanden sind, fehlen sie beim Blasentang. Die schon bei den Grünalgen sich anbahnende Mannigfaltigkeit der Thallusformen steigert sich noch bei den Braunalgen (Abb. 135). Dabei erreichen manche Arten gewaltige Ausmaße. Die größte Alge ist der **Birnentang** *(Macrocystis pyrifera)*, der 70 m Länge und ein Gewicht von mehreren 100 kg erreichen kann.

Abb. 135. *a* Thallus der Rotalge *Chóndrus crispus*, 1/4 nat. Gr., *b* der Rotalge *Delesséria sanguínea*, 1/8 nat. Gr., *c* Thallus der Braunalge *Laminária*, 1/3 nat. Gr.

Vom **Beerentang** *(Sargássum bacciferum)* erhielt das „Sargassomeer" seinen Namen. Dieses zwischen den Azoren und Amerika liegende, nur geringe Strömungen aufweisende Gebiet des Nordatlantik ist als Laichgebiet der Aale bekannt. Der Beerentang macht die Hauptmasse der treibenden Algen aus und vermehrt sich, indem abgerissene Stücke weiterwachsen.

Unter den Meerestangen sind mancherlei *Nutzpflanzen*. Aus **Laminária**-Arten gewinnt man *Jod* und *Mannit*zucker, in China und Japan werden sie als Nahrung genossen. Die Stiele werden als Quellstifte (Laminariastifte) in der Chirurgie zur Wunderweiterung gebraucht, da sie bei Befeuchtung stark quellen. Einige Rotalgen werden ihres Schleimgehaltes wegen als Arznei verwandt (Carrageen oder Irländisches Moos). Ostasiatische Arten liefern „Agar-Agar", das zur Herstellung von Bakteriennährböden dient und in der Küche an Stelle von Gelatine verwendet wird.

b) Schleimpilze *(Myxomycóta)*

Die Schleimpilze (Abb. 136) sind eine eigenartige Gruppe niederer Lebewesen, die in ihrer Lebensweise zwischen Pflanze und Tier stehen. Sie bewohnen als fleischrote, gelbe oder weiße schleimige Massen Baumstümpfe feuchter Wälder, Waldboden, abgefallenes Laub und moderndes Holz. Beobachtet man die „Lohblüte", eine fingernagel- bis handtellergroße Schleimpilzmasse der Gerberlohe, so sieht man, daß sie unter Formveränderung und Verzweigung langsam umherkriecht. Dabei umfließt sie organische Stoffe, verdaut sie und scheidet Unverdauliches wieder aus. *Diese als Plasmodium bezeichnete Plasmamasse ist*

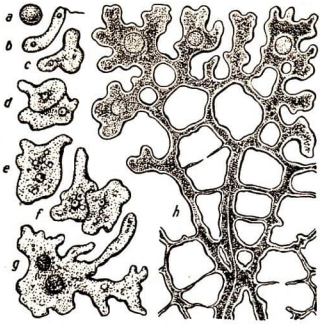


Abb. 136. Lohblüte. *a* Spore, *b* eingeißliger Schwärmer, *c* Schwärmer, kriechend, *d* Zweiteilung, *e* bis *g* Verschmelzung zu immer größeren Schleinmassen, *h* Teil eines Plasmodiums. Vergr. *a* bis *g* 500, *h* 30

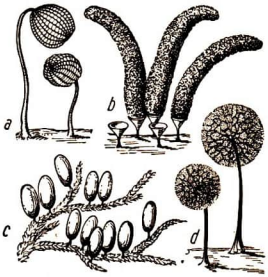


Abb. 137. Fruchtkörper einiger Schleimpilze. *a* Netzstäubling *(Didymium)*, *b* Kelchstäubling *(Arcýria)*, *c* Glattfrüchtchen *(Leocárpus)*, *d Comatrícha*. Vergr. 10

vielkernig, aber nicht in Zellen gegliedert. Nach einiger Zeit kriecht sie dem Lichte entgegen, zieht sich stark zusammen und wandelt sich in viele, meist einige Millimeter große, lebhaft gefärbte und zierlich geformte *Fruchtkörper* um (Abb. 137), in denen viele kleine *Sporen* entstehen. Diese werden vom Wind verbreitet und keimen auf feuchter Unterlage zu begeißelten *Schwärmern* aus. Die Schwärmer verlieren bald die Geißel, nehmen die Gestalt einer Amöbe an und kriechen wie eine solche umher. Die Amöbenformen vermehren sich durch Teilung und verschmelzen dann paarweise zu einer Zygote; diese bleibt beweglich, kann durch Kernteilung vielkernig werden oder sich gleich mit ihresgleichen zu kleineren Plasmodien vereinigen, die dann zu größeren zusammenfließen.

c) Pilze *(Fúngi* oder *Mycóphyta)*

Die meisten Pilze sind vollständig dem Land- bzw. Luftleben angepaßt. Ihr Thallus besteht aus chlorophyllfreien, verzweigten und engröhrigen *Fäden (Hyphen)*, die in der Unterlage ein *Fadengeflecht (Mycelium)* bilden. Die Zellwand ist in den weitaus meisten Fällen nicht wie sonst bei den Pflanzen aus Zellulose, sondern aus Chitin aufgebaut. Die ungeschlechtliche Vermehrung geht in der Hauptsache durch Luftsporen vor sich, seltener durch bewegliche, fürs Wasserleben geeignete Schwärmsporen. In ihrer Ernährung sind die Pilze auf organische Stoffe angewiesen, da sie keine Assimilationsfarbstoffe besitzen. Als *Fäulnisbewohner* (s. S. 59) suchen sie pflanzliche und tierische Abfallstoffe auf; als *Schmarotzer* zehren sie von anderen Pflanzen. Dadurch können sie für die Landwirtschaft sehr schädlich werden (s. S. 194). Mit fast 100000 Arten sind die Pilze die formenreichste Gruppe der niederen Pflanzen.

Einteilung der Pilze

1. **Algenpilze** *(Phýcomycóta)*	Myzel nicht in Zellen unterteilt; auch im Wasser lebend; vielfach Schimmelpilze mit algenähnlichem Bau; Fortpflanzung sehr verschiedenartig.
2. **Schlauchpilze** *(Áscomycóta)*	Myzel vielzellig; meist 8 Sporen in einem schlauchförmigen Sporenbehälter *(Áscus)*; viele Schimmelpilze.
3. **Ständerpilze** *(Basídiomycóta)*	Myzel vielzellig; meist 4 Sporen auf einem keulenförmigen Ständer *(Basídium)*.

Basidie einzellig:
Hautpilze *(Hýmenomycetáles)*
Bauchpilze *(Gástromycetáles)*

Basidie vierzellig:
Rostpilze *(Uredináles)*
Brandpilze *(Ustilagináles)*

1. Algenpilze (Phýcomycóto)

Die einfachsten Algenpilze sind mikroskopisch kleine, nackte, einzellige oder nur wenig gegliederte Pilze, die nur als Schmarotzer in den Zellen ihrer Wirte leben. Sie vermehren und verbreiten sich durch zahlreiche eingeißlige Schwärmer, die aber auch paarweise zu einer zweigeißligen Zygote verschmelzen können. Ungeschlechtliche Schwärmsporen und Geschlechtszellen sind noch nicht scharf gesondert.

Zu diesen einfachen Algenpilzen gehören zwei Pflanzenschädlinge. Der Pilz *Synchýtrium endobióticum* ruft den **Kartoffelkrebs** hervor. Die Knollen sind mit weißlichen, zerklüfteten Wucherungen besetzt und faulen (Abb. 138). Der Schädling kann durch Anbau widerstandsfähiger Kartoffelsorten bekämpft werden.

Abb. 138. Kartoffelkrebs

An der Wurzel der Kohlgewächse erzeugt der Erreger der **Kohlhernie** *(Plasmodióphora brássicae)* bis faustgroße, *Kropf* oder *Hernie* genannte Wucherungen (Abb. 139), so daß die Pflanze kümmert oder eingeht. Die Krankheit wird durch regelmäßigen

Fruchtwechsel, gründliche Unkrautvernichtung, Verbrennen der Kohlstrünke und durch chemische Mittel bekämpft.

Höhere Algenpilze entwickeln ein richtiges Fadengeflecht und neben Schwärmsporen auch männliche und weibliche Geschlechtszellen.

An schwimmenden, faulenden Pflanzenteilen und Insektenleichen, aber auch an lebenden Fischen (Aquarienfische) lebt der **Wasserschimmel** *(Saprolégnia)*. Mit seinen zweigeißligen Schwärmsporen, die keulenförmigen Sporangien entschlüpfen, erinnert er an die Algen (Abb. 140).

Der Erreger der **Kartoffelfäule** *(Phytóphthora inféstans)* durchwuchert mit seinen Fäden die Interzellularen der Kartoffelpflanzen und senkt Saugfäden in die Zellen. Einzelne Pilzfäden treten aus den Spaltöffnungen an der Unterseite der Blätter heraus, verzweigen sich und bilden Sporangien. Diese werden – und zwar als Ganzes – in Anpassung an das Landleben vom Winde fortgetragen und entlassen erst auf einer neuen Wirtspflanze bei Tau und Regen zweigeißlige Schwärmsporen (Abb. 141). So kann die Krankheit rasch über das Feld verbreitet werden. Die Blätter befallener Pflanzen werden schwarzfleckig („Schwarzblättrigkeit"), und die Pflanzen sterben vorzeitig ab. Die Knollen bleiben klein, erhalten ebenfalls Flecken und faulen („Trockenfäule"). Die Bekämpfung mit Kupferkalkbrühe muß zeitig einsetzen, um wirksam zu sein. Ähnlich ist der Entwicklungsgang des **Falschen Mehltaus** *(Plasmópara viticola)* der Weinrebe. Da er beträchtlichen Schaden verursacht, wird er durch regelmäßiges Bespritzen der Weinstöcke mit Kupferkalkbrühe bekämpft (s. S. 195).

Der bekannteste Algenpilz ist der **Kopfschimmel** *(Múcor mucédo*, Abb. 142*)*. Auf feuchtem Brot, auf Pferdemist u. a. bildet er weiße Schimmelrasen. Das

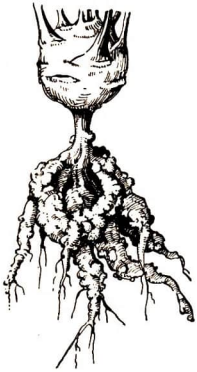


Abb. 139. Kohlhernie

Abb. 140. Sporangium von *Saprolégnia* mit ausschlüpfenden Schwärmsporen. Vergr. 200

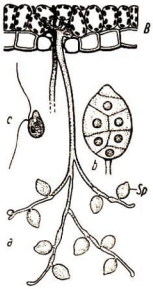


Abb. 141. Erreger der Kartoffelfäule.

a Sporangienträger, aus einer Spaltöffnung des Kartoffelblattes herauswachsend, *b* einzelnes Sporangium, *c* Schwärmspore.

B Teil des Kartoffelblattes, *Sp* Sporangien. Vergr. *a* 100, *b*, *c* 600

Mikroskop zeigt, daß die Pilzfäden keine Querwände besitzen, also nicht in einzelne Zellen geteilt sind. Von den die Nahrungsunterlage durchziehenden weitverzweigten Myzelfäden erheben sich zur *ungeschlechtlichen Vermehrung* senkrechte Luftfäden, die am Ende einen schwarzen, kugeligen Sporenbehälter tragen. Die in großer Zahl entstehenden unbeweglichen Sporen werden durch Platzen der Wand des Sporangiums frei und können sofort auskeimen.

Der Kopfschimmel ist zweihäusig. *Geschlechtliche Fortpflanzung* tritt nur ein, wenn zwei verschiedengeschlechtige Myzelien zusammentreffen. Dann wachsen keulenförmige Fadenenden aufeinander zu und grenzen nach ihrer Berührung durch Querwände vielkernige Zellen ab, die miteinander zu einer schwarzen Zygote verschmelzen. Da diese Zellen gleichgestaltet sind, läßt sich männlich und weiblich nicht unterscheiden, und es wird von Plus(+)- und Minus(—)-Myzelien gesprochen. Diese Fortpflanzungsweise ähnelt der Konjugation der Schraubenalge (s. S. 85).

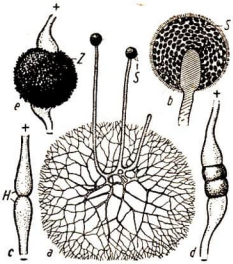


Abb. 142. Kopfschimmel.
a Myzel mit Sporangienträger, *b* einzelnes Sporangium, *c* bis *e* Zygotenbildung.
H gametangienbildende Hyphenenden eines Plus(+)- und Minus(—)-Myzels, *S* Sporen, *Z* Zygote. Vergr. *a* 5, *b* bis *e* 150

Auf feuchtem Pferdemist wächst der **Pillenwerfer** *(Pilóbolus*, Abb. 73, S. 46*)*. Der unter starkem Turgor (5,5 Atm.) stehende Sporangiumträger platzt an der Spitze, und der herausspritzende Zellsaft schleudert das ganze Sporangium samt seinen etwa 50000 Sporen mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 14 m/sec bis zu 2 m weit weg.

Abb. 143. Vom Fliegentöter befallene tote Fliege mit Hof abgeschleuderter Sporen

Gegen Ende der Fliegenzeit haften an Fenstern und Spiegeln verendete Fliegen, die von einem weißen Hof weggeschleuderter Luftsporen des **Fliegentöters** *(Empúsa múscae)* umgeben sind (Abb. 143). Diese Sporen stammen von dem in der Fliege schmarotzenden Myzel des Pilzes. Dieses ist durch Querwände in ein- bis vierkernige Zellen geteilt. Damit leitet der Fliegentöter zu den höheren Pilzen über.

2. *Schlauchpilze (Áscomycóta)* und 3. *Ständerpilze (Basídiomycóta)*

Bei den **Schlauchpilzen** entwickeln sich die Sporen im *Innern* eines *schlauch*förmigen Sporenbehälters *(Áscus)*, bei den **Ständerpilzen** *außen* an einem keulenförmigen *Ständer (Basídium)*; diesem sitzen sie mit dünnen Stielchen auf. Die Sporenkörper der höheren Pilze entstehen nicht durch Gewebebildung, sondern dadurch, daß sich die Pilzfäden aneinanderlegen und miteinander verflechten.

Schlauchpilze *(Áscomycóta)*. Die einfachsten Schlauchpilze sind die **Hefepilze** *(Sáccharomycétes)*. Sie leben meist als Einzeller; einzelne Arten bilden jedoch unter bestimmten Bedingungen echte Fäden.

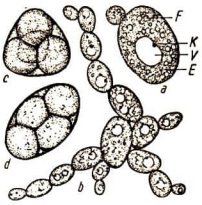


Abb. 144. Hefepilze; *a* knospende Hefezelle, *b* Sproßverband, *c*, *d* Bildung von Ascosporen.

E Eiweißkörnchen, *F* Fetttröpfchen, *K* Zellkern, *V* Vakuole. Vergr. *a*, *c*, *d* 1500, *b* 800

Verrühren wir eine Spur Bäckerhefe in Wasser und betrachten sie unter dem Mikroskop, so erkennen wir die rundlich-eiförmigen Hefezellen. Sie haben eine prall gespannte Zellwand, im Innern einen rundlichen helleren Saftraum, einen kleineren Kern und im Plasma Fetttröpfchen (Abb. 144). Sie vermehren sich durch eine besondere Art der Zellteilung, *Sprossung* genannt, indem aus der Mutterzelle eine neue Zelle allmählich hervorwächst. Diese Sprossung ist aber mit einer normalen Kernteilung verbunden. Oft bleiben mehrere Zellen noch eine Zeitlang miteinander im Zusammenhang und bilden *Sproßverbände*. Unter bestimmten Bedingungen (mangelhafte Ernährung, langsames Eintrocknen) verschmelzen bei manchen Hefearten zwei Zellen miteinander und erzeugen innerhalb einer zum „Schlauch" gewordenen Zelle meist vier dickwandige Sporen. Sie überdauern ungünstige Lebensverhältnisse; bei günstigen Bedingungen keimen sie.

Die Hefepilze gewinnen die Energie für ihren Betriebsstoffwechsel durch *Gärung*, indem sie Zucker mit Hilfe einer von ihnen gebildeten Fermentgruppe (Zymase) in Alkohol und Kohlendioxyd zerlegen (s. S. 58). *Die Hefepilze sind die wichtigsten Erreger der Gärung*. In der Natur finden sich zahlreiche Arten *wilder Hefen*, z. B. die Weinhefe im Boden der Weinberge und auf den Reben. Die zu technischen Zwecken verwendeten *Kulturhefen* sind zum Teil alte „Kulturpflanzen", die als Bier- und Preßhefe in den Brauereien oder als Spiritus- oder Brennereihefen in den Brennereien gezüchtet werden. Durch ihren Vitamingehalt haben manche Heferassen medizinische Bedeutung und werden z. B. bei Furunkulose angewendet.

Der *Sauerteig*, der seit den ältesten Zeiten zum Backen von Schwarzbrot verwendet wird, ist von vielen Hefe- und Bakterienarten bevölkert; er bildet beim Mischen des Mehles mit Wasser Säuren und Gase und verursacht dadurch den säuerlichen Geschmack und das Aufgehen des Brotteiges.

Die *eigentlichen Schlauchpilze* bilden ein echtes vielzelliges Myzel, und ihre Schläuche treten meist in *Fruchtkörpern* zusammen.

Allgemein bekannt sind die in Hunderten von Arten verbreiteten **Schimmelpilze** der Gattungen *Aspergíllus* und *Penicíllium*. Alle möglichen organischen Stoffe werden von ihrem Myzel durchwuchert, von dem aus Hyphen in die Luft wachsen, die dichte Rasen von langgestielten Sporenträgern mit weißen, häufig blaugrünen, schwarzen und andersgefärbten Luftsporen *(Konidien)* bilden. Beim

Gießkannenschimmel *(Aspergillus)* ist das Ende des Sporenträgers kugelig angeschwollen und trägt an kurzen Stielchen nach allen Seiten ausstrahlende, perlschnurförmig angeordnete *Sporen*. Am **Pinselschimmel** *(Penicillium)* ist der Träger meist verzweigt und die Sporenketten sitzen auf den Zweigenden (Abb. 145). Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung entstehen kleine, kaum stecknadelkopfgroße runde Fruchtkörper, in denen die runden Asci mit je acht Sporen liegen.

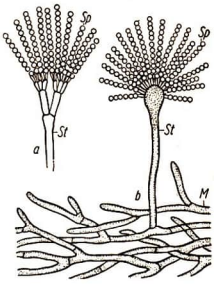


Abb. 145. Schimmelpilze.
a Pinselschimmel, *b* Gießkannenschimmel.
M Myzel, *Sp* Sporen, *St* Sporenträger. Vergr. 500

Schimmelpilze sind im Gärungsgewerbe bedeutsam. Manche sind schädlich. Andere dagegen sind nützlich, sie bringen das gute „Bukett" (Duftstoffe) der Weine hervor oder sind zur Reifung gewisser Käsesorten nötig (Camembert, Brie, Roquefort).

Gewisse Arten von Penicillium erzeugen einen die Entwicklung mancher Bakterien hemmenden Stoff, der aus Reinkulturen gewonnen wird. Als *Penicillin* ist er heute eines der wirksamsten Mittel gegen manche durch Bakterien hervorgerufene Erkrankungen. Auch aus anderen Pilzen werden ähnlich wirkende *antibiotische* Stoffe gewonnen.

Zahlreiche Schlauchpilze sind bekannte Schmarotzer auf Pflanzen. Die **echten Mehltaupilze** *(Erysipháceae)* überziehen die Blattoberfläche der Weinrebe, des Hopfens, der Eiche usw. mit schimmelartigen Fäden und senken Saugfäden in deren Oberhautzellen (Abb. 146). Während des Sommers verbreiten sie sich durch Luftsporen, die von kleinen Myzelzweigen abgegliedert werden.

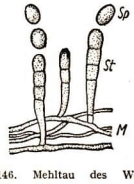


Abb. 146. Mehltau des Weines.
M Myzel, *Sp* Spore, *St* Sporenträger. Vergr. 800

In diesem Stadium erscheinen die Pflanzen wie mit Mehl bestäubt. Da das Myzel der echten Mehltaupilze an der Oberfläche der Blätter liegt, können sie durch Überpudern mit Schwefel wirksam bekämpft werden.

Der **Mutterkornpilz** *(Clávicepsˇ purpúrea,* Abb. 147*)* wuchert mit seinem Myzel in jungen Fruchtknoten des Roggens. Er bildet dort massenweise Sporen, die zugleich mit einem von den erkrankten Fruchtknoten ausgeschiedenen süßen Saft, dem „*Honigtau*", durch Insekten verbreitet werden. An Stelle des ausgezehrten Fruchtknotens entsteht aus dicht zusammengedrängten Pilzfäden ein harter, schwärzlicher, hornartig gekrümmter Körper, das *Mutterkorn*, das aus der Ähre heraushängt, abfällt und im Boden überwintert. Im nächsten Frühjahr wachsen an ihm zur Zeit der Roggenblüte blaßrote, gestielte Fruchtkörper, die in flaschenförmigen Einsenkungen zahlreiche Schläuche mit je acht länglichen Sporen erzeugen. Der Wind verweht die Sporen auf die Ähren, wo mit dem Befall der Fruchtknoten die Entwicklung von vorn beginnt. Das Mutterkorn enthält pflanzliche

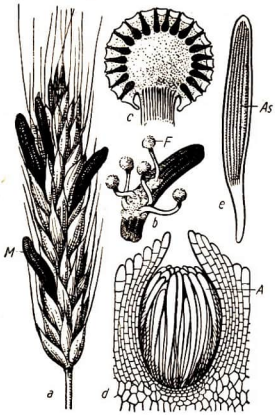


Abb. 147. Mutterkornpilz.
a Roggenähre, *b* gekeimtes Mutterkorn mit Fruchtkörpern, *c* Längsschnitt durch einen Fruchtkörper, *d* einzelne flaschenförmige Einsenkung, *e* Ascus mit 8 Ascosporen.
A Ascus, *As* Ascosporen, *F* Fruchtkörper, *M* Mutterkorn. *a*, *b* nat. Gr., Vergr. *c* 20, *d* 150, *e* 400

Gifte, Alkaloide. Es ist *offizinell*, d. h., es wird als Arzneimittel, z. B. in der Geburtshilfe, angewendet.

Der Schlauchpilz *Néctria galligéna* ruft den **Obstbaumkrebs** hervor. Stamm oder Äste bekommen schwer heilende Wunden, bei denen der Holzkörper offen zutage liegt. Ein anderer *(Ceratóstomélla úlmi)* veranlaßt in ganz Europa das **Ulmensterben.** Es tritt dadurch ein, daß das Myzel die Wasserleitungsgefäße des Ulmenholzes verstopft.

Schimmelpilze der Gattung *Sclerotínia* sind die Urheber der **Moníliakrankheit** bei Kern- und Steinobst. Die Früchte schrumpfen und faulen, rund um den Ansteckungsherd bilden sich rasch wachsende konzentrische Kreise mit Sporen (Abb. 148). Ganze Zweige können absterben. Als Maßnahme gegen den Schädling werden die kranken Früchte vernichtet und befallene Zweige verbrannt.

Einige erdbewohnende Schlauchpilze bilden größere, mitunter becher- oder schüsselförmige Fruchtkörper, die an ihrer Oberfläche die Schläuche tragen. Bekannt sind die eßbaren **Morcheln** *(Morchélla)*, die bis zu 12 cm große Hüte entwickeln, und die giftigen **Lorcheln** *(Gyromitra)*. Die begehrten Fruchtkörper der **Trüffel** (Tuber) wachsen unterirdisch als warzige von Hohlräumen durchzogene Knollen. Die im Innern gebildeten stacheligen Sporen haften leicht an wühlenden Tieren (Schweinen), die die Trüffel mit dem Geruchssinn auffinden und dabei verbreiten.

Abb. 148.
Moniliakrankheit

Ständerpilze *(Basídiomycóta)* – **Hautpilze** *(Hymenomycetáles)*. Die vom Menschen als Nahrung verwendeten Pilze sind fast ausschließlich Hautpilze, von denen etwa 2000 Arten in Deutschland vorkommen. Von ihnen sammeln wir die oft in Stiel und Hut gegliederten *Fruchtkörper*. Wir unterscheiden sie zunächst nach der Fruchtschicht (Hymenium), die meist die Hutunterseite bedeckt. In überwiegender Zahl finden wir **Blätterpilze** (z. B. Fliegenpilz) mit strahlenförmig um den Stielansatz angeordneten Lamellen. Häufig sind auch die **Röhrenpilze** (z. B. Steinpilz), deren Fruchtschicht röhrenförmige Vertiefungen aufweist. Selten stoßen wir auf **Stachelpilze** (z. B. Habichtsschwamm), bei denen die Hutunterseite mit

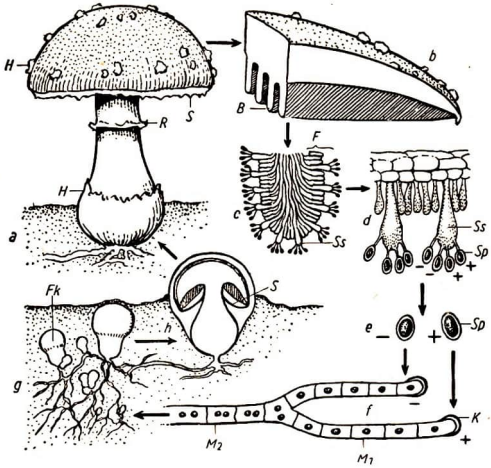


Abb. 149. Entwicklung eines Hautpilzes.

a Fruchtkörper, *b* Schnitt durch den Hut, *c* Querschnitt durch ein Blättchen, *d* Stück der Fruchtschicht, *e* Sporen, *f* Keimung der Sporen zu Einkernmyzelien und Verschmelzung zu einem Zweikernmyzel, *g* Bildung neuer Fruchtkörper, *h* Längsschnitt durch einen jungen Fruchtkörper.

B Blättchen, *F* Fruchtschicht, *Fk* Fruchtkörper, *H* Hüllhaut, *K* Sporenkeimung, M_1 Einkernmyzel, M_2 Zweikernmyzel, *R* Ring, *S* Schleier, *Sp* Spore, *Ss* Sporenständer

stachelförmigen Auswüchsen besetzt ist. Ab und zu treffen wir **Keulenpilze,** die nicht in Stiel und Hut gesondert sind (z. B. Ziegenbart).

Einer der bekanntesten Pilze, der giftige **Fliegenpilz** *(Amanita muscária)*, soll als Beispiel für Bau und Entwicklung der Hautpilze dienen (Abb. 149). In feinen, schimmelähnlichen Fäden durchwächst sein Myzel den Boden. Unter bestimmten Bedingungen drängen sich die Fäden dicht zusammen, verflechten sich miteinander und bilden erst kleine Knöllchen (g), dann rasch heranwachsende, in Stiel und Hut gegliederte Fruchtkörper. Die Knöllchen sind anfangs von einer äußeren *Hüllhaut* umschlossen (h), die beim Strecken des Fruchtkörpers zerreißt und als Saum (bei anderen Pilzen als Scheide) am Grunde des Stieles und als weiße Hüllfetzen auf der Hutoberfläche übrigbleibt (a). Eine innere Hülle, oft *Schleier* genannt, verbindet den noch eingekrempelten Hutrand mit dem Stiel (h); wenn sich der Hut ausbreitet, reißt die Hülle am Hutrande ab und ist am Stiel als *Ring* sichtbar (a). Auf der Hutunterseite werden dadurch die bisher verdeckten *Blätter* (Lamellen) frei (b). Sie sind am fertig entwickelten Fruchtkörper etwa 0,4 mm

dick und 1 cm hoch. An der Oberfläche der Lamellen schwellen die Endzellen der Pilzfäden zu keulenförmigen *Sporenständern (Basidien)* an (c). Sie überziehen die Lamellen in einer dünnen, mit sterilen Hyphenenden vermischten Haut, daher der Name: Hautpilze. Jede Basidie gliedert vier auf feinen Stielchen sitzende Sporen *(Basidiosporen)* ab (d). Ein Fliegenpilz liefert im Laufe von etwa sechs Tagen rund 3 Millionen etwa 0,01 mm lange, elliptische Sporen, die durch den Wind verbreitet werden. Nicht alle Hautpilze lassen späterhin Ring und Hüllhaut noch erkennen. Die Fruchtschicht überkleidet bei den Röhrenpilzen die Röhren und bei den Stachelpilzen die Stacheln; bei den Keulenpilzen überzieht sie gleichmäßig die ganze Oberfläche.

Fast alle Zellen des Pilzes sind *zweikernig*, die *Sporen* dagegen *einkernig*. Die Sporen lassen sich durch keinerlei äußere Merkmale unterscheiden, ihre Weiterentwicklung zeigt aber, daß sie verschiedenen Geschlechtes sind. Sie werden deshalb mit + und – bezeichnet (Abb. 149 d, e; s. Kopfschimmel S. 93). Zunächst keimen die Sporen zu einkernigen Myzelien (f) von langer Lebensdauer aus, an denen indessen nie Fruchtkörper entstehen. Treffen zwei verschiedengeschlechtige Myzelien aufeinander, so verschmelzen zwei sich berührende Zellen miteinander, ohne daß sich ihre Kerne vereinigen (f). Aus der Verschmelzungszelle geht deshalb ein zweikerniges, später fruchtkörpertragendes Myzel hervor. Die verschmelzenden Zellen sind als Geschlechtszellen anzusehen. Ihre Kerne vereinigen sich – nach zahllosen Zwischenteilungen und oft erst Jahre später –, in der zunächst zweikernigen Basidie, die dadurch einkernig wird; sie liefert in zweimaliger Teilung (Reduktionsteilung, s. S. 72) vier einkernige Basidiosporen.

Einkernige +Basidiospore → +Einkernmyzel
Einkernige –Basidiospore → –Einkernmyzel
→ Zweikernmyzel → Fruchtkörper →

→ zweikernige Basidie → einkernige Basidie → (Kernverschmelzung)
einkernige +Basidiospore
einkernige +Basidiospore
einkernige –Basidiospore
einkernige –Basidiospore

Da die Myzelien nach außen ringförmig weiterwachsen und innen absterben, stehen die Fruchtkörper oft in sogenannten *Hexenringen*.

Bauchpilze *(Gastromycetáles)*. Während bei den Hautpilzen die Fruchtschicht an der Oberfläche des Fruchtkörpers liegt, überzieht sie bei den Bauchpilzen die Wände von Hohlräumen im Innern der rundlichen, geschlossenen Fruchtkörper. **Boviste** *(Bovísta)* und **Stäublinge** *(Lycopérdon)* sind häufig vorkommende Bauchpilze. Sobald die Sporen reif sind, zerfallen die Wände der Hohlräume, der trockene Fruchtkörper öffnet sich an der Spitze, und die Sporen stäuben aus.

Bei der **Stinkmorchel** *(Phállus impúdicus)* ist der sporentragende Teil des Fruchtkörpers langgestielt. Er verschleimt bei der Reife und strömt dann einen widerlichen Fäulnisgeruch aus. Dadurch werden Aasinsekten angelockt, die die Sporen verbreiten. (Vergleiche Insektenbestäubung der Blütenpflanzen!)

Die Bedeutung der eßbaren Pilze. Pilze haben als Nahrungsmittel etwa denselben Nährwert wie Gemüse, das sie an Eiweißgehalt unter Umständen noch übertreffen. Dazu kommt ihr Gehalt an Nährsalzen, Fett und nach neueren Forschungen an Vitamin A, B_1 und D sowie antibiotischen Wirkstoffen, die den meisten Gemüsen fehlen. Sorgfältig eingekochte Pilze halten sich lange Zeit. Bequemer ist, sie gut zu trocknen und luftig aufzubewahren.
Wenn auch die Vertrautheit mit den Pilzen zugenommen hat, so lassen sich doch viele Menschen aus zwei Gründen vom Sammeln abhalten: aus Angst vor Giftpilzen und wegen der leichten Verderblichkeit der Pilze. Auf jeden Fall müssen Pilze bald verbraucht oder zur Aufbewahrung hergerichtet werden. Es gibt etwa ein Dutzend häufigerer Giftpilze. Dazu kommen noch rund 60 Arten, die teils nur selten auftreten, teils nur schwach oder nur ungekocht giftig sind. *Eine Regel* (Bräunen der Zwiebel, Schwarzwerden des Silberlöffels beim Kochen u. a.), *nach der sich giftige und nichtgiftige Pilze unterscheiden lassen, gibt es nicht. Vor Pilzvergiftung schützt allein Kenntnis der Pilze.* Wer nur die Pilze sammelt, die er als eßbar kennt, kommt nicht in Gefahr, sich zu vergiften. Unbekannte Pilze umzuschlagen ist sinnlos; viele leben mit Waldbäumen in Symbiose, sind an der Bildung der Mykorrhiza beteiligt und als Humusbildner von hervorragender Bedeutung.
Zur Sammelzeit werden an vielen Orten Pilzwanderungen unter Führung erfahrener Pilzkenner veranstaltet. Pilzberatungsstellen und Pilzausstellungen geben kostenlos Auskunft. Wer dazu noch in einem guten Pilzbuch die Beschreibungen sorgfältig liest und die Abbildungen genau vergleicht, wird bald einige wichtige Pilzarten sammeln können und vor Verwechslungen sicher sein. Von den in Deutschland festgestellten Pilzvergiftungen mit tödlichem Ausgang werden 90% auf den Genuß des **Grünen Knollenblätterpilzes** *(Amanita phalloides)* zurückgeführt. Die Anzeichen einer derartigen Pilzvergiftung treten erst nach Übertreten des Giftes in das Blut, d. h. etwa 8 bis 30 Stunden nach dem Genuß, ein: Erbrechen, Durchfall, Krämpfe, Atemnot, schließlich Herzlähmung und Tod. Nur bei frühzeitiger ärztlicher Hilfe besteht Aussicht auf Rettung.

Rostpilze *(Uredinales)*. Man kennt über 4000 Arten Rostpilze, die alle auf höheren Pflanzen schmarotzen. Schon im Karbon vor 200 bis 250 Millionen Jahren lebten sie parasitisch auf Farnen. Sie zeigen sich als rostrote, braune oder schwarze Flecken an Stengeln und Blättern der Wirtspflanzen. Eine der gefährlichsten Arten ist der **Getreide- oder Schwarzrost** *(Puccinia graminis*, Abb. 150*)*. Sein Myzel durchwuchert die befallenen Pflanzen und bildet von Juni an in streifenförmigen, die Oberhaut durchbrechenden Lagern (a) Millionen gelblicher *Sommersporen (Uredosporen)* (b), die vom Winde weggetragen werden und die Krankheit rasch verbreiten. Wenn das Getreide zu reifen beginnt, entstehen in den gleichen oder auch in besonderen Lagern (c) dunkle, derbwandige, zweizellige *Wintersporen (Teleutosporen)* (d). Sie überwintern am Boden (e) und keimen im nächsten Frühjahr zu einer vierzelligen Basidie aus (f). Jede Zelle trägt eine *Basidiospore*, die abgeschleudert und vom Winde weggetragen wird. Sie entwickelt sich aber nur auf der *Berberitze* oder der ihr verwandten *Mahonie* (g). Es findet also ein

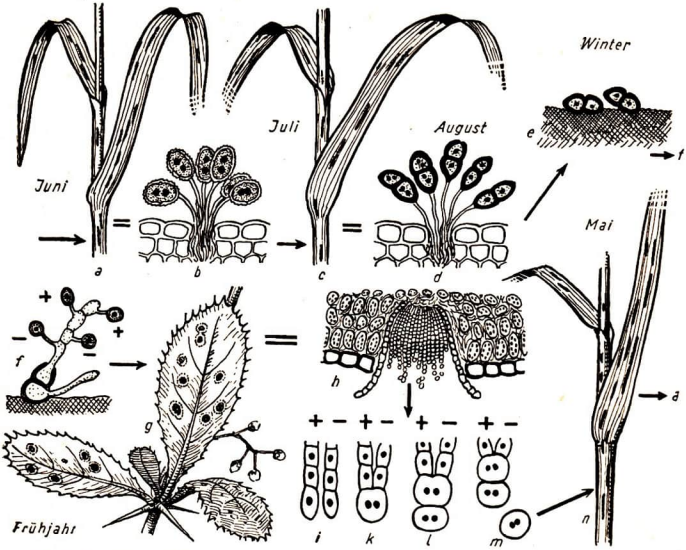


Abb. 150. Entwicklung des Getreiderostes. *a, b* Getreidepflanze mit Lagern von Sommersporen, *c, d* mit Lagern von Wintersporen, *e* überwinternde Wintersporen, *f* gekeimte Wintersporе mit Basidie und Basidiosporen, *g, h* Berberitzenblätter mit Becherchen, *i* bis *m* Bildung der zweikernigen Bechersporen, *n* Neubefall des Getreides

Wirtswechsel statt. Die Basidiosporen sind verschiedengeschlechtig und keimen zu kleinen Plus(+)- und Minus(–)-Myzelien aus (i). Treffen beide auf einem infizierten Berberitzenblatt zusammen, so verschmelzen zwei Zellen (k, l) und entwickeln auf der Blattunterseite in kleinen, rostbraunen Becherchen (h) kettenförmig aneinandergereihte zweikernige *Bechersporen (Äzidiosporen)*, von denen sich über 1000 in einem einzigen Becher bilden können (m). Diese keimen nur auf Getreide (n). Unter der Epidermis der Blattoberseite der Berberitze bilden sich außerdem noch Lager mit sogenannten *Pyknosporen*, die meist nicht infektionsfähig sind. Im ganzen Entwicklungsgang dieses gefährlichen Pilzes treten also fünf verschiedene Sporensorten auf.

Zur Bekämpfung des Getreiderostes rottet man die Berberitze in der Nähe der Felder aus. Da jedoch auch die Sommersporen überwintern und eine Neuansteckung des Getreides bewirken oder bereits die Herbstsaat befallen können, ist der Getreiderost schwer zu bekämpfen. Es wird daran gearbeitet, rostfeste Getreidesorten zu züchten.

Weitere Rostpilze finden sich als Forstschädlinge auf Nadelhölzern, als Schädlinge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen auf Runkel- und Zuckerrüben, Bohnen und Erbsen. Nicht alle Rostpilze zeigen die geschilderte Entwicklung. Es können eine oder mehrere Sporenformen, der Wirtswechsel oder der Generationswechsel fehlen.

Brandpilze *(Ustilaginále)*. Auch die Brandpilze sind Schmarotzer in höheren Pflanzen. Ihr Myzel bildet in Blüten, Stengeln und anderen Pflanzenteilen schwarze, jahrelang lebensfähige Dauersporen, sogenannte *Brandsporen*, die im nächsten Frühjahr auf dem Boden zu einer Basidie mit vier *Basidiosporen* auskeimen. Aus diesen geht auf einer Wirtspflanze das neue Myzel hervor.
Die Brandpilze lassen sich auf künstlichem Nährboden züchten und bilden dort Sproßverbände wie die Hefepilze (s. S. 94).
Einige Arten füllen die Fruchtknoten von Hafer, Gerste, Weizen mit schwarzem, verstäubendem Brandsporenpulver: **Flug-** oder **Staubbrand** *(Ustilágo*, Abb. 151*)*; andere bilden in Weizenkörnern schwarze, nach Heringslake riechende schmierige Massen von Sporen: **Stink-** oder **Steinbrand** *(Tillétia)*. Ein einziges befallenes Weizenkorn enthält Millionen Brandsporen, die beim Dreschen das Saatgut durchsetzen. Wird derartiges Saatgut ausgesät, so kann die ganze Ernte gefährdet werden. Darum ist die Bekämpfung der Brandkrankheiten von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Brandpilze werden durch *Beizen* des Saatgutes wirksam bekämpft (s. S. 195).

Abb. 151. Links Maisbeulenbrand, rechts Weizenflugbrand

d) Flechten *(Lichenomycóta)*

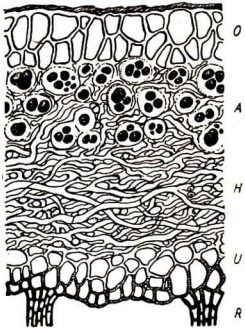


Abb. 152. Querschnitt durch den Thallus einer Flechte;
A algenführende Schicht, *H* Schicht lockerer Hyphen, *O* Oberseite, *R* Rhizoiden, *U* Unterseite. Vergr. 400

Die Flechten sind Pilze, die mit Algen in Symbiose (s. S. 61) leben. Das sehen wir an einem mikroskopischen Schnitt durch den gelben, blattartigen und gelappten Thallus, etwa der **Wandflechte** *(Xanthória parietina)*, die häufig an Baumstämmen, Bretterzäunen oder Steinen wächst und in der Mitte orangefarbene „Schüsselchen" bildet. Wir erkennen dann – angehäuft in der besser belichteten Oberschicht – grüne, runde Algenzellen, die von Pilzfäden umwachsen sind (Abb. 152). Beide sind zu einer nach Bau und Leistung neuen Einheit geworden, deren Teile sich im Stoffwechsel ergänzen. Die Alge entzieht dem Pilz Wasser und darin gelöste Nährsalze, der Pilz der Alge organische Verbindungen. Der Pilzpartner gehört bei den meisten Flechten, vor allem bei unseren einheimischen Arten, zu den Schlauchpilzen, nur bei einigen tropischen Arten zu den Ständerpilzen; der Algenpartner ist eine einzellige, bei wenigen Arten eine fadenförmige Grün- oder Blaualge.

Viele Flechten vermehren sich dadurch, daß sich abgetrennte Thallusteilchen anderwärts festsetzen und auswachsen. Bei der Wandflechte dienen dazu kleine an den Rändern sich bildende Körnchen, *Brutkörperchen*, in denen Algengruppen von Pilzfäden umsponnen sind. Sie lösen sich und werden vom Wind verbreitet.

Die Schüsselchen auf dem Lager der Wandflechte sind Fruchtkörper des Flechtenpilzes. In einer Fruchtschicht liegen neben sterilen Pilzfädenenden Sporenschläuche mit je acht Sporen. Diese werden vom Wind weggetragen, keimen aber nur, wenn sie auf eine passende Alge treffen, mit der sie wieder eine Flechte bilden können. Der Flechtenpilz ist ohne die Alge nicht lebensfähig, während die Alge auch allein bestehen kann.

Nach der Mannigfaltigkeit ihrer Formen werden die Flechten unterschieden in **Krustenflechten**, deren dünner Thallus der Unterlage ganz angewachsen ist, **Laubflechten** mit dickerem, nur stellenweise angewachsenem Thallus, **Strauchflechten** mit mehrfach verzweigtem, an Ästen hängendem oder vom Boden emporstrebendem Thallus (Abb. 153). Systematisch werden die Flechten nach den Vermehrungsorganen des beteiligten Pilzes geordnet.

Die Flechten können monatelang eingetrocknet leben und nur mit der Luftfeuchtigkeit auskommen. Rinde und Zweige der Bäume dienen ihnen als Wohnstätten, sie entziehen ihnen aber keine Nahrung. Im Haushalt der Natur sind sie von besonderer Bedeutung. Sie sind die ersten Besiedler öden Gesteins, in das sich Krustenflechten mit Hilfe bestimmter *Flechtensäuren* einfressen und das sie nach

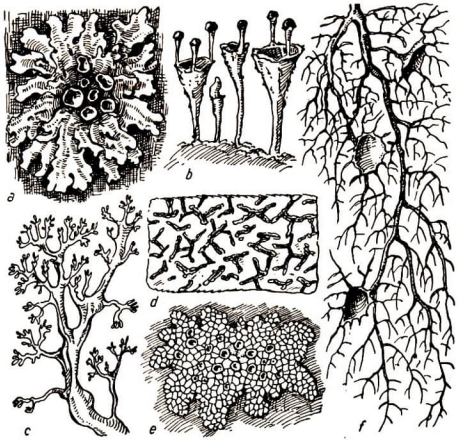


Abb. 153. Flechtenformen.
a Laubflechte, *b*, *c*, *f* Strauchflechten, *d*, *e* Krustenflechten, $^2/_3$ nat. Gr.

und nach zermürben. (Man hat Flechten sogar auf Glasplatten zum Wachsen bringen können.) Nach ihrem Absterben hinterlassen sie eine dünne Schicht organischer Substanz und zersetzten Gesteins, auf der Moose und später höhere Pflanzen gedeihen können. So ermöglichen die Flechten erst das weitere Pflanzenleben auf diesen Gesteinen. Einige Arten werden vom Menschen gegessen: **Mannaflechte** *(Lecanóra esculénta)*, **Isländisches Moos** *(Cetrária islándica)*. Die **Rentierflechte** *(Cladónia rangiferína)*, die auf trockenem Wald- und Heideboden dichte graue Polster bildet, ist in nordischen Ländern die fast ausschließliche Nahrung der Rentiere. Damit wird auch dem Menschen dort der Aufenthalt ermöglicht. An den indischen und südatlantischen Küsten wächst die **Lackmusflechte,** die den in allen chemischen Laboratorien als Indikator bekannten Lackmusfarbstoff enthält.

III. Moospflanzen *(Bryóphyta)*

Die Moose sind kleine Pflanzen meist feuchter Standorte. Schattige Wälder und feuchte Schluchten der Gebirge sind vorwiegend ihre Heimat. In Mooren und Tundren beherrschen sie das Bild der Pflanzenwelt. Andere Arten haben sich trocknen Wohnorten (Felsen, Dächer) angepaßt. Wirkliche Wasserbewohner sind nur wenige von ihnen; im Meer kommen sie nicht vor. Die bei den Algen angebahnte Sonderung der Zellen setzt sich bei den Moosen fort, indem sich Zellen zu differenzierteren Geweben vereinigen. Bei höchstentwickelten Moosen kommt es zur Ausbildung sehr einfacher Leitbündel, die aus gestreckten Zellen zusammengesetzt sind.

a) Lebermoose *(Hepaticópsida)*

Das an Brunnen häufige **Brunnenlebermoos** *(Marchántia polymórpha,* Abb. 154*)* überzieht den Boden oder die Steine mit einem flachen, grünen Thallus, der sich in etwa 2 cm breite Lappen gablig verzweigt; jeder Lappen hat eine Mittelrippe. Der Thallus ist mit feinen *Rhizoiden* an der Unterlage festgeheftet.

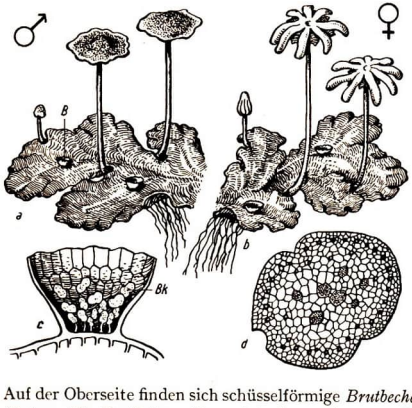


Abb. 154. Brunnenlebermoos. *a* männlicher, *b* weiblicher Thallus, *c* Brutbecherchen, längs durchschnitten, *d* einzelnes Brutkörperchen. *B* Brutbecherchen, *Bk* Brutkörperchen. Vergr. *a*, *b* 2, *c* 10, *d* 250

Auf der Oberseite finden sich schüsselförmige *Brutbecher* mit kleinen, grünen *Brutkörpern.* Die Brutkörper lösen sich ab, werden vom Regen weggeschwemmt und wachsen zu neuen Moospflanzen aus, verbreiten also das Lebermoos auf ungeschlechtlichem Wege. Das Brunnenlebermoos ist zweihäusig. Im Juni, Juli erheben sich über die Thalluslappen 2 cm lange, gestielte Schirme in zweierlei, auf verschiedene Moose verteilter Gestalt. Die eine Form ist eine vielzipflige tellerförmige Scheibe mit in die Oberseite eingesenkten *Antheridien.* Die andere, sternförmige Form trägt auf der Unterseite *Archegonien.* Die Samenfäden oder *Spermatozoiden* gelangen mit Regenspritzern zu den weiblichen Organen und schwimmen dort zu den Eizellen. Sind diese befruchtet, so wachsen aus der unteren Seite des Schirmes kurze Sporangien hervor, deren Sporen sich zu neuen Moospflanzen entwickeln.

Abb. 155. In Stämmchen und Blättchen gegliedertes Lebermoos *(Plagiochila).* Nat. Gr.

Der Thallus der weitaus meisten übrigen Lebermoose ist in Stämmchen und zweiseitig sitzende nervenlose Blättchen gegliedert (Abb. 155). Sie sind häufig, aber wenig auffallend, auf feuchtem Boden und morschen Baumstümpfen zu finden.

b) Laubmoose *(Bryópsida)*

Die **Laubmoose** haben stets ein Stämmchen und meist ringsum angeordnete Blättchen mit einem Mittelnerv. Ihnen gehört die große Mehrzahl unserer Moose an. Eines der stattlichsten ist das **Goldene Frauenhaar** *(Polýtrichum commúne,* Abb. 156*)*, das in feuchten Wäldern hohe Moosrasen bildet. Ziehen wir ein einzelnes Pflänzchen heraus, so sehen wir am unteren Abschnitt braune, haarähnliche Fäden, *Rhizoide.* Echte Wurzeln fehlen. Rings um den Stengel stehen ungestielte, über einen Zentimeter lange, immergrüne Blättchen.

Im Frühjahr finden wir an vielen Stengelspitzen des Frauenhaares rötliche Blättchen, die sich zu einem Schüsselchen, einer sogenannten Moosblüte (c), erweitern. Das Mikroskop zeigt dort zwischen farblosen Saftfäden grüne Schläuche, die *Antheridien* (d). Auf anderen Pflänzchen – das Goldene Frauenhaar ist zweihäusig – sind zur selben Zeit die Blättchen an der Spitze zusammengelegt und schließen mehrere flaschenförmige *Archegonien* mit je einer Eizelle ein (b). In den regendurchtränkten Rasen können die männlichen Schwärmer (Spermatozoiden [e]) zu den Archegonien schwimmen und die Eizellen befruchten. Sie werden dabei chemotaktisch (s. S. 45) durch Rohrzucker angelockt, der zusammen mit dem Schleim aus dem Flaschenhals entleert wird. Aus der Zygote entwickelt sich an der Spitze des weiblichen Pflänzchens, ihm gleichsam als Halbparasit aufsitzend, ein diploider Keimling (s. S. 71), ein Embryo, der sich streckt und zu einem langen Stiel mit einer endständigen Sporenkapsel auswächst (a).

Anfangs ist der Keimling in die mitwachsende „Flasche" des Archegoniums eingeschlossen (Abb. 157). Wenn er sich nun streckt, reißt das Archegonium ab (a), wird emporgehoben und bedeckt die Sporenkapsel als Haube (b), deren unterer Rand zu haarähnlichen, strohgelben Fasern ausgefranst ist (Name des

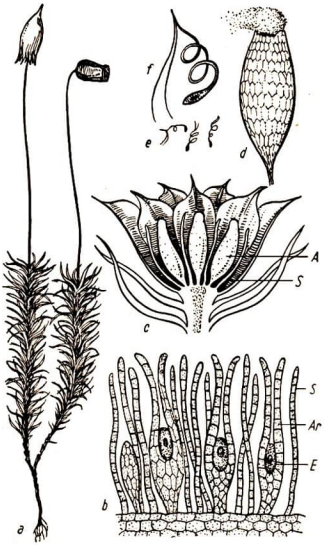


Abb. 156. Goldenes Frauenhaar.
a weibliche Pflanze mit Sporenkapsel, nat. Gr., *b* Längsschnitt durch die Spitze einer weiblichen Pflanze, *c* Längsschnitt durch eine Moosblüte, *d* einzelnes Antheridium, *e*, *f* Spermatozoiden. *A* Antheridium, *Ar* Archegonium, *E* Eizelle, *S* Saftfaden. Vergr. *b* 30, *c* 20, *d* 50, *e* 100, *f* 400

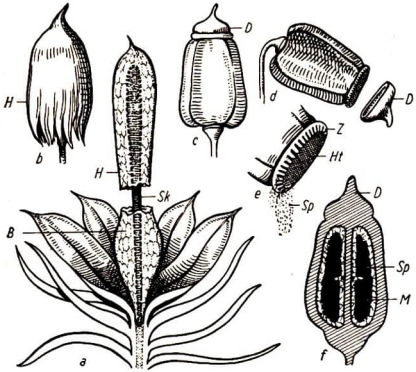


Abb. 157. Entwicklung der Sporenkapsel beim Frauenhaar.
a Stengelende einer weibl. Pflanze, *b* Sporenkapsel mit Haube, *c* ohne Haube, *d* mit abfallendem Deckel, *e* Sporen ausstreuend, *f* Längsschnitt durch eine Kapsel. *B* Bauch des Archegoniums, *D* Deckel, *H* Haube (Hals des Archegoniums), *Ht* Häutchen, *M* Mittelsäule, *Sk* sich entwickelnde Sporenkapsel, *Sp* Sporen, *Z* Zähnchen. Vergr. *a* 15, *b*, *c*, *d*, *f* 5, *e* 10

Mooses). Die vier- bis sechskantige Kapsel ist durch einen Deckel verschlossen (c, d, f). Hebt man ihn ab, so sieht man quer über die Kapselöffnung ein Häutchen (Ht) gespannt, das durch 64 Zähne (e) straffgehalten wird. Mit der Reife fallen Haube und Deckel ab, die Zähnchen richten sich bei Trockenheit auf, lassen zwischen sich kleine Öffnungen entstehen und heben das Häutchen empor. Die grünen Sporen der jetzt waagerecht gestellten Kapsel rieseln bei Wind wie aus einer Mohnkapsel heraus und werden weit verbreitet (e). Bei feuchtem, der Ausstreuung ungünstigem Wetter krümmen sich die Zähnchen hygroskopisch wieder abwärts und verschließen die Öffnungen (s. S. 49).

Auf feuchtem Boden keimen die Sporen zu einem reichverzweigten grünen, algenähnlichen Fadengeflecht aus, das als *Vorkeim* oder *Protonema* bezeichnet wird. Der Vorkeim sendet farblose Rhizoiden in die Erde und bildet kleine Knospen, aus denen sich junge Moospflänzchen entwickeln.

Sporen, Vorkeim und Moospflänzchen sind verschiedengeschlechtig und haploid und werden, da die Pflänzchen Geschlechtsorgane und Geschlechtszellen tragen, als *geschlechtliche Generation* bezeichnet (s. S. 72). Aus der Vereinigung von Ei und Samenfaden geht die diploide gestielte Sporenkapsel hervor, die sich mit haploiden Sporen ungeschlechtlich fortpflanzt: *ungeschlechtliche Generation*. Beide Generationen folgen in regelmäßigem **Generationswechsel** aufeinander (Abb. 111, S. 71).

Weitere Moose. Unsere Wälder werden von Hunderten von Moosarten besiedelt. An feuchten Stellen und nassen Felsen wachsen die **Sternmoose** *(Mnium)* mit ihren zarten, nur eine Zellschicht dicken Blättchen. An weniger feuchten Standorten bildet das **Weißmoos** *(Leucóbryum glaúcum)* blasse, blaugrüne, meist kreisrunde Polster. Das **Hornzahnmoos** *(Cerátodon purpúreum)* erhebt seine Sporenkapseln schon im zweiten Frühjahr auf feinen purpurroten Stielen. Es bevorzugt trockene Stellen und gedeiht sogar auf Mauern und Dächern. Das in feuchten Felsspalten und Höhlen lebende **Leuchtmoos** *(Schistostéga osmundácea)* hat merk-

würdige Vorkeime, die mit ihren kugeligen Zellen das einfallende Tageslicht zurückwerfen und in smaragdgrünem Glanze strahlen.

Während diese Moose gleich dem Goldenen Frauenhaar ihre Sporenkapsel *endständig* auf dem Gipfel des Stengels tragen, sind sie bei anderen Moosen *seitenständig;* so bei den außerordentlich zahlreichen Arten der **Torfmoose** *(Sphágnum)* und der **Astmoose** *(Hýpnum* u. a., Abb. 158*)*, deren reichverzweigte Stengelchen am Boden kriechen.

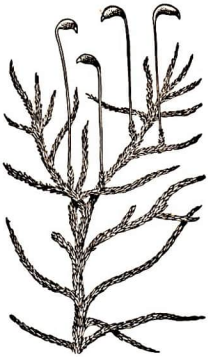


Abb. 158. Astmoos, nat. Gr.

Torfmoose bewohnen meist Moore (Abb. 159). Sie bilden dort große, schwammige Rasen. Die finger- bis spannenlangen Stämmchen verzweigen sich zu peitschenförmigen Ästchen mit schuppenartigen Blättchen. Eine frisch dem Rasen entnommene Pflanze ist blaßgrün; an der Luft wird sie silberweiß. Die Blättchen zeigen dann im Mikroskop zwischen langgestreckten, grünen Zellen große, leere, luftgefüllte Zellen, die sich bei Feuchtigkeit durch Löcher in der Wand rasch voll Wasser saugen; dabei tritt das Blattgrün wieder hervor. Da auch zwischen den Blättchen und dem Gewirr von Stengeln Wasser festgehalten wird, vermag ein Torfmoosrasen das Zwanzigfache seines Eigengewichtes an Wasser zu speichern. Die Torfmoosrasen wachsen immer weiter, sowohl nach den Seiten als auch nach oben. Die unteren Stengelteile und Blättchen sterben aus Luft- und Lichtmangel ab, dafür entstehen oben neue. Zwischen den Moosen stehende Holzgewächse werden immer höher von ihnen eingehüllt und gehen schließlich zugrunde. Im Laufe der Jahrhunderte wird so die Schicht abgestorbener Moose immer mächtiger. Da das Moos in der besonders feuchten Mitte des Moores stärker als am Rande wächst, kommt es zu einer Aufwölbung des Moores: es entsteht ein uhr-

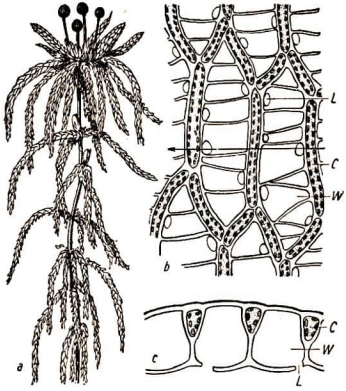


Abb. 159. Torfmoos. *a* Pflanze mit Sporenkapsel, *b* Blatt von oben, *c* Querschnitt durch das Blatt in Richtung des Pfeiles. *C* schmale Chlorophyllzellen, *L* Löcher, *W* Wasserzellen. Vergr. *a* 2, *b*, *c* 600

glasförmiges *Hochmoor* (Abb. 234, S. 182). Bisweilen ist es in der Mitte 3 bis 4 m höher als am Rande. Das Höhenwachstum ist durch die Niederschlagsmenge begrenzt; das Torfmoos stirbt dann ab, und das Moor beginnt zu verheiden. Die Humussäuren des Moorwassers verhindern, daß die begrabenen Schichten verwesen. In der dauernden Nässe, abgeschlossen von Licht und Luft, verkohlen sie unter dem Druck der darüberliegenden Massen zu braunschwarzem *Torf*. Er bewahrt dabei vielfach die Pflanzenteile über Jahrtausende mit allen Feinheiten: Blütenstaubkörner, Blätter, Wurzelstöcke u. a. Viele Torfproben hat man auf die Art und Zahl der in ihnen enthaltenen Pollenkörner unserer Waldbäume untersucht *(Pollenanalyse)* und daraus wichtige Schlüsse auf die frühere Bewaldung ziehen können. An der Torfbildung besonders der *Flachmoore* (s. S. 182) sind neben dem Torfmoos noch zahlreiche andere Moose, Sumpfpflanzen, Sauergräser usw. beteiligt. Torf wird heute an vielen Stellen gestochen und getrocknet. Er wird als Brenntorf und als *Torfmull* zu Streu und als Beimischung zu Gartenerde viel verwendet.

Die Bedeutung der Moose. So klein und unscheinbar die Moose sind, so groß ist ihre Bedeutung im Haushalt der Natur. Viele zählen wegen ihrer Unempfindlichkeit gegen Kälte und Trockenheit – ähnlich den Flechten – zu den ersten Ansiedlern auf nacktem Boden (s. S. 103). Der in ihren Polstern sich sammelnde Staub und die eigenen Verwesungsreste liefern allmählich eine *Bodenkrume* für höhere Pflanzen. Die wie Schwämme sich vollsaugenden Rasen und Polster speichern riesige Wassermengen, halten sie fest und geben sie nur langsam wieder ab. Sie verhindern, daß im Gebirge bei Gewittergüssen und Schneeschmelze die Wassermassen sofort restlos ins Tal abfließen. So gleichen sie den Wasserhaushalt des Bodens aus und schaffen für die Pflanzen des Waldes und damit auch für die Wasserwirtschaft des Menschen einen steten Vorrat.

IV. Farnpflanzen *(Pteridóphyta)*

Bei den Farnpflanzen geht im Unterschied zu den Moosen die Leitung der Säfte in *Leitbündeln* vor sich, die Gefäße führen (s. S. 21). Außerdem besitzen die Farnpflanzen einen echten Kormus, d. h., sie sind in Sproß und Wurzel gegliedert.

a) Farne *(Filicínae* oder *Pterópsida)*

Der kurze Stamm des weitverbreiteten **Wurmfarnes** *(Dryópteris filix mas,* Abb. 160*)* ist mit braunschwarzen Resten abgestorbener Blätter und fasrigen Wurzeln besetzt und steckt als Erdsproß fast völlig in der Erde (a). Dieser enthält einen Stoff, der als Mittel gegen den Bandwurm dient; daraus erklärt sich der Name des Farnes. Die doppelt gefiederten Blattwedel (a) bilden einen Trichter, wodurch die gegenseitige Beschattung herabgesetzt wird. Die jungen Blätter sind spiralig eingerollt und von braunen, gefransten Schuppen geschützt (a). Ein Querschnitt des Stieles zeigt, daß Leitbündel vorhanden sind.

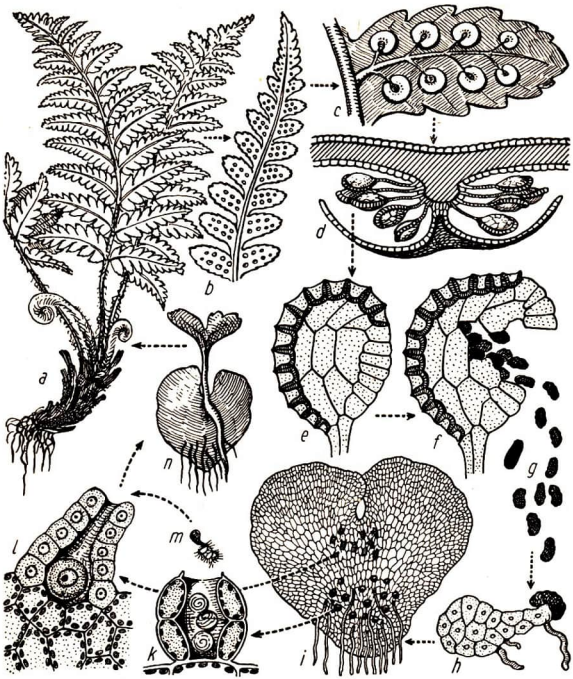


Abb. 160. Entwicklungskreislauf des Wurmfarns.

a Farnpflanze, $^1/_2$ nat. Gr., *b* Fiederblättchen von unten mit Sporenhäufchen, nat. Gr., *c* Teil eines Blättchens, *d* Sporenhäufchen durchschnitten, *e* geschlossene Sporenkapsel, *f* Sporenkapsel geplatzt, *g* Sporen, *h* Keimung einer Spore, *i* Prothallium von unten, *k* Antheridium, *l* Archegonium, *m* Befruchtung, *n* Prothallium mit jungem Farn. Vergr. *c* 5, *d* 50, *e* bis *h* 200, *i* 5, *k*, *l* 300, *n* 2

Vom Juni bis zum September finden wir auf der Unterseite der Fiederchen nierenförmige, zarte Häutchen (b, c). Diese *Schleier* bedecken grüne, später braun werdende Häufchen gestielter *Sporenkapseln* (d). Auf jeder Kapsel sitzt, vergleichbar der Raupe eines Feuerwehrhelmes, ein Halbring eigenartig verdickter Zellen (e). Wenn er sich an der reifen, trockenen Kapsel streckt, reißt diese auf, worauf große Mengen *Sporen* herausstäuben (f).

Sät man die Sporen in einer mit feuchter Walderde gefüllten Schale aus und überdeckt sie mit einer Glasglocke, so zeigt sich nach wenigen Tagen ein grüner Anflug. Aus der Spore entsteht ein *Keimschlauch* (h), aus dem sich dann ein flaches, fingernagelgroßes, herzförmiges Pflänzchen, das *Prothallium* (i), entwickelt, das noch einen Thallus darstellt. Auf seiner Unterseite sind zwischen den Wurzelfäden zweierlei Ausstülpungen zu erkennen (i). Nahe dem zugespitzten Ende wachsen kuppelförmige *Antheridien* (k), nahe der Kerbe flaschenförmige Gebilde, die *Archegonien* (l). Das Prothallium ist also einhäusig. Wenn bei Regen oder Tau zwischen Prothallium und Erde Wasser haftenbleibt, platzen die Antheridien und entlassen schraubig gewundene Spermatozoiden (m), die mit lebhaft schlagenden Wimpern umherschwimmen. Die Archegonien lassen zu gleicher Zeit aus ihrem Halse ein Tröpfchen Schleim mit etwas Äpfelsäure austreten, die die Spermatozoiden anlockt (s. S. 45). Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich ein *Farnpflänzchen* (n), das unter dem Prothallium hervorwächst und zunächst ein keilförmiges, später gefiedertes Blättchen bildet. Die Farne weisen also wie die Moose einen *Generationswechsel* auf (Tab. III, S. 73).

Andere Farne. Der **Frauenfarn** *(Athýrium filix fémina)* ähnelt dem Wurmfarn, hat aber zartere Blätter (daher „femina" = weiblich, gegenüber dem robusteren Dryópteris filix „mas", masc. = männlich). Die Häufchen der Sporenkapseln sind streifenförmig gekrümmt. In trockenen, lichten Wäldern bildet der **Adler-**

Abb. 161. Farnformen. *a* Tüpfelfarn, *b* Mauerraute, *c* Hirschzunge, *d* Königsfarn, *e* Rippenfarn, 1/3 nat. Gr.

farn *(Pterídium aquilínum)* dichte Bestände. Er erhebt seine dreigeteilten Wedel auf schlankem Stiele bis zu Manneshöhe. Ein schräger Schnitt durch den unteren braunen Stengelteil zeigt Leitbündel in adlerähnlicher Form angeordnet. – An trockenen Stellen zwischen Geröll und an Mauern findet sich häufig der **Tüpfelfarn** *(Polypódium vulgáre,* Abb. 161a*)*. Er hat ausdauernde, derbe Blätter und schleierlose, gelbe Sporangienhäufchen, so daß die Unterseite wie getüpfelt aussieht. – An den gleichen Stellen wächst die zierliche **Mauerraute** *(Asplénium rúta murária* [b]*)* mit ihren kleinen, ledrigen Blättern. – Ungeteilte zungenförmige Blätter mit schräg zum Mittelnerv verlaufenden Sporenkapselhäufchen kennzeichnen die **Hirschzunge** *(Phyllítis scolopéndrium* [c]*)*. – Einige Farne entwickeln die Sporen nur an bestimmten Wedelteilen, wie der **Königsfarn** *(Osmúnda regális* [d]*)*, oder an besonderen, abweichend gebauten Wedeln, wie der **Straußfarn** *(Struthiópteris filicástrum)*. Sein sporentragendes Blatt ist straußfederartig und dunkel gefärbt. – Der **Rippenfarn** *(Bléchnum spícant* [e]*)* hat kammförmige, immergrüne Laubblätter und ebenso gestaltete, aber schmale Sporenblätter. Diese Farne stehen, wie auch die Hirschzunge, ihrer Seltenheit wegen unter Naturschutz.

Alle bisher genannten Farne besitzen nur eine Sorte von Sporen. Der **Schwimmfarn** *(Salvínia nátans)* dagegen weist zwei Sorten auf. Diese bekannte Aquarienpflanze hat zweierlei Blätter: ovale, unbenetzbare Schwimmblätter und in fadenförmige, behaarte Zipfel geteilte Wasserblätter, die die Funktion der fehlenden Wurzel erfüllen. Am Grunde der Wasserblätter sitzen kugelige Sporenkapselbehälter. Sie enthalten entweder wenige große Sporenkapseln mit einer Makrospore oder viele kleine Kapseln mit zahlreichen Mikrosporen. Aus den zweierlei Sporen entwickeln sich auch zweierlei Prothallien, die entweder nur Archegonien oder nur Antheridien bilden (s. S. 67).

b) Schachtelhalme *(Equisetínae* oder *Sphenópsida)*

Der **Ackerschachtelhalm** *(Equisétum arvénse,* Abb. 162*)* steht als Unkraut an Wegrändern, auf Äckern und Beeten. Die grünen, harten, gegliederten Sprosse sind wie ein Tannenbäumchen quirlig verzweigt (b). Jedes Glied des Sprosses entspringt einer gezähnten Scheide, die durch Verwachsung winziger quirlständiger Blättchen entstanden ist (a). In der Scheide bleiben die Stengelglieder weich und lösen sich beim Ziehen leicht voneinander. Man hat den Eindruck, als seien die Halme aus vielen Stücken ineinandergeschachtelt (daher der Name). Da in die Zellwände Kieselsäure eingelagert ist, sind sie hart. Der Ackerschachtelhalm wurde deshalb früher in manchen Gegenden als Zinnkraut zum Putzen metallener Gefäße benutzt.

Die Halme gehen aus einem schwarzen *Erdsproß* hervor (a), der so tief (1 bis 2 m) im Boden liegt, daß ihn nicht einmal der Pflug erreicht; deshalb ist der Schachtelhalm schwer auszurotten. Aus dem *Erdsproß* treiben im Frühjahr besondere Sprosse hervor, die unverzweigt und bräunlichgelb sind und am Ende eine Ähre tragen (a). Diese Ähre setzt sich aus kleinen *Sporenblättchen* in Form

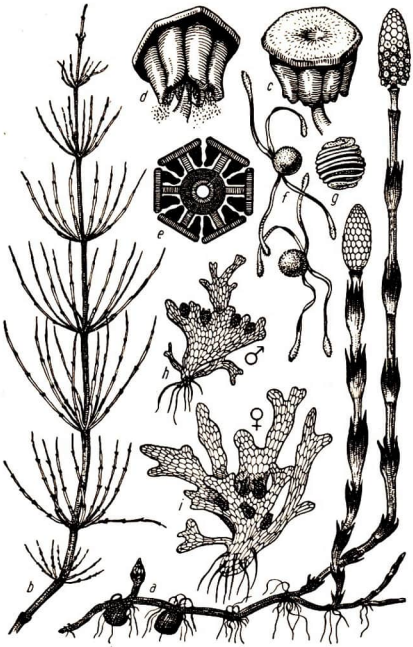


Abb. 162. Ackerschachtelhalm. *a* Erdsproß mit reservestoffhaltigen Knollen, nicht assimilierenden Sprossen mit Sporenähren und zwei Knospen unfruchtbarer Sprosse, *b* assimilierender Sproß, 1/2 nat. Gr., *c* Sporenblatt von oben, *d* von unten mit geöffneten Sporenbehältern, *e* schematischer Querschnitt durch die Sporenähre, *f* Sporen mit gestreckten, *g* mit eingerollten Fäden, *h* männliches Prothallium mit Antheridien, *i* weibliches Prothallium mit Archegonien. Vergr. *c*, *d* 15, *f*, *g*, *h*, *i* 150

eines einbeinigen Tischchens zusammen (c), an deren Unterseite sackförmige Sporangien hängen (d, e). Die trockenen, grünlichgrauen Sporen bilden eine Art zarter Watte, die beim Anhauchen zu „Staub" zerfällt. Das Mikroskop klärt diese Erscheinung auf: jede Spore trägt vier Fäden, die sich in feuchter Luft um die Spore wickeln (g), beim Trocknen wieder strekken (f). Die Bedeutung dieser hygroskopischen Bewegung (s. S. 49) liegt darin, daß sich die Sporen gegenseitig aus den Sporenkapseln herausschieben und vom Winde in zusammenhängenden Gruppen weggetragen werden.

Aus den Sporen gehen winzige Prothallien hervor, an denen entweder nur Archegonien oder nur Antheridien wachsen (h, i); die Prothallien sind also eingeschlechtig. Durch den gruppenweisen Transport der Sporen wird erreicht, daß verschiedengeschlechtige Prothallien nahe beieinanderliegen. Nach der Befruchtung der Eizelle wächst sie zu einem neuen Schachtelhalm heran. Der Generationswechsel des Schachtelhalms gleicht dem des Farnes.

Verwandte des Ackerschachtelhalmes sind der **Waldschachtelhalm** *(Equisétum silváticum)*, der giftige **Sumpfschachtelhalm** *(E. palústre)* und der **Teichschachtelhalm** *(E. fluviátile)*.

c) Bärlappgewächse *(Lycópsida)*

An einsamen Waldstellen, häufiger in der Heide, kann uns durch ihren eigenartigen Wuchs eine sonst unscheinbare Pflanze auffallen. Verzweigte, moosähnlich beblätterte Triebe kriechen, hier und da wurzelnd, schlangenförmig manchmal meterweit über den Waldboden oder zwischen Felsen: **Schlangenmoos** *(Lycopódium)*. Im Juli können wir bei einigen Arten Sporenähren finden, aus denen in gelben Wolken die Sporen herausstäuben. Früher wurde der Staub als „Hexenmehl" gesammelt und zum Einstäuben (Pudern) wunder Körperstellen verwendet. Heute ist das Sammeln jeder Art von Bärlapp verboten, damit diese seltene Pflanze nicht ausgerottet wird. Diese Möglichkeit ist beim Bärlapp besonders groß, denn die Sporen keimen erst nach 6 bis 7 Jahren, und die Befruchtung findet auf den nur kleinen, in der Erde lebenden Prothallien erst nach weiteren 12 bis 15 Jahren statt. So kann eine Bärlapp-Pflanze, die jetzt ihre Sporen verstreut und ausgerissen wird, kaum vor 2 Jahrzehnten durch eine neue Pflanze ersetzt werden.
Zwei winzige, nur in Gebirgen vorkommende Bärlappverwandte, die **Moosfarne** *(Selaginélla*, Abb. 102, S. 67*)*, bilden in Sporophyllständen Makro- und Mikrosporen, die abgeschleudert werden. *Die Prothallien entwickeln sich innerhalb der ausgeschleuderten Sporen.* Die männlichen Sporen öffnen sich nur, wenn die Spermatozoiden ausschwärmen, die weiblichen, wenn die Eizellen in den Archegonien befruchtet werden. Durch diese eigenartige Zurückdrängung der Prothallien in die Sporen erhalten wir einen Begriff, wie sich entwicklungsgeschichtlich der Übergang von den Sporenpflanzen zu den Samenpflanzen vollzogen hat (s. S. 67).

V. Samenpflanzen *(Spermatóphyta)*

Die Samenpflanzen unterscheiden sich von den bisher besprochenen Pflanzengruppen durch Blüten und Samen, die der Fortpflanzung und der Verbreitung dienen. Der Same einer Pflanze liegt entweder frei auf einem Fruchtblatt, oder er ist von einem Fruchtknoten umschlossen. Danach teilen wir die Samenpflanzen in zwei große Gruppen ein: a) *Nacktsamige* Pflanzen, b) *Bedecktsamige* Pflanzen.

a) Nacktsamige Pflanzen *(Gymnospermophýtina)*

Die Nacktsamigen treten in der Erdgeschichte früher auf als die Bedecktsamigen (s. S. 150). Heute beherrschen sie mit der Klasse der **Nadelhölzer** *(Coniferópsida)* vorwiegend die kälteren Teile der Erde und die Gebirge. Die bekanntesten einheimischen Nadelhölzer sind die **Kiefer** *(Pínus)*, die **Fichte** *(Pícea)* und die **Lärche** *(Lárix)*. In den Gebirgsgegenden kommt dazu noch die **Tanne** *(Ábies)*, in der Heide der **Wacholder** *(Juníperus)*.

Die **Kiefer** ist einhäusig. Die dichtgedrängt stehenden blaßgelben männlichen Blüten finden wir im Mai an den jungen Trieben der unteren Zweige, die meist einzeln, endständig stehenden rotbraunen weiblichen Blüten dagegen an denen der oberen Zweige. Beide Blütenarten zeigen zapfenartigen Bau, d. h., die Staub- und Fruchtblätter sind schraubig um eine Blütenachse (Spindel) angeordnet. Die Kiefer ist wie fast alle Nacktsamigen ein *Windblütler*. Die männlichen Blüten enthalten sehr viele, mit zwei Luftsäcken versehene Pollenkörner (Abb. 105a), die von der Luftströmung weit fortgetragen werden. Der größte Teil sinkt langsam zu Boden („Schwefelregen"), nur wenige Pollenkörner gelangen auf die weiblichen Blüten. Nach der Bestäubung geht aus der weiblichen Blüte ein holziger Zapfen hervor. Die Befruchtung tritt erst ein Jahr nach der Bestäubung ein. Dann erst wächst der Zapfen zu seiner vollen Größe heran und entläßt im nächsten Vorfrühling die Samen. Im Mai finden wir demnach an einer Kiefer *drei Zapfengenerationen:* an den Enden der Langtriebe, aufrecht stehend, die *diesjährigen* rotbraunen weiblichen Zapfenblüten, etwas tiefer, am gleichen Ast, die hängenden, grünen, fest geschlossenen *vorjährigen* Zapfen, und noch etwas tiefer die graubraunen geöffneten *zwei Jahre alten* Zapfen. Die geflügelten Samen keimen mit 5 bis 18 Keimblättern.

Alle einheimischen Nadelhölzer außer der Lärche sind *immergrün*. Nach längeren, stärkeren Frostperioden – besonders im Vorfrühling bei Sonnenschein und hart gefrorenem Boden – kann es indessen geschehen, daß die Wasserzufuhr nicht ausreicht: die Nadelhölzer werden braun und sterben ab; sie sind dann also nicht erfroren, sondern vertrocknet. Die Kohlenstoffassimilation wird durch die Verkleinerung der Blattoberfläche nicht beeinträchtigt, da die Wände derjenigen Zellen, in denen sich Blattgrün befindet, Vorsprünge besitzen (Abb. 163). Dadurch wird die Oberfläche des Plasmaschlauches vergrößert; im gleichen Raum können also bedeutend mehr Chlorophyllkörner untergebracht werden als bei glatten Zellwänden.

Im Nadelquerschnitt fallen weiter die *Harzgänge* auf. Sie durchziehen auch den Holzkörper der Kiefer, wie man bei Verwundung des Stammes leicht an dem

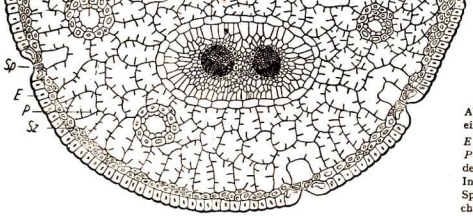


Abb. 163. Querschnitt durch eine Kiefernnadel.

E Epidermis, *H* Harzgang, *P* Palisadenzellen, *S* Scheide des Zentralzylinders, im Innern zwei Leitbündel, *Sp* Spaltöffnung, *Sz* Sklerenchymzellen. Vergr. 60

ausfließenden Harz feststellen kann. 1 m³ Splintholz der Kiefer enthält 21,1 kg Harz. Aus dem Harz vieler Nadelbäume werden Terpentinöl, Kolophonium und andere technisch wertvolle Produkte gewonnen. Am Strand der Ostsee finden wir als *Bernstein* das Harz ausgestorbener Kiefern- und Fichtenarten.
Ähnlich wie die Kiefer sind auch die anderen Nadelhölzer gebaut. Der **Wacholder** bildet jedoch fleischige Beerenzapfen; die Samen der **Eibe** *(Táxus)* sitzen in einem roten, fleischigen, süß schmeckenden Becher, der als einziger Teil der Pflanze nicht giftig ist.
Nicht alle Nacktsamigen besitzen nadelförmige Blätter. Bei dem in Parks und botanischen Gärten anzutreffenden **Ginkgo,** der in China und Japan beheimatet ist, sind sie fächerförmig und werden im Herbst abgeworfen. Palmenwedelartige Blätter haben die tropischen **Farnpalmen** *(Cycas)*. Sie werden bei uns vielfach in Gewächshäusern gezogen; man bezeichnet die Blätter fälschlich als „Palmenzweige".

b) Bedecktsamige Pflanzen *(Angiospermophýtina)*

Die Bedecktsamigen umfassen den größten Teil der heute auf der Erde lebenden Samenpflanzen. Nach dem Bau der Blüten unterscheiden wir eine große Anzahl von Familien, von denen wir nur einen Teil betrachten können. Es gibt zwei große Klassen von Bedecktsamigen: **Zweikeimblättrige** *(Dicotyledonópsida)* und **Einkeimblättrige** *(Monocotyledonópsida)*.

Zweikeimblättrige	Einkeimblättrige
2 Keimblätter	1 Keimblatt
Blattnerven meist netzartig angeordnet	Blattnerven verlaufen meist dem Blattrand parallel
meist eine mit Nebenwurzeln ausgestattete Haupt(Pfahl)wurzel	viele sekundäre, vom Sproß ausgehende Faserwurzeln (Adventivwurzeln, s. S. 25)
Leitbündel auf dem Stengelquerschnitt in einem Kreis angeordnet. Sekundäres Dickenwachstum häufig	Leitbündel über dem Querschnitt des Stengels zerstreut angeordnet. Sekundäres Dickenwachstum sehr selten (s. S. 26)
Kelch- und Blumenblätter meist verschieden gefärbt	Kelch- und Blumenblätter meist gleichgestaltet und von gleicher Farbe
Blüten meist fünfzählig	Blüten meist dreizählig (s. S. 37)

Die Familien der **Zweikeimblättrigen Pflanzen** fassen wir zu drei größeren Gruppen zusammen:

1. *Familien mit Kelch und freiblättriger Blumenkrone,*
2. *Familien ohne blumenblattartige Krone,*
3. *Familien mit Kelch und verwachsenblättriger Blumenkrone.*

Zweikeimblättrige Pflanzen *(Dicotyledonópsida)*

1. Familien mit Kelch und freiblättriger Blumenkrone

Die Bedecktsamigen sind erdgeschichtlich jünger als die Nacktsamigen. Wir betrachten zuerst diejenigen Familien der Angiospermen, die in ihrem Bau – vor allem dem der Blüte – den Nacktsamigen am nächsten stehen. Dies ist bei den Hahnenfußgewächsen und den ihnen verwandten Familien der Fall, die mit dem häufig noch getrenntblättrigen Fruchtknoten und dem schraubigen, zapfenartigen Blütenbau den Übergang zu den Nacktsamigen vermitteln.

Hahnenfußgewächse *(Ranunculáceae)*. Für die Hahnenfußgewächse (Abb. 164) sind die vielen Staubblätter und die zahlreichen freien, aus je einem Fruchtblatt bestehenden oberständigen Fruchtknoten kennzeichnend. Die Blüten sind meist strahlig gebaut (Buschwindröschen), aber es kommen auch Formen mit zweiseitigsymmetrischer Blüte vor (Rittersporn). In der Regel sind die Blüten auffallend gefärbt. Daneben gibt es aber auch weniger auffallende, wie die der einheimischen Waldrebe, und ganz unscheinbare, wie die des Mäuseschwanzes *(Myosúrus)*. Häufig sind einzelne Blütenblattkreise vermehrt, ausgefallen oder umgewandelt (s. S. 36). So kann der Kelchblattkreis fehlen (Buschwindröschen), oder der Blumenblattkreis ist nicht ausgebildet (Waldrebe). Die Kelchblätter können auch lebhaft kronblattartig gefärbt sein (Akelei, Eisenhut, Rittersporn). Oft finden wir Nektar absondernde Honigblätter. Das Drüsengewebe, das den Nektar ausscheidet, kann sich am Grunde der Kronblätter befinden (Scharbockskraut), oder die Blumenblätter sind ganz in den Dienst der Nektarbildung gestellt (Eisenhut). Andere Formen besitzen einen Sporn als Nektarbehälter

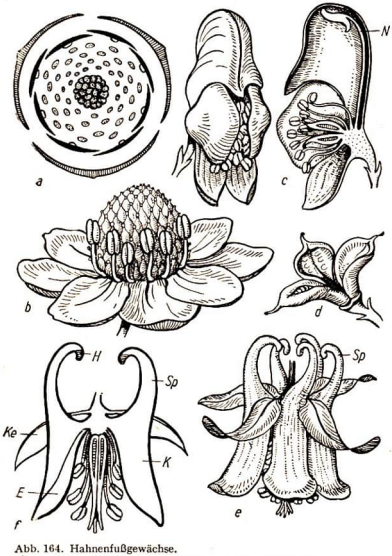


Abb. 164. Hahnenfußgewächse.
a Blütengrundriß vom Scharbockskraut, *b* Blüte vom Hahnenfuß, *c* Blüte vom Eisenhut, Außenansicht und Längsschnitt, *d* aufgesprungene Balgfrucht, *e* Blüte der Akelei von außen, *f* im Längsschnitt.
E Sporneingang, *H* Nektar, *K* Kronblatt, *Ke* Kelchblatt, *N* nektarbildende Honigblätter, *Sp* Sporn des Honigblattes

(Akelei, Rittersporn). Die Staubblätter neigen zur Umbildung in Blumenblätter wie bei den gefüllten Gartenformen der Pfingstrose *(Paeónia)* und der Trollblume *(Tróllius)*. Aus den Fruchtblättern gehen Balgfrüchte hervor, die an einer Längsseite aufspringen (Pfingstrose), oder Schließfrüchte, z. B. Nüßchen (Buschwindröschen), die keine Verwachsungsnaht mehr erkennen lassen und sich nicht öffnen. Nicht selten sind die Nüßchen noch mit einem Flugapparat versehen, der aus dem verlängerten und behaarten Griffel entsteht (Kuhschelle, Waldrebe). Einige Arten pflanzen sich auch vegetativ durch Erdsprosse (Buschwindröschen), durch Brutknospen in den Blattachseln (Scharbockskraut) oder durch oberirdische Ausläufer (Kriechender Hahnenfuß) fort. Die meisten Hahnenfußgewächse haben geteilte, wechselständige Blätter. Eine Ausnahme ist die Waldrebe mit gegenständigen Blättern. Manche Hahnenfußgewächse enthalten Giftstoffe (Eisenhut, Frühlingsadonisröschen, die meisten Hahnenfußarten).

Die Hahnenfußgewächse sind bei uns sehr verbreitet und werden ihrer leuchtenden Blüten wegen vielfach als Gartenschmuck angepflanzt. Schon in den Wintermonaten erhebt die **Schwarze Nieswurz** *(Helléborus níger)* ihre Blüten aus dem Schnee; zeitig im Frühjahr erscheint der **Winterstern** *(Eránthis hiemális)* mit seinen gelben Sternen. Bald danach zeigen sich an Gebüschrändern die gelben Blüten des **Scharbockskrautes** *(Ficária vérna)* und auf dem Boden des noch lichten Laubwaldes die Sterne des **Weißen** und **Gelben Buschwindröschens** *(Anemóne nemorósa* und *ranunculoídes)* und des **Leberblümchens** *(Hepática nóbilis)*. An trockeneren Hangwiesen begegnen wir den blauen Glocken der **Kuhschelle** *(Pulsatílla vulgáris)* und später den großen, weißen Blüten des **Wald-Windröschens** *(A. silvéstris)*, während die Bachränder mit den gelben Blüten der **Sumpfdotterblume** *(Cáltha palústris)* bewachsen sind. Unsere Wiesen sind durchsetzt mit den gelben Blüten der Hahnenfußarten. Neben dem **Scharfen Hahnenfuß** *(Ranúnculus ácer)* finden wir dort den **Knolligen Hahnenfuß** *(R. bulbósus)*, dessen Stengelgrund zu einer Knolle angeschwollen ist. In Feldern und Gärten treten der **Acker-Hahnenfuß** *(R. arvénsis)* und der **Kriechende Hahnenfuß** *(R. répens)* als Unkraut auf, und in stehenden und langsam fließenden Gewässern erhebt der **Wasser-Hahnenfuß** *(R. aquátilis)* seine zarten, weißen Blüten über den Wasserspiegel. Der Wasser-Hahnenfuß bildet zwei verschiedene Blattformen aus: nierenförmige, 3- bis 5spaltige Schwimmblätter und haarförmig zerteilte untergetauchte Wasserblätter (Abb. 221, S. 171). Zur Bekleidung von Lauben und Hauswänden benutzen wir gern die südländischen Verwandten unserer in Laubwäldern verbreiteten **Weißen Waldrebe** *(Clématis vitálba)*. Sie zeichnen sich im Unterschied zu den anspruchslosen Blüten der einheimischen Form durch große, blaue und violette Blüten aus *(C. viticélla)*. Auch viele Verwandte vom **Feld-Rittersporn** *(Delphínium consólida)*, der besonders auf kalkhaltigen Äckern vorkommt, werden als Gartenpflanzen gezogen.

Mit den Hahnenfußgewächsen nahe verwandt sind die **Seerosengewächse** *(Nymphaeáceae)*. Die großen, gefüllten Blüten der **Weißen Seerose** *(Nymphaéa álba)* und die kleinen, einfachen Blüten der **Gelben Teichrose** oder **Mummel** *(Núphar lúteum)* schwimmen auf manchen Teichen und Seen.

Rosengewächse *(Rosáceae)*. Die mit über 2000 Arten vor allem über die nördliche Halbkugel verbreiteten Rosengewächse leiten sich wahrscheinlich von den Hahnenfußgewächsen ab. Ein Merkmal der Rosengewächse sind die zwei Nebenblätter am Grunde der wechselständigen Laubblätter. Der Blütengrundriß der **Filzrose** *(Rósa tomentósa*, Abb. 165*)* erinnert mit den vielen Staubblättern und dem getrenntblättrigen Fruchtknoten an eine Hahnenfußblüte (Abb. 166). Die Blütenhülle ist gewöhnlich doppelt und besteht aus 5 Kelch- und 5 Blumenblättern. Mannigfaltig sind Stellung des Fruchtknotens und die Art der Früchte. Eine mehrsamige Balgfrucht – wie bei vielen Hahnenfußgewächsen – zeigen die in Gärten angepflanzten **Spiersträucher** *(Spiraéa)*. Einsamige Schließfrüchte (Nüßchen) finden wir z. B. beim Fingerkraut. Dabei kann die Blütenachse fleischig werden und sich aus vielen Nüßchen eine Sammelfrucht bilden (Erdbeere). Doch kann sich auch der fleischige Blütenboden krugförmig einsenken und die Nüßchen becherartig umschließen, so daß die *Hagebutte* der Rose entsteht. Oder die einzelnen Fruchtblätter wandeln sich in kleine Steinfrüchte um, wobei nur die innere Schicht verholzt, während die äußere sich zu saftigem Fruchtfleisch entwickelt (Sammelfrucht der Himbeere).

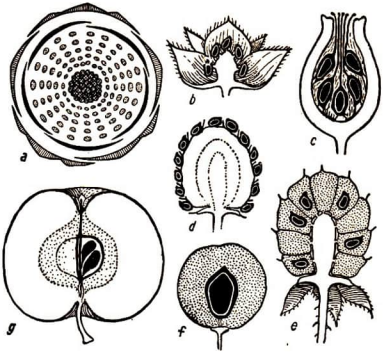


Abb. 165. Rosengewächse.
a Blütengrundriß der Filzrose, *b* bis *g* Fruchtformen: *b* Fingerkraut, *c* Rose, *d* Erdbeere, *e* Brombeere, *f* Kirsche, *g* Apfel. Weiß: Blütenboden (Blütenachse), punktiert: Fruchtfleisch, schwarz: Samen

Die bisher betrachteten Früchte sind alle aus oberständigen, getrenntblättrigen Fruchtknoten hervorgegangen. Die Kernobstfrüchte, wie Apfel, Mispel usw., bilden sich aus unterständigen Fruchtknoten. Der Blütenboden umwächst die eigentliche Frucht,

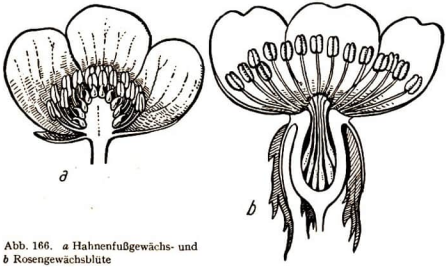


Abb. 166. *a* Hahnenfußgewächs- und *b* Rosengewächsblüte

das Kernhaus, und führt zu einer unechten Verwachsung der Fruchtblätter. Die Frucht wird überwiegend von der Blütenachse, gebildet, ist also eine Scheinfrucht. Eine echte, nur aus dem einblättrigen Fruchtknoten hervorgehende Steinfrucht besitzen Kirsche, Pflaume, Pfirsich und Aprikose.
Die Früchte vieler einheimischer und ausländischer Rosengewächse liefern unsere wichtigsten Obstarten (s. S. 204). Sie verteilen sich auf die folgenden drei Unterfamilien:

A. *Kernobstgewächse.* Ein Fruchtknoten mit 5 Fächern und 5 Griffeln. Er ist mit dem Blütenboden verwachsen, der das Fruchtfleisch liefert. Birnbaum, Apfelbaum, Quitte, Weißdorn, Eberesche oder Vogelbeerbaum.

B. *Steinobstgewächse.* Ein einfächriger Fruchtknoten mit einem Samen. Kirsche, Pflaume, Pfirsich, Aprikose, Mandel, Schlehdorn.

C. *Rosenähnliche Gewächse.* Mehrere einfächrige Fruchtknoten. Himbeere, Brombeere, Erdbeere, Heckenrose (Frucht = Hagebutte).

Zu den Rosengewächsen gehören eine Reihe einheimischer Kräuter, Sträucher und Bäume. In vielen Arten ist die Gattung **Fingerkraut** *(Potentilla)* vertreten, die ihren Namen den gefingerten Laubblättern verdankt. Auf den mit Gänsen und Enten bevölkerten Dorfwiesen und Triften wächst mit gelben Blüten und gefiederten Blättern das **Gänsefingerkraut** *(P. anserína)*. An Bachläufen und im Gebüsch finden wir regelmäßig die **Nelkenwurz** *(Géum urbánum)*, deren Nüßchen hakenartige Fortsätze tragen. Unscheinbare Blüten haben der **Kleine Wiesenknopf** *(Sanguisórba minor)* und der **Gemeine Frauenmantel** *(Alchemílla vulgáris)*. Die Zuchtformen der duftenden wilden **Rosenarten** *(Rosa)* gehören in vielen vom Menschen gezüchteten gefüllten Spielarten schon seit Jahrhunderten zu den schönsten Blumen unserer Gärten.
Die Beerensträucher **Johannisbeere** *(Ríbes rúbrum)* und **Stachelbeere** *(R. úva-críspa)* gehören zu der den Rosengewächsen nahe verwandten Familie der **Steinbrechgewächse** *(Saxifragáceae)*.

Schmetterlingsblütler *(Fabáceae* oder *Papilionáceae)*. Wie die Rosengewächse besitzt die ihnen verwandte Familie der Schmetterlingsblütler wechselständige, oft gefiederte Blätter mit Nebenblättern. Bei den rankenden Arten (Erbse) können die Spitzenfiederblättchen in Ranken umgebildet sein (Abb. 52, S. 33). Die Blüten sind immer zweiseitig-symmetrisch (Abb. 167). Sie sind aus fünfzähligen Blütenblattkreisen aufgebaut. Der Fruchtblattkreis ist jedoch auf ein Fruchtblatt reduziert. Gegenüber den vielen Staubblättern der Rosengewächse haben die Schmetterlingsblütler nur 10, von denen meist 9 miteinander verwachsen sind. Als Frucht entwickelt sich eine in zwei Nähten aufspringende Hülse (Legumen). Deshalb faßt man auch die Schmetterlingsblütler mit einigen anderen ausländischen Familien zu der Ordnung der **Hülsenfrüchtler** *(Leguminosáles)* zusammen.

Abb. 167. Blütengrundriß der Saubohne

TABELLE IV: **Schmetterlingsblütler als Nutzpflanzen**

Blüten rot	
1. Blätter 3zählig	
a) Blütenköpfchen kugelig, Krone blaßrot	**Rot-Klee** *(Trifólium praténse)*
b) Blütenköpfchen walzig, Krone blutrot	**Inkarnat-Klee** *(T. incarnátum)*
2. Blätte. unpaarig gefiedert	
a) Blüten in langgestielter Traube, Krone rosenrot, Fahne dunkler geadert	**Esparsette** *(Onobrýchis viciaefólia)*
b) Blüten in kopfförmigen Dolden, Krone rosa	**Serradella** *(Ornithopus sativus)*
Blüten blau oder violett	
a) Blätter 3zählig, Blüten in länglichen Trauben, Krone blau bis violett, Fahne mit dunklerer Zeichnung	**Luzerne** *(Medicágo sativa)*
b) wie vorige, aber Blüten erst schmutziggelb, dann grasgrün, zuletzt bläulich oder violett. In Thüringen häufig gebauter Bastard zwischen Luzerne und Sichelklee *(M. falcáta)*	**Sandluzerne** *(M. vária = falcáta × sativa)*
c) Blätter 5- bis 9zählig, Blüten in Trauben, Krone hellblau	**Blaue Lupine** *(Lupínus angustifólius)*
d) Blätter paarig gefiedert, 4- bis 7paarig, Blattende mit Ranken, Blüten einzeln oder zu zweien, Krone rotviolett, Fahne heller	**Futter- oder Saatwicke** *(Vícia sativa)*
Blüten gelb	
Blätter 5- bis 9- (12)zählig. Blüten in mehreren Quirlen	**Gelbe Lupine** *(Lupínus lúteus)*
Blüten weiß	
Blätter paarig gefiedert, 1- bis 3paarig, am Ende mit kurzer Spitze, Krone weiß, Fahne violett geadert, Flügel mit schwarzviolettem Fleck	**Saubohne** *(Vícia fába)*
Blüten bunt	
Blätter paarig gefiedert, 1- bis 3paarig, am Ende mit Ranke, große Nebenblätter, Blüten groß, Schiffchen weiß, Flügel rot, Fahne bläulich, Trauben 1- bis 3blütig	**Ackererbse** *(Písum arvénse)*

Die Schmetterlingsblütler sind bei uns in allen Wuchsformen vertreten. Wir finden kleine Kräuter, wie die in Buchenwäldern häufige **Frühlings-Platterbse** *(Láthyrus vérnus)*, Sträucher, wie den aus Südosteuropa stammenden giftigen **Goldregen** *(Labúrnum anagyroídes)*, und sogar Bäume, wie die in Nordamerika beheimatete **Robinie** *(Robínia pseúdo-acácia)*. Während in den Tropen die baumförmigen Arten überwiegen, herrschen in Europa die Kräuter vor. Viele dieser Kräuter spielen als Futterpflanzen eine hervorragende Rolle (Tab. IV). Wenn wir durch die Felder streifen, begegnen wir ihnen auf Schritt und Tritt.

Eine Reihe von Schmetterlingsblütlern ist auf Grund des hohen Eiweiß- und Stärkegehaltes ihrer Samen für die menschliche Ernährung von größter Bedeutung (s. S. 206): **Erbse** *(Písum satívum)*, **Linse** *(Lens culináris)*, **Saubohne** *(Vícia fába)*, **Gartenbohne** *(Phaséolus vulgáris)*, **Feuerbohne** *(P. coccíneus)*. Über **Sojabohne** *(Soja híspida)* und **Erdnuß** *(Árachis hypogaéa)* s. S. 207, 208.

Durch die Symbiose mit stickstoffbindenden Bakterien (s. S. 162) spielen die Schmetterlingsblütler als Stickstoffsammler für die Landwirtschaft (Gründüngung, s. S. 163) eine bedeutende Rolle.

Frische Kahlschläge, besonders auf Sandboden, werden im folgenden Sommer mit einem weit leuchtenden Rot überzogen, das von den Blüten des **Schmalblättrigen Weidenröschens** oder **Feuerkrauts** *(Chamaenérion angustifólium)* herrührt. Mit seiner vierzähligen Blüte und dem unterständigen Fruchtknoten gehört es zur Familie der **Nachtkerzengewächse** *(Oenotheráceae)*. Die aus Nordamerika eingeschleppte, an Bahndämmen häufige, gelb blühende **Nachtkerze** *(Oenothéra biénnis)* hat dieser Familie den Namen gegeben. Auch die in Süd- und Mittelamerika heimische, bei uns viel gepflegte **Fuchsie** *(Fúchsia)* gehört hierher.

Die Nachtkerzengewächse sind die erste einer Reihe von Familien, die statt der bisher für die Zweikeimblättrigen typischen fünfzähligen Blüten vierzählige aufweisen.

Mohngewächse *(Papaveráceae)*. Auch die Mohngewächse lassen sich direkt auf die Hahnenfußgewächse zurückführen. Sie besitzen wie diese viele Staubblätter und einen meist aus vielen Fruchtblättern (5 bis 18) bestehenden oberständigen Fruchtknoten. Die Fruchtblätter sind aber an ihren Rändern miteinander verwachsen, so daß eine einzige Kapsel entsteht, der die Narbe als Deckel aufsitzt (Abb. 168). Die Mohngewächse haben nur 2 Kelchblätter, die beim Entfalten der Blütenknospe abfallen, und 4 Blumenblätter. Viele Mohngewächse führen in Röhren Milchsaft.

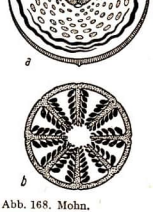


Abb. 168. Mohn.
a Blütengrundriß vom Hornmohn *(Glaúcium)*, *b* Querschnitt durch den Fruchtknoten vom Feuermohn

Eine unserer auffälligsten Feldblumen ist der **Klatschmohn** *(Papáver rhoéas)*. An Mauern und Zäunen wächst das schwach giftige **Schöllkraut** *(Chelidónium május)*, kenntlich an dem rotgelben Milchsaft. Als Ölpflanze wird bei uns der **Schlafmohn** *(Papáver somníferum)* angebaut (s. S. 207, 210).

Kreuzblütler *(Brassicáceae* oder *Crucíferae)*. Kreuzblütler (Abb. 169) sind mit den Mohngewächsen eng verwandt. Die Blüte besteht aus je 4 über Kreuz stehenden Kelch- und Blumenblättern, 2 äußeren kürzeren und 4 inneren längeren Staubblättern (b) sowie einem aus 2 Fruchtblättern hervorgegangenen oberständigen Fruchtknoten (a), der durch eine Scheidewand in 2 Fächer geteilt wird (c). Die Frucht ist eine *Schote;* ist sie höchstens dreimal so lang wie breit, so wird sie als *Schötchen* bezeichnet (d, e).

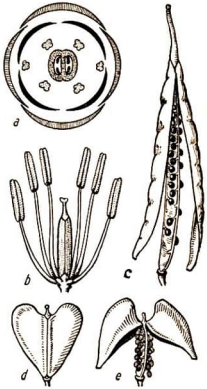


Abb. 169. Kreuzblütler.
a Blütengrundriß, *b* Staubblätter und Fruchtknoten, *c* Schote (Goldlack), *d*, *e* Schötchen (Hirtentäschel), geschlossen und aufgesprungen

Die Kreuzblütler sind vorwiegend ein- oder mehrjährige krautige, nebenblattlose Pflanzen mit wechselständiger Blattstellung. Zu ihnen gehören eine Reihe wildwachsender Pflanzen und viele Kulturpflanzen. Im Frühjahr entfaltet das **Wiesenschaumkraut** *(Cardámine praténsis)* seine lilagefärbten Kronen. An Wegrändern und Schuttstellen finden wir das ganze Jahr hindurch das **Hirtentäschelkraut** *(Capséllа búrsa pastóris)* mit seinen dreieckigen Schötchen. Magere Hügel und Triften werden schon im März von dem nur 2 bis 10 cm hohen **Hungerblümchen** *(Eróphila vérna)* bedeckt. Am Frühlingsblütenflor der „Steingärten" sind die Kreuzblütler hervorragend beteiligt; Gartenformen der **Alpen-Gänsekresse** *(Árabis alpína)* bilden weiße, das **Steinkraut** *(Alýssum saxátile)* goldgelbe, das **Blaukissen** *(Aubriétia)* rote, blaue und violette Polster. Später gesellen sich dazu noch die weißen Sterne der **Schleifenblume** *(Ibéris amára* und *I. umbelláta)*. Zahlreiche Kreuzblütler zeichnen sich durch starken Blütenduft aus: der **Goldlack** *(Cheiránthus chéiri)*, die **Levkoje** *(Matthíola incána)* und die **Nachtviole** *(Hésperis matronális)*. Zwei schwer zu bekämpfende Ackerunkräuter sind der **Hederich** *(Ráphanus rhaphanístrum)* mit anliegenden Kelchblättern auf kalkarmem Boden und der **Ackersenf** *(Sinápis arvénsis)* mit abstehenden Kelchblättern in kalkreichen Gegenden. Eine einzige Senfpflanze erzeugt im Jahre bis zu 25000, ein Hederichstock bis zu 12000 Samen. Ihre Keimfähigkeit behalten sie 25 bis 50 Jahre.

Viele Kreuzblütler sind wertvolle Kulturpflanzen (s. S. 206). Unsere heutigen Kohlsorten gehen auf vier Stammarten der Gattung **Kohl** *(Brássica)* zurück:

Gemüsekohl *(Brássica oleráceа)*		Rapskohl *(B. nápus)*	Rübsenkohl *(B. campéstris)*	Senfkohl *(B. nígra)*
Weißkohl Rotkohl Wirsing Rosenkohl	Krauskohl Markstammkohl Kohlrabi Blumenkohl	Raps Kohlrübe	Rübsen Weiße Rübe Teltower Rübe	Schwarzer Senf

Die Stammform unserer Kohlarten ist der an den Küsten der Nordsee und des Mittelmeeres wild vorkommende **Gemüsekohl** *(Brássica olerácea)*; auch die **Kohlrübe** *(B. nápus var. napobrássica)* und die Ölpflanze **Raps** *(B. nápus var. arvénsis)* haben eine gemeinsame Stammpflanze. Als Ölpflanze spielt noch der **Rübsen** *(Brássica campéstris var. silvéstris)* eine Rolle, von dem wir auch eine knollentragende Form, die **Weiße Rübe** *(B. campéstris var. rápa)* kennen. Die in Gärten in vielen Formen gebauten **Rettiche** und **Radieschen** *(Ráphanus satívus)* gehören ebenso zu den Kreuzblütlern wie die Gewürzpflanzen **Schwarzer** und **Weißer Senf** *(Brássica nígra* und *Sinápis álba)*, **Meerrettich** *(Armorácia lapathifólia)*, **Gartenkresse** *(Lepídium satívum)* und **Brunnenkresse** *(Nastúrtium officinále)*.

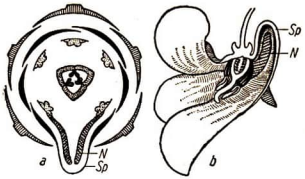


Abb. 170. Veilchen.
a Blütengrundriß, *b* Blütenlängsschnitt, *N* Nektar absondernde Fortsätze zweier Staubblätter. *Sp* Sporn

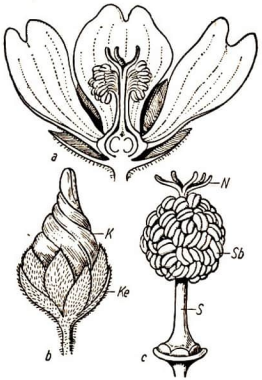


Abb. 171. Malve.
a Blüte, längs durchschnitten, *b* Blütenknospe, *c* Blüte nach Entfernen der Kelch- und Kronblätter, *K* Kronblatt, *Ke* Kelchblatt, *N* Narbe, *S* die zu einem Säulchen verwachsenen Staubfäden, *Sb* Staubbeutel

Veilchengewächse *(Violáceae)*. Eine der ersten Frühlingsblumen ist das **Wohlriechende Veilchen** *(Víola odoráta*, Abb. 170). Es bildet außer duftenden, gespornten und von Bienen besuchten zweiseitig-symmetrischen Blüten noch unscheinbare Sommerblüten, die nie zur Entfaltung kommen. Hier findet schon in der Blütenknospe eine Selbstbestäubung statt, die ebenfalls zu normalen keimfähigen Samen führt. Zur gleichen Gattung zählt das als Ackerunkraut auftretende **Feldstiefmütterchen** *(Víola trícolor)*. Die in Gärten angepflanzten und das ganze Jahr hindurch blühenden großblütigen **Stiefmütterchen** sind Bastarde von Viola tricolor und anderen Violaarten.

Den Veilchengewächsen nahe steht die Familie der **Sonnentaugewächse** *(Droseráceae)*, die als fleischfressende Pflanzen bekannt sind (s. S. 61).

Malvengewächse *(Malváceae)*. Diese Familie (Abb. 171) ist durch einen aus Hochblättern entstandenen Außenkelch (b) und das aus verwachsenen Staubblättern hervorgegangene „Säulchen" (a, c), das den Griffel röhrenförmig umschließt,

besonders gekennzeichnet. Die Kronblätter sind in der Knospe gedreht (b). Aus dem Fruchtknoten geht entweder eine Kapsel oder eine aus vielen Teilfrüchten zusammengesetzte Spaltfrucht hervor. An Wegrändern und Zäunen finden wir häufig die kleinblütige **Weg-Malve** *(Málva neglécta)* und die größere Blüten tragende **Wilde Malve** *(M. silvéstris)*, im Volksmund „Käsepappel" genannt. Eine sehr alte Zierpflanze, der man heute noch in Dorfgärten begegnet, ist die 1,5 bis 2,5 m hoch werdende **Stockrose** *(Althaéa rósea)*. Eine wichtige Kulturpflanze der wärmeren Gebiete, die **Baumwolle** *(Gossýpium)*, gehört zu den Malvengewächsen (s. S. 213).

Den Malvengewächsen nahe verwandt sind die **Lindengewächse** *(Tiliáceae)*, die bei uns durch zwei Bäume vertreten sind: die großblättrige **Sommerlinde** *(Tilia platyphýllos)* und die kleinblättrige **Winterlinde** *(T. cordáta)*. Ihre mit einem Hochblatt versehenen Blütenstände werden als „Tee" gesammelt. Das Hochblatt dient den Früchten als Flugorgan zur Verbreitung der Samen (s. S. 173). Wegen ihrer in manchen Jahren reichen Nektarbildung, die allerdings stark von der zur Blütezeit herrschenden Witterung abhängt, sind die Linden gute *Bienenfutterpflanzen* (Lindenblütenhonig). Als Zimmerpflanze ist die aus Südafrika stammende **Zimmerlinde** *(Sparmánnia africána)* bekannt. Auch die Fasern liefernde **Jute**pflanze *(Córchorus*, s. S. 214*)* ist ein Lindengewächs. Zu einer verwandten Familie gehört der in Amerika heimische, jetzt überall in den Tropen **kultivierte Kakaobaum** *(Theobróma cacáo*, s. S. 210*)*.

Storchschnabelgewächse *(Geraniáceae)*. Der große **Wiesenstorchschnabel** *(Geránium praténse)* belebt mit seinen blauen, violett geäderten Sternen die Wiesen vor dem Schnitt (Abb. 172). Mit den 5 Kelch-, 5 Blumen-, zweimal 5 Staubblättern und einem oberständigen fünfblättrigen, verwachsenen Fruchtknoten besitzen die Storchschnabelgewächse eine typische fünfzählige Dikotylenblüte (a). Die Samen des Storchschnabels werden bei der Fruchtreife von den sich teilweise ablösenden Teilfrüchten weggeschleudert (b); beim **Reiherschnabel** *(Eródium cicutárium)* bohren sich die Früchte in die Erde (Abb. 81). Die einem Storchschnabel ähnliche Frucht brachte der Familie den Namen. Die vielen Spielarten der aus Südafrika stammenden **Pelargonie** *(Pelargónium)* sind beliebte Balkon- und Zimmerpflanzen.

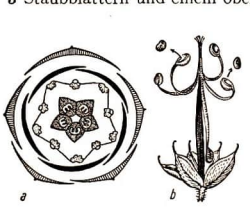


Abb. 172. Storchschnabel.
a Blütengrundriß, *b* aufspringende, die Samen abschleudernde Frucht

Leingewächse *(Lináceae)*. Die Blüten dieser Familie unterscheiden sich von denen der Storchschnabelgewächse durch den Ausfall eines Staubblattkreises. Zu ihnen gehört eine der ältesten Kulturpflanzen, der **Lein** oder **Flachs** *(Línum usitatíssimum*, s. S. 213*)*. Die Blüten des Leins zeigen eine Besonderheit. Manche Blüten haben Staubbeutel mit langen Staubfäden und einen Stempel mit kurzem Griffel,

andere dagegen Staubbeutel mit kurzen Fäden und einen Stempel mit langem Griffel (Abb. 173). In der Natur findet nur eine wechselseitige Befruchtung der verschiedenen Blüten statt, wodurch Fremdbestäubung gesichert ist.

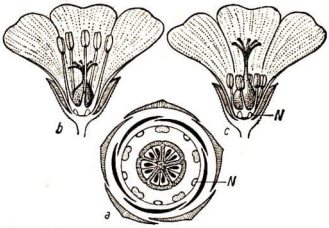


Abb. 173. Lein.
a Blütengrundriß, *b* kurzgrifflige, *c* langgrifflige Form. *N* unentwickelte, Nektar absondernde Staubblätter

Zu erwähnen sind noch einige kleinere Familien einer nahe verwandten Ordnung. Die **Ahorngewächse** *(Aceráceae)* sind mit den häufig als Alleebäume gepflanzten Ahornarten **Spitzahorn** *(Ácer platanoídes)*, **Feldahorn** *(A. campéstre)* und **Bergahorn** *(A. pseudo-plátanus)* vertreten (Abb. 174). Sie sind insektenblütig und durch ihre geflügelten Spaltfrüchte allgemein bekannt.

Die in Alleen häufig angepflanzte **Roßkastanie** *(Aésculus hippocástanum)* gehört zu den **Roßkastaniengewächsen** *(Hippocastanáceae)*. Die weißen Kron-

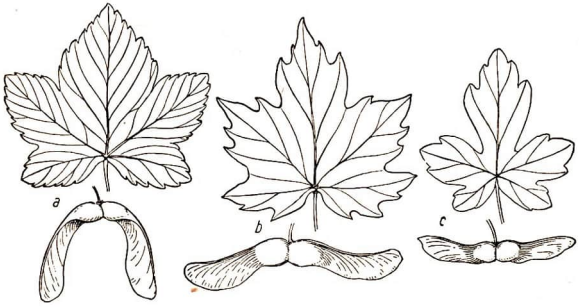


Abb. 174. Blatt- und Fruchtform der Ahornarten. *a* Berg-, *b* Spitz-, *c* Feldahorn

blätter besitzen am Grunde ein gelbes *Saftmal*, das kurz vor dem Abblühen rot wird. Die rot blühende Kastanie ist entweder die in Nordamerika beheimatete *Aésculus pávia* oder häufiger ein Bastard dieser Art mit der weißen Roßkastanie.

Weingewächse *(Vitáceae)*. Eine alte Kulturpflanze ist der Wein *(Vítis vinífera*, s. S. 205*)*. Seine in Rispen stehenden Blüten sind unscheinbar. Die Blumenblätter entfalten sich nicht, sondern bleiben in ihrem oberen Teil miteinander

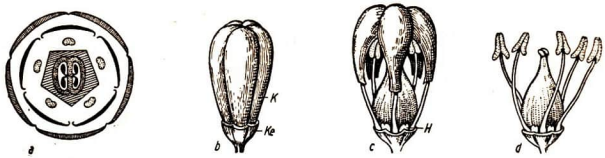


Abb. 175. Weinrebe. *a* Blütengrundriß, *b* bis *d* Abfall der Kronblätter. *H* Nektarien, *K* Kronblätter, *Ke* Kelchblätter

verbunden, lösen sich vom Blütenboden ab und werden wie eine Haube abgeworfen (Abb. 175). Die zwischen den Staubblättern stehenden „Honigdrüsen" (Nektarien) sondern Nektar ab, der zusammen mit dem Duft die zur Bestäubung notwendigen Insekten anlockt.

Doldengewächse *(Ammiáceae* oder *Umbelliferae)*. Die unscheinbaren Einzelblüten dieser Gewächse (Abb. 176) bilden Blütenstände (b) und sind dadurch recht auffällig. Es herrschen zusammengesetzte Dolden vor, deren Deckblättchen Hülle und Hüllchen bilden (c). Die einzelnen Blütchen bestehen aus 5 Kelch-, 5 Blumen-, 5 Staubblättern und einem aus 2 Fruchtblättern verwachsenen und unterständigen Fruchtknoten (d, e). Die reife Frucht teilt sich der Länge nach in zwei einsamige Teilfrüchtchen, die zunächst noch an der ebenfalls gespaltenen Verlängerung des Fruchtstieles hängenbleiben (Abb. 177a). Die Stengel der Doldengewächse sind in feste Knoten und in hohle Zwischenknotenstücke gegliedert. Die wechselständigen, meist mehrfach gefiederten Blätter umfassen den Stengel in Höhe der Knoten mit einer auffälligen Blattscheibe (Abb. 176a). Infolge ihres hohen Gehaltes an leicht flüch-

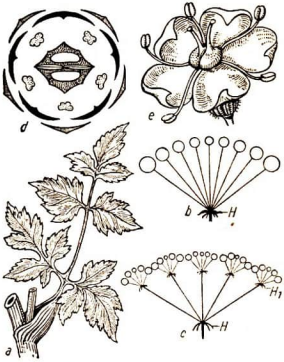


Abb. 176. Doldengewächse.
a doppelt gefiedertes Laubblatt mit Blattscheide, *b* einfache Dolde, *c* zusammengesetzte Dolde, *d* Blütengrundriß, *e* Blüte.
H Hülle, H_1 Hüllchen

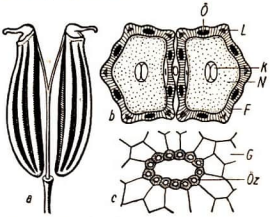


Abb. 177. Spaltfrucht des Kümmels.
a Spaltfrucht von der Seite, *b* im Querschnitt, *c* Ölgang vergrößert.
F Fruchtwand, *G* Grundgewebe, *K* Keimling, *L* Leitbündel, *N* Nährgewebe, *Ö* Ölgang, *Öz* Drüsenzellen

tigen ätherischen Ölen (Abb. 177b, c) werden viele Doldengewächse als Gewürz- und Heilpflanzen verwendet (s. S. 208), (Abb. 178). Als Küchenkräuter sind bekannt: der weiß blühende **Kümmel** *(Cárum cárvi)* und **Anis** *(Pimpinélla anísum)*, die gelb blühenden Arten **Dill** *(Anéthum gravéolens)*, **Petersilie** *(Petroselínum satívum)*, und **Fenchel** *(Foeniculum vulgáre)*. Auf Grund ihrer fleischigen Wurzel werden die **Mohrrübe** *(Dáucus caróta)* und der **Sellerie** *(Ápium gravéolens)* als Nahrungsmittel angebaut (s. S. 206).
Der **Gefleckte Schierling** *(Cónium maculátum)*, der **Wasserschierling** *(Cicúta virósa)* und die **Hundspetersilie** *(Aethúsa cynápium)* sind allgemein bekannte Giftpflanzen.

Abb. 178. Echte Engelwurz *(Archangélica officinalis)*

2. *Familien ohne blumenblattartige Krone*

Eine Reihe von Pflanzen besitzt keine Kronblätter. Unter ihnen herrschen *Holzgewächse* mit eingeschlechtigen Blüten und Windbestäubung vor. Da dies ein Kennzeichen der Nacktsamigen ist, kann man die folgenden Familien – vor allem die kätzchenblütigen Bäume – auch als ursprüngliche Formen an den Anfang der Zweikeimblättrigen stellen. Andere Merkmale sprechen aber dafür, daß es sich – wenigstens zum Teil – um Familien handelt, die sich von den bereits besprochenen Gruppen durch Rückbildung der Blüten ableiten. Die Forschung ist noch nicht weit genug vorgedrungen, um diese Familien einwandfrei in das natürliche System einzuordnen; deshalb sollen sie hier als besondere Gruppe behandelt werden.
Buchen und Eichen bilden die stattlichsten Laubbäume unserer Wälder. Sie werden in der Familie der **Buchengewächse** *(Fagáceae)* zusammengefaßt. Die Früchte sind von einem Becher umgeben, der sich bei der **Rotbuche** *(Fágus silvática)* zur Reifezeit mit vier Klappen öffnet und dann die ölhaltigen Samen (Bucheckern) freigibt. Auffallend sind die Becher, in denen die Früchte der Eiche sitzen. Von den einheimischen Eichen ist die **Stieleiche** *(Quércus róbur)* mit langen Frucht- und kurzen Blattstielen am verbreitetsten, während die **Traubeneiche** *(Qu. petraéa)* mit sitzenden Früchten und langen Blattstielen mehr auf das Hügel- und Bergland beschränkt ist.
Die **Weiß-** oder **Hainbuche** *(Carpínus bétulus)*, gehört zu den **Haselgewächsen** *(Coryláceae)*. Sie unterscheidet sich von der Rotbuche durch das weiße Holz, die doppelt gesägten Blätter und die dreilappige Fruchthülle, die dem Nüßchen als

Flugorgan dient. Die männlichen Blütenstände (Kätzchen) der **Haselnuß** *(Córylus avellána)* entfalten sich vor dem Laubausbruch. Die nahe verwandten **Birkengewächse** *(Betuláceae)* umfassen Birken und Erlen. Die **Hängebirke** *(Bétula péndula)* und die **Moorbirke** *(B. pubéscens)* sind durch ihren weißen Stamm ausgezeichnet. Sie sind sehr anspruchslos, so daß sie sogar arme Sand- und Moorböden besiedeln können. Im nassen Bruchwald, an Bach- und Flußläufen finden wir im Flachland die **Schwarzerle** *(Álnus glutinósa)* und im Bergland, vorwiegend auf Kalk, die **Grauerle** *(A. languinósa*, s. S. 191*)*. Im Winter sind die Erlen an den zapfenartigen Fruchtständen leicht zu erkennen. Im Vorfrühling spreizen sich die verholzten Schuppen auseinander, und die Früchte fallen heraus. Die männlichen Blüten (Kätzchen) der Erlen entfalten sich ebenso wie die der Haselnuß vor dem Laubausbruch.

An Bächen befindet sich die Erle gewöhnlich in Gesellschaft von Bäumen der Familie der **Weidengewächse** *(Salicáceae)*. Die **Weide** *(Sálix)* ist in vielen Arten ein Charakterbaum feuchter Wiesen. Die Weiden sind zweihäusig. Die Blütenkätzchen vieler Arten erscheinen vor dem Laub. Da im Frühjahr die *insektenblütigen* Weiden die ersten Nektar und Blütenstaub liefernden Pflanzen für die Bienen sind, stehen die Weidenkätzchen unter Naturschutz. Das Weidenholz wird wegen seiner Biegsamkeit für Flechtarbeiten verwendet.

Die Arten der Gattung Pappel sind ebenfalls zweihäusig, aber im Gegensatz zur Weide *windblütig:* **Schwarz-, Silber-** und **Zitterpappel** oder **Espe** *(Pópulus nígra, P. álba, P. trémula)* sowie **Pyramidenpappel** *(P. nígra var. itálica)*. Da die Pappeln schnell wachsen, haben sie als *Nutzhölzer* große Bedeutung. Für neuaufzuforstende Gebiete, im Vorwald, spielen sie eine besondere Rolle (s. S. 191).

Ein anderer Laubbaum, der ebenfalls seine Blüten vor dem Laub entfaltet, ist die zu den **Ulmengewächsen** *(Ulmáceae)* zählende **Ulme** oder **Rüster** *(Ülmus)*. Im Gegensatz zu den bisher erwähnten getrenntgeschlechtigen Blüten der ein- oder zweihäusigen Laubbäume sind die Blüten der Ulme meist zwittrig.

Den Ulmengewächsen nahe verwandt sind die **Brennesselgewächse** *(Urticáceae)*, eine Familie mit nur krautigen Vertretern. Sie haben eingeschlechtige Blüten, die durch den Wind bestäubt werden (Abb. 179). In den männlichen Blütenknospen sind die Staubblätter elastisch einwärts gekrümmt. Bei der Blütenentfaltung schnellen die Staubbeutel zurück und schleudern dabei den Blütenstaub aus. An einem in der Sonne stehenden Strauß der Brennessel läßt sich das gut beobachten. Die **Große Brennessel** *(Úrtica dióica)* kann auch zur Fasergewinnung genützt werden.

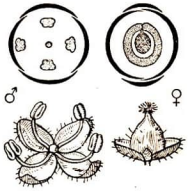


Abb. 179. Zweihäusige Brennessel. Blüten und Blütengrundrisse

Besonders lange Fasern hat der zu den **Hanfgewächsen** *(Cannabináceae)* gehörende **Hanf** *(Cánnabis satíva*, s. S. 214*)*. Zu dieser Familie rechnen wir auch den **Hopfen** *(Húmulus lúpulus)*, dessen zapfenähnliche Fruchtstände in der Bierbrauerei verwendet werden. Die im Mittelmeergebiet beheimatete **Feige** *(Fícus cárica)* ist ein **Maulbeergewächs** *(Moráceae)*.

Der aus Asien stammende meist zweihäusige **Weiße Maulbeerbaum** *(Mórus álba)* spielt als Futterpflanze bei der Seidenraupenzucht eine Rolle und wird deshalb auch bei uns angepflanzt.

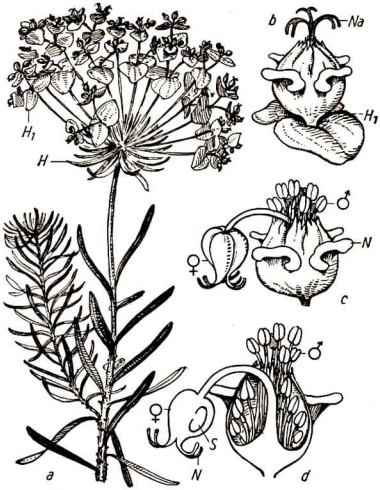


Abb. 180. Wolfsmilchgewächse.
a Zypressenwolfsmilch, *b* junger, *c* älterer Blütenstand, *d* längs durchschnitten, ♂ Staubblüten, ♀ Stempelblüten.
H Hülle, H_1 Hüllchen, *N* Nektarien, *Na* Narben, *S* Samenanlage

Wolfsmilchgewächse *(Euphorbiáceae)*. Diese Familie ist durch einen meist weißen Milchsaft ausgezeichnet, der bei Verletzungen aus der Wunde fließt, an der Luft gerinnt und so die Wunde abschließt. Die eingeschlechtigen Blüten sind sehr einfach gebaut. So kann die weibliche Blüte bis auf den Fruchtknoten, die männliche bis auf ein Staubblatt rückgebildet sein. Diese einfachen Blüten sind aber derart zu einem Blütenstand zusammengefaßt, daß der Eindruck einer Einzelblüte mit Blumenkrone entsteht (Abb. 180). Ein solcher Blütenstand besteht aus einer weiblichen Blüte, die von männlichen Blüten kreisförmig umgeben ist. Das Ganze wird von einer becherförmigen, fünfblättrigen Hülle aus Hochblättern eingeschlossen. Zwischen deren Zipfeln stehen vier scheibenförmige Nektarien; an Stelle des fehlenden fünften Nektariums hängt aus dem Blütenstand die weibliche Blüte heraus. Der Eindruck einer Einzelblüte wird noch durch eine blumenblattartige Färbung der Hochblätter verstärkt. Die Wolfsmilchgewächse treten bei uns als häufige Garten- und Feldunkräuter auf, so die **Sonnenwolfsmilch** *(Euphórbia helioscópia)*, die **Gartenwolfsmilch** *(E. péplus)*, die **Eselswolfsmilch** *(E. ésula)* und die an kleine Nadelbäumchen erinnernde **Zypressenwolfsmilch** *(E. cyparíssias)*. Als Gartenunkraut begegnen wir häufig dem zweihäusigen, keinen Milchsaft führenden **Einjährigen Bingelkraut** *(Mercuriális ánnua)*; das **Ausdauernde Bingelkraut** *(M. perénnis)* ist dagegen eine Waldpflanze. Der im tropischen Afrika beheimatete einhäusige **Rizinus** *(Rícinus commúnis)* wird bei uns als Heilpflanze gezogen. Viele Wolfsmilchgewächse enthalten in ihrem Milchsaft *Kautschuk*, so vor allem der aus dem Amazonasgebiet stammende **Kautschukbaum** *(Hevéa brasiliénsis)*. Einige afrikanische Wolfsmilcharten haben kakteenartige, sukkulente Formen (s. S. 35) mit Nebenblattdornen.

Knöterichgewächse *(Polygonáceae)*. Die Stengel der zu dieser Familie gehörigen Pflanzen sind besonders auffällig in Knoten und Zwischenknotenstücke gegliedert, wonach sie benannt wurden. Jeder Knoten ist von einer häutigen Scheide (Tüte) umgeben, die aus den Nebenblättern gebildet wird. Es gibt wind- und insektenblütige Knöterichgewächse. Die Blüten der windblütigen Formen sind nur klein und unscheinbar (Sauerampfer). Die insektenblütigen Formen dagegen sind auffallend, z. B. der **Schlangenknöterich** *(Polýgonum bistórta)*. Als Unkraut verbreitet ist der **Vogelknöterich** *(P. aviculáre)*, bekannt sind die Ampferarten, die zum Teil als „Spinat" gegessen werden, wie der **Sauerampfer** *(Rúmex acetósa)*. Das erste „Obst" liefert im Frühjahr der auch als Heilpflanze angebaute **Rhabarber** *(Rhéum)* mit seinen Blattstielen. Durch Anbau des **Buchweizens** *(Fagopýrum sagittátum)* kann man selbst die ärmsten Heideböden für die menschliche Ernährung nutzbar machen (s. S. 201).

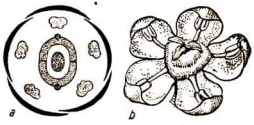


Abb. 181. Runkelrübe. *a* Blütengrundriß, *b* Blüte

Gänsefußgewächse *(Chenopodiáceae)*. Die Hauptvertreter dieser Familie finden wir auf salzreichen Böden und als Ruderalpflanzen, d. h. als Bewohner von Schuttstellen, in der Nähe der menschlichen Wohnstätten. Ihre unscheinbaren Blüten bestehen aus einer fünfblättrigen Blütenhülle, meist 5 Staubblättern und einem zweiblättrigen, verwachsenen, oberständigen Fruchtknoten (Abb. 181). Die verschiedenen **Melde-** und **Gänsefuß-**Arten *(Átriplex, Chenopódium)* besiedeln Trümmerstätten und Schutthaufen. Zu den Gänsefußgewächsen gehört auch der echte **Spinat** *(Spinácia oleracea)* und vor allem der zweijährige **Mangold** *(Béta vulgáris)*, der als Blattgemüse (Spinatersatz), als Futterrübe, als Zuckerrübe und als Rote Rübe gezogen wird (s. S. 203, 204).

Abb. 182. Nelkengewächs der Gattung Diánthus

Nelkengewächse *(Caryophylláceae)*. Die **Nelkengewächse** und die **Kaktusgewächse** sind die letzten Glieder der Zweikeimblättrigen mit Blüten ohne blumenblattartige Krone. Viele Vertreter dieser Familien haben aber schon eine doppelte Blütenhülle mit lebhaft gefärbter Krone wie die im folgenden aufgeführten Gattungen und Arten. Die Nelkengewächse sind auch ohne Blüte an ihren einfachen, schmalen, gegenständigen Blättern leicht zu erkennen (Abb. 182); sie haben 5 Kelch-, 5 Kron-,

5 Staubblätter und einen aus 5 Fruchtblättern verwachsenen, oberständigen Fruchtknoten. Ein bekanntes Unkraut der Roggen- und Weizenfelder ist die giftige **Kornrade** *(Agrostémma githágo)*. In Gärten finden wir als Unkraut häufig die **Vogelmiere** *(Stellária média)*. Auffallende Bewohner von Wiesen, Wegrändern und Gebüschen sind die **Weiße** und die **Rote Nachtnelke** *(Melándryum álbum, M. rúbrum)*, die **Karthäuser-Nelke** *(Diánthus carthusianórum)*, der **Taubenkropf** *(Siléne cucúbalus)* mit seinem aufgeblasenen Kelch und die **Sternmiere** *(Stellária holóstea)*. Die Nelken gehören zu den ältesten Gartenpflanzen, die in Hunderten von Spielarten gezüchtet worden sind. Auch in Steingärten sind sie mit dem kleinen **Roten Seifenkraut** *(Saponária ocymoides)*, dem **Nelkenköpfchen** *(Kohlráuschia saxífraga)*, dem **Filzigen Hornkraut** *(Cerástium tomentósum)* und den niedrigen **Gartennelken** *(Diánthus)* vertreten.

Die aus Amerika stammenden sukkulenten **Kaktusgewächse** *(Cactáceae)* werden in vielen Arten und Bastarden bei uns als Topfpflanzen gezogen. Ihre Blätter sind in Dornen umgewandelt (s. S. 33). An ihrer Stelle hat der grüne Stamm die Assimilationstätigkeit übernommen. Bei manchen Gattungen ist die Sproßachse sogar blattartig verbreitert.

3. Familien mit Kelch und verwachsenblättriger Blumenkrone

Die Blumenkrone ist bei folgenden Familien mehr oder weniger zu einer Röhre oder einem Trichter verwachsen. Wie bei den Familien ohne Blumenkrone bestehen auch hier häufig enge Beziehungen zu den Familien mit getrenntblättrigem Blumenblattkreis. Diese Verwandtschaftsverhältnisse sind jedoch noch nicht völlig geklärt, die Zusammenfassung dieser Familien zu einer Gruppe ist demnach mehr oder weniger willkürlich. Die erste hier aufgeführte Familie hat noch 5 Blütenblattkreise, also 2 Staubblattkreise und noch einzelne Vertreter mit getrenntblättriger Krone. Bei den anderen Familien ist der zweite Staubblattkreis ausgefallen.

Heidekrautgewächse *(Ericáceae)*. Ihre Blüten sind vier- oder fünfzählig gebaut: 5 Kelch-, 5 Blumen-, zweimal 5 Staubblätter und 5 Fruchtblätter, die zu einem ober- oder unterständigen Fruchtknoten verwachsen sind. Die Preiselbeere ist meist vierzählig (Abb. 183). Die Heidekrautgewächse sind vorwiegend Zwergsträucher wie das **Heidekraut** *(Callúna vulgáris)*, das in den einzelnen Blütenkreisen auch nur vierzählig ist. Heidekräuter besiedeln vor allem trockene Standorte. Ihre Blätter sind vielfach nadelförmig ausgebildet und eingerollt, wodurch die Wasserabgabe herabgesetzt wird (Abb. 223, S. 172). Da das Heidekraut viel Nektar bildet und in großen Massen vorkommt, ist es eine der bedeutendsten Bienenfutterpflanzen (Heidehonig). Auf Torf- und Moorböden finden wir die **Glockenheide** *(Eríca tétralix)* mit ihren glockenförmigen Blüten. Aus dem oberständigen Fruchtknoten der eigentlichen Heidekräuter geht als Frucht eine Kapsel hervor, während sich aus dem

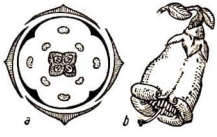


Abb. 183. Preiselbeere.
a Blütengrundriß, *b* Blüte

unterständigen Fruchtknoten unserer zu den Heidekrautgewächsen zählenden Waldbeeren eine Beere bildet. Am verbreitetsten sind die **Blau-, Heidel- oder Bickbeere** *(Vaccínium myrtíllus)* und die rote **Preiselbeere** *(V. vítis idaéa)*, die in den Wäldern in großen Mengen wachsen. Die **Alpenrosen** *(Rhododéndron)* mit ihren leuchtenden Blüten und die viel als Zimmerpflanzen kultivierten **Azálea**-Arten besitzen dagegen einen oberständigen Fruchtknoten und als Früchte Kapseln. Die Heidekrautgewächse leben, wie unsere Waldbäume, in Symbiose mit Wurzelpilzen *(Mykorrhiza*, s. S. 61*)*.

Primelgewächse *(Primuláceae)*. Vertreter dieser Familie finden wir vorwiegend im Gebirge. Es sind meist krautige Rosettenpflanzen. Ein Staubblattkreis ist ausgefallen (Abb. 184). Der oberständige Fruchtknoten bildet eine einfächerige Kapsel. Zu den ersten Frühlingsblühern gehört die **Wiesen-Schlüsselblume** *(Prímula véris)*, die auf den Waldwiesen von der **Wald-Schlüsselblume** *(P. elátior)* vertreten wird. Die Schlüsselblumen besitzen wie der Lein kurz- und langgrifflige Blüten. Viele Arten und Sorten werden als Garten- oder Topfpflanzen kultiviert. Die Primeln, vor allem die als Zimmerpflanze bekannte *P. obcónica*, sind dicht mit Drüsenhaaren bedeckt, die ein Sekret abscheiden, das bei manchen Menschen zu lästigen Hautausschlägen führt. Auf feuchten Wiesen entfaltet das niederliegende **Pfennigkraut** *(Lysimáchia nummulária)* seine gelben Blüten, während sein naher Verwandter, der **Gemeine Gilbweiderich** *(L. vulgáris)* an Flußufern meterhohe Stengel treibt. Als Ackerunkraut findet sich besonders auf kalk- und lehmhaltigem Boden der **Ackergauchheil** *(Anagállis arvénsis)* mit seinen kleinen, roten Sternblüten. Eine beliebte Zimmerpflanze ist das durch eine Sproßknolle (s. S. 34) ausgezeichnete **Alpenveilchen** *(Cyclámen)*.

Abb. 184. Blütengrundriß der Primel

Ölbaumgewächse *(Oleáceae)*. In den vierzähligen Blüten der Ölbaumgewächse sind die Staubblätter auf zwei reduziert (Abb. 185). Neben dem im Mittelmeergebiet beheimateten **Ölbaum** *(Ólea europaéa)*, dessen Steinfrüchte das Olivenöl liefern, gehört zu dieser Familie eine Reihe von Ziersträuchern. So der südosteuropäische **Flieder** *(Syríng a vulgáris)*, die aus China stammende, vor der Belaubung gelb blühende **Forsythie** *(Forsýthia)* und der vor allem als Heckenpflanze verwendete **Liguster** *(Ligústrum vulgáre)*. Auch die ihres zähen Holzes wegen geschätzte **Esche** *(Fráxinus excélsior)* ist ein Ölbaumgewächs. Ihre durch den Wind bestäubten Blüten besitzen jedoch weder Kelch noch Krone.

Abb. 185. Blütengrundriß vom Flieder

Windengewächse *(Convolvuláceae)*. Die verwachsenblättrige Blumenkrone tritt bei dieser Familie besonders deutlich in Erscheinung. Hier handelt es sich vorwiegend um windende Pflanzen (Abb. 186) mit fünfzähligen Blütenblattkreisen; nur der Fruchtknoten ist aus 2 Fruchtblättern hervorgegangen (Abb. 187). Wegen

Abb. 186. Ackerwinde

Abb. 187. Blütengrundriß der Ackerwinde

ihrer tief in den Boden gehenden Wurzeln, die viele unterirdische Ausläufer (Wurzelstöcke) treiben, ist die **Ackerwinde** *(Convólvulus arvénsis)* schwer zu bekämpfen. Die **Zaunwinde** *(Calystégia sépium)* fällt durch ihre großen, weißen Trichterblüten überall an Zäunen auf. Die auf Klee, Lein, Brennessel, Weide u. a. schmarotzende **Kleeseide** *(Cuscúta)* ist durch die parasitische Lebensweise stark rückgebildet (Abb. 94, S. 60). Die Pflanze besitzt fast kein Chlorophyll mehr, die Blätter sind nur noch als Schüppchen vorhanden.

Borretschgewächse *(Borragináceae)*. Die Blätter sind mit borstigen, rauhen Haaren bedeckt. Die verwachsene Krone besitzt häufig im Innern fünf sogenannte Schlundschuppen, die den Eingang zur Blumenkronröhre verengen. Vertreter dieser Familie sind das **Vergißmeinnicht** *(Myosótis)* mit vielen Arten, das durch seinen Farbwechsel von Rot nach Blau auffällige **Lungenkraut** *(Pulmonária officinális)* und der bis 1 m hohe **Beinwell** *(Sýmphytum officinále)*, dessen Verwandter *S. uplándicum* unter dem Namen **Comfrey** als Futterpflanze angebaut wird. Ein bekanntes Küchengewürz ist der **Borretsch** oder das **Gurkenkraut** *(Borrágo officinális)*, der auch als Bienenfutterpflanze wichtig ist.

Lippenblütler *(Labiátae)*. Die klar begrenzte Familie ist auch ohne Blüten an dem vierkantigen Stengel, den kreuzweise gegenständigen Blättern und dem aromatischen Duft der Pflanzen leicht zu erkennen. Die zweiseitig-symmetrischen Blüten bestehen aus einem fünfblättrigen, verwachsenen Kelch, einer aus zwei Blumenblättern verwachsenen „*Oberlippe*" und einer aus drei Blumenblättern hervorgehenden „*Unterlippe*". Die vier Staubblätter sind in zwei lange und zwei kurze gesondert, der verwachsene, zweiblättrige, oberständige Fruchtknoten ist viergeteilt (Abb. 188). Sehr verbreitet ist die Gattung **Taubnessel** *(Lámium)*. Im Gebüsch und an Zäunen treffen wir überall die **Weiße Taubnessel** *(L. álbum)*. Auf feuchtem

Abb. 188. Blütengrundriß der Taubnessel

Boden herrscht die **Gefleckte Taubnessel** *(L. maculátum)* vor. Als Ackerunkraut finden wir die **Stengelumfassende Taubnessel** *(L. amplexicaúle)*, während die **Goldnessel** *(L. galeóbdolon)* sich mehr auf den Laubwald beschränkt. Auf Wiesen treffen wir den blau blühenden **Wiesensalbei** *(Sálvia praténsis)*, der nur zwei Staubblätter besitzt. Ein überall auftretendes Kraut ist der **Gundermann** *(Glechóma hederácea)*. Die vielfache Verwendung von Lippenblütlern als Tee- und Küchenkräuter ist auf ihren reichen Gehalt an ätherischen Ölen zurückzuführen (s. S. 22). An erster Stelle steht die **Pfefferminze** *(Méntha piperíta)*, ein Bastard aus der **Wasserminze** *(M. aquática)* und der **Grünen Minze** *(M. spicáta)*. Sie kann nur durch die zahlreichen unterirdischen Ausläufer vermehrt werden. Als Küchenkräuter (s. S. 208) bekannt sind der **Majoran** *(Maiorána horténsis)*, das **Bohnenkraut** *(Saturéja horténsis)* und die stark nach Zitronen duftende **Melisse** *(Melíssa officinális)*. Eine rückgebildete Oberlippe kennzeichnet die Günsel- und die Gamanderarten, so den verbreiteten **Kriechenden Günsel** *(Ajúga réptans)*, den **Berggamander** *(Teúcrium montánum)* und den **Edelgamander** *(T. chamaédrys)*.

Nachtschattengewächse *(Solanáceae)*. Die strahligen Blüten bestehen aus 5 Kelch-, 5 Blumen-, 5 Staubblättern und einem verwachsenen, zweiblättrigen, oberständigen Fruchtknoten (Abb. 189). Als Früchte kommen Kapseln und Beeren vor. Viele Nachtschattengewächse sind giftig. Einheimische bzw. bei uns eingebürgerte giftige Arten sind der **Stechapfel** *(Datúra stramónium)* mit stachligen Kapseln und das **Bilsenkraut** *(Hyoscýamus níger)*, die beide, wie auch der **Schwarze Nachtschatten** *(Solánum nígrum)*, besonders auf Schutthaufen zu finden sind. Im Gebüsch klettert der **Bittersüße Nachtschatten** *(S. dulcamára)*. Eine der giftigsten Pflanzen unserer Flora ist die **Tollkirsche** *(Átropa belladónna)* mit ihren glänzend schwarzen Beeren. Die aus Südamerika stammende **Petunie** *(Petúnia)* ist eine häufige Balkonpflanze. Besondere volkswirtschaftliche Bedeutung haben der **Tabak** *(Nicotiána*, s. S. 210*)*, die **Kartoffel** *(Solánum tuberósum*, s. S. 202*)* und die **Tomate** *(Lycopérsicon esculéntum*, s. S. 205*)*, die alle drei in Amerika beheimatet sind.

Abb. 189. Blütengrundriß der Kartoffel

Rachenblütler *(Scrophulariáceae)*. Die Blüten sind mit ihren 5 Kelch-, 5 Blumen-, 5 Staubblättern und einem zweiblättrigen, verwachsenen, oberständigen Fruchtknoten denen der Nachtschattengewächse ähnlich, aber zweiseitigsymmetrisch (Abb. 190). Der **Ehrenpreis** *(Verónica)* besitzt scheinbar nur 4 Kronblätter, weil die beiden oberen verwachsen sind. Die Früchte der Rachenblütler sind Kapseln. Eine stattliche Pflanze ist die bis zu 3 m hoch werdende **Königskerze** oder **Wollblume** *(Verbáscum)* mit ihren

Abb. 190. Blütengrundriß vom Löwenmaul

leuchtenden, gelben Blütenständen und den häufig wollig behaarten Blättern (Abb. 19g, S. 17). Das **Gemeine Leinkraut,** auch **Frauenflachs** *(Linária vulgáris)* genannt, das trockene Stellen und Wegränder besiedelt, erkennt man schon von weitem an seinen gelben Blütentrauben; die Blütenröhre ist zu einem Sporn ausgezogen. An alten Mauern treffen wir häufig das zierliche **Zymbelkraut** *(Cymbalária murális)*. Seine zunächst positiv phototropischen Blütenstiele, die kleine violette Blüten tragen, reagieren nach der Bestäubung negativ phototropisch (s. S. 45). Dadurch werden die sich entwickelnden Früchte von der Mutterpflanze in die dunklen Mauerritzen geführt. Als Zierpflanze wird das **Löwenmaul** *(Antirrhínum)* in vielen Farbspielarten kultiviert. Auf Kahlschlagflächen unserer Mittelgebirge finden wir die Gift- und Heilpflanze **Roter Fingerhut** *(Digitális purpúrea)*. Viele Rachenblütler sind Halbschmarotzer (s. S. 60): auf Wiesen der **Augentrost** *(Euphrásia)*, der **Große Klappertopf** *(Rhinánthus serótinus)* und der **Wiesen-Wachtelweizen** *(Melampýrum praténse)*, an lichten Stellen des Laubwaldes der **Hain-Wachtelweizen** *(M. nemorósum)*. Er fällt durch seine blaugefärbten Hochblätter auf, in deren Achseln die gelben Blüten stehen. Ein Vollschmarotzer ist die unterirdisch lebende **Schuppenwurz** *(Lathraéa squamária,* s. Abb. 93*)*. Ihre Blüten erscheinen von März bis Mai über der Erde. Wieviel Wasser die Schuppenwurz ihrer Wirtspflanze entzieht, erkennt man daran, daß der Boden um die Blütenstände der Schuppenwurz auch an trockenen Tagen immer feucht ist.

Ausschließlich Vollschmarotzer enthält die Familie der **Sommerwurzgewächse** *(Orobancháceae)*, deren Arten bestimmten Wirtspflanzen angepaßt sind (Abb. 93, S. 60).

Die in den Verwandtschaftskreis der Rachenblütler gehörenden **Wasserschlauchgewächse** *(Lentibulariáceae)* sind auf Grund ihrer Ernährung bemerkenswert. Sie haben besondere Einrichtungen zum *Insektenfang*. Zu ihnen gehören die in Tümpeln und Teichen untergetaucht schwebenden **Wasserschlauch-Arten** *(Útriculária)*, deren Blätter zum Teil zu Klappfallen umgebildet sind, mit denen sie kleine Tiere fangen (s. S. 61). Die gelben, an das Löwenmaul erinnernden Blüten tauchen von Juni bis August über dem Wasserspiegel auf. Auf moorigen Wiesen finden wir die grundständigen Blattrosetten des **Fettkrautes** *(Pinguícula vulgáris)*, das mit seinen klebrig-drüsigen Blättern Insekten fangen kann.

Wegerichgewächse *(Plantagináceae)*. An Wegrändern, Triften und anderen trockenen Stellen ist überall der Wegerich *(Plantágo)* anzutreffen. Mit seinen zum Blattrand parallel verlaufenden Nerven könnte man vor allem den **Spitzwegerich** *(P. lanceoláta)* für eine einkeimblättrige Pflanze halten. Breitere Blätter besitzen der **Mittlere** und der **Große Wegerich** *(P. média, P. májor)*. Die kleinen, in dichten Ähren stehenden Blüten haben 4 Kelch-, 4 Blumen-, 4 Staubblätter und einen zweiblättrigen, verwachsenen, oberständigen Fruchtknoten (Abb. 191).

Abb. 191. Blütengrundriß vom Wegerich

Labkrautgewächse *(Rubiáceae)*. Die einheimischen Arten zeichnen sich durch eine quirlige Blattstellung aus. In Wirklichkeit handelt es sich aber bei jedem Blattquirl nur um zwei gegenständig stehende Blätter mit gleichgestalteten Nebenblättern. Vierblättrige, weiße Blumenkronen besitzen das überall auf Äckern und im Gebüsch wachsende **Klebkraut** *(Gálium aparíne)*, das häufige **Wiesen-Labkraut** *(G. mollúgo)* und der in Buchenwäldern heimische **Waldmeister** *(Aspérula odoráta)*. Gelb blüht dagegen das **Echte Labkraut** *(G. vérum)*. Die meisten Vertreter der Labkrautgewächse sind auf die Tropen beschränkt, wie der **Kaffeebaum** *(Cóffea arábica*, s. S. 209*)* und der in Südamerika beheimatete, aber jetzt fast überall in den Tropen angebaute **China-** oder **Fieberrindenbaum** *(Cínchona)*, aus dessen Rinde das Fiebermittel Chinin gewonnen wird.

Kürbisgewächse *(Cucurbitáceae)*. Auch diese Familie ist vorwiegend tropisch. Die eingeschlechtigen Blüten sind außer dem dreiblättrigen, unterständigen Fruchtknoten fünfzählig (Abb. 192). Zu den Kürbisgewächsen gehören fast nur mit Ranken kletternde Kräuter (Abb. 52, S. 33), wie die an Zäunen häufige, giftige **Zaunrübe,** die als rotbeerige, zweihäusige *(Bryónia dióica)* und als schwarzbeerige, einhäusige Art *(B. álba)* vorkommt (Abb. 76, S. 46). Kulturpflanzen sind **Gurke** *(Cúcumis satívus)* und **Kürbis** *(Cucúrbita pépo*, s. S. 205*)*, in wärmeren Ländern **Melone** *(C. mélo)*.

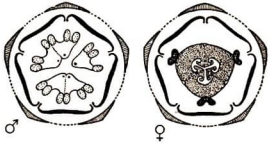


Abb. 192. Blütengrundriß vom Kürbis. Staubblätter der männlichen Blüte zum Teil verwachsen

Glockenblumengewächse *(Campanuláceae)*. Die Blüte der Glockenblume besteht aus 5 freien Kelchblättern, einer fünfblättrigen, zu einer Glocke verwachsenen Blumenkrone, 5 Staubblättern und einem dreiblättrigen, unterständigen Fruchtknoten (Abb. 193). Die Frucht ist eine dreifächerige Kapsel. Die Blüten der Glockenblumen sind *vormännig*, d. h., die Staubblätter entlassen ihren Pollen, bevor die Narbe derselben Blüte sich entfaltet. Wenn die Narbe zur Pollenaufnahme reif wird, sind die Staubbeutel bereits entleert (Abb. 193 b bis d). Dadurch wird eine Selbstbefruchtung verhindert. Die **Rundblättrige Glockenblume** *(Campánula rotundifólia)* hat nickende Blüten (Abb. 219, S. 169), die Kapsel öffnet sich am Grund mit 3 Klappen. Die Blüten und Früchte der **Wiesenglockenblume** *(C. pátula)* stehen aufrecht, ihre Kapsel öffnet sich an der Spitze. Besonders

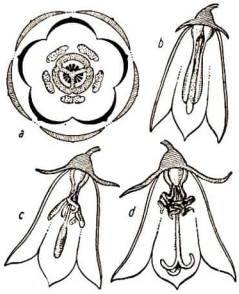


Abb. 193. Glockenblume.
a Blütengrundriß, *b* bis *d* Blüten in drei Stadien des Blühens, vordere Kelch- und Blumenblätter entfernt

große blaue, manchmal auch weiße Blüten besitzt die **Pfirsichblättrige Glockenblume** *(C. persicifólia)*. Die **Ackerglockenblume** *(C. rapunculoídes)*, die an ihren einseitswendigen Blütentrauben leicht zu erkennen ist, treibt viele unterirdische Ausläufer und tritt daher häufig im Garten als recht lästiges Unkraut auf. Ährenartige Blütenstände hat die **Teufelskralle** *(Phyteúma)*. Das **Sandknöpfchen** *(Jasióne montána)* mit ihren von Hüllblättern umgebenen köpfchenartigen Blütenständen erinnert bereits an die folgende Familie.

Korbblütler *(Astéraceae* oder *Compósitae)*. Die Korbblütler sind mit über 14000 Arten eine der artenreichsten Familien. Zahlreiche kleine Blüten sind zu einem Köpfchen vereinigt, das kelchartig von meist grünen Hüllblättern, dem Hüllkelch, umgeben ist. Ein solcher, Körbchen genannter Blütenstand erweckt den Anschein einer einzigen großen Blüte (Abb. 194).
Durchschneiden wir ein Körbchen, so sehen wir, daß die Einzelblüten auf der verbreiterten, flachen oder kegelförmigen Blütenstandachse – oft in der Achsel eines Spreublattes – stehen. Die Krone ist strahlig fünfzählig (Röhrenblüte) oder zu einer langen Zunge ausgezogen (Zungenblüte). Der Kelch ist bei vielen Arten zu einer Haarkrone umgebildet, die der reifen Frucht als Flugorgan dient; er kann auch völlig rückgebildet sein.
Die Pollensäcke der fünf Staubblätter sind zu einer Röhre verklebt, in die der Pollen entleert und aus der er vom Griffel herausgefegt wird. Dann erst öffnet sich die zweispaltige Narbe. Die Blüte ist also vormännig. Der Fruchtknoten ist unterständig, zweiblättrig und einfächrig und bildet als Frucht eine Nuß.

1. *Röhrenblütige:* Die Köpfchen tragen nur Röhrenblüten. **Kornblume** *(Centauréa cýanus)*, **Flockenblume** *(C. jácea)*, **Beifuß** *(Artemísia)*.
2. *Zungenblütige:* Die Köpfchen enthalten nur Zungenblüten. **Löwenzahn** *(Taráxacum officinále)*, **Wegwarte** *(Cichórium íntybus)*, **Habichtskraut** *(Hierácium)*.

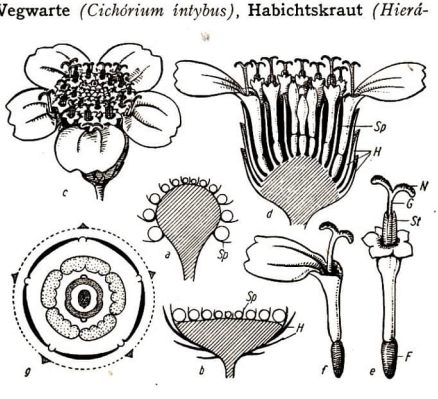


Abb. 194. Korbblütler.
a Köpfchen, *b* Körbchen, *c* Blütenkörbchen der Schafgarbe, *d* im Längsschnitt, *e* einzelne Röhrenblüte, *f* einzelne Zungenblüte, *g* Grundriß einer Röhrenblüte.
F Fruchtknoten, *G* Griffel, *H* Hüllkelch, *N* Narbe, *Sp* Spreublätter, *St* Staubbeutel

3. *Strahlenblütige:* Die Köpfchen tragen beiderlei Blüten, am Rande weibliche oder sterile Zungenblüten, in der Mitte zwittrige oder männliche Röhrenblüten. **Sonnenblume** *(Helianthus ánnuus)*, **Gänseblümchen** *(Béllis perénnis)*.

Dadurch, daß die kleinen Blüten zu Köpfchen vereinigt sind, werden sie leichter bemerkt, besonders wenn die Zungenblüten, wie bei Gänseblümchen und Wucherblume, anders gefärbt sind als die Röhrenblüten. Kleinere Köpfchen können sich obendrein zu großen Gesamtblütenständen zusammenschließen (Goldrute, Schafgarbe). Die Korbblütler werden meist von Insekten bestäubt.

Bei manchen Korbblütlern erscheinen im Frühjahr die Blüten vor den Blättern, so beim **Huflattich** *(Tussilágo fárfara)* und bei der **Pestwurz** *(Petasítes hýbridus)*.

Viele Korbblütler sind bei uns auf Äckern weit verbreitet und werden so leicht zu Unkräutern. Dies gilt neben **Kornblume** und **Löwenzahn** für **Disteln** *(Cárduus)*, **Kratzdisteln** *(Círsium)*, **Gemeines** und **Frühlings-Kreuzkraut** *(Senécio vulgáris, S. vernális)*, **Echte Kamille** *(Matricária chamomílla)* und **Hundskamille** *(Ánthemis arvénsis)*. Aus Amerika eingewanderte bekannte Unkräuter sind das **Kanadische Berufkraut** *(Erígeron canadénsis)* und das **Knopfkraut** *(Galinsóga parviflóra)*. An Wegrändern, Schuttplätzen und Zäunen begegnen wir überall den großen Blättern der **Klette** *(Árctium láppa)*. Besonders auf Hafer- und Gerstenfeldern finden wir die **Ackergänsedistel** *(Sónchus arvénsis)* und auf den Wiesen die **Pippau**-Arten *(Crépis)*. Im Frühling sind manche Wiesen übersät mit den weißen Sternen der **Wucherblume** *(Chrysánthemum leucánthemum)*, vom Juni bis in den Herbst hinein blüht die **Schafgarbe** *(Achilléa millefólium)*. In den Mittelgebirgen wachsen die großen, gelben Blüten des **Berg-Wohlverleih** *(Árnica montána)* und an sonnigen Hängen, besonders auf Kalkboden, die des **Alant** *(Ínula*, Abb. 195*)*.

Abb. 195. Echter Alant

Als *Gemüsepflanzen* werden bei uns der echte **Salat** *(Lactúca satíva)*, die **Endivie** *(Cichórium endívia)*, die **Schwarzwurzel** *(Scorzonéra hispánica)* und der amerikanische **Topinambur** *(Helianthus tuberósus)*, auch **Erdbirne** genannt, angebaut. Aus den Früchten der **Sonnenblume** wird Öl gewonnen (s. S. 207). Wie wir besonders gut am Salat, am Löwenzahn und an der Gänsedistel sehen können, besitzt eine

Reihe von Korbblütlern Milchsaft. Bei einigen Arten ist er reich an Kautschuk *(Taráxacum kok-saghys,* s. S. 215*)*. Zahllos sind die in unseren Gärten als *Zierpflanzen* gezogenen Korbblütler. In den ersten Frühlingswochen entfalten sich die gelben Körbchen der **Gemswurz** *(Dorónicum pardaliánches* u. a.*)*; spät im Herbst öffnen sich die Blüten der **Chrysanthemen** *(Chrysánthemum índicum)*. Während des Sommers blühen **Ringelblume** *(Caléndula officinális)*, **Goldrute** *(Solidágo)*, **Studentenblume** *(Tagétes)*, **Zinnie** *(Zínnia élegans)*, **Gartenaster** *(Callistéphus chinénsis)*, **Herbstaster** *(Áster nóvi-bélgii* u. a.*)*, **Dahlie** *(Dáhlia pinnáta)*, **Rudbeckia** *(Rudbéckia)*, **Große Wucherblume** *(Chrysánthemum máximum)* und viele andere. In Steingärten findet sich das **Edelweiß** *(Leontopódium alpínum)*, eine bekannte Hochgebirgspflanze.

Einkeimblättrige Pflanzen *(Monocotyledonópsidae)*

Die so einheitlich erscheinenden Einkeimblättrigen stellen keine in sich geschlossene Gruppe dar, sondern sind verschiedener Herkunft. Wir dürfen also in der folgenden Aufzählung keine fortlaufende Entwicklungsreihe sehen. Es wird noch vieler Forschungsarbeit bedürfen, um hier die natürlichen verwandtschaftlichen Beziehungen zu klären.
Einige kleine Familien sind durch bekannte Wasserpflanzen (s. S. 171) vertreten: die **Froschlöffelgewächse** *(Alismatáceae)* durch die ansehnliche, schilfartige **Schwanenblume** *(Bútomus umbellátus)* mit rosafarbenen Blütendolden, den **Froschlöffel** *(Alísma plantágo)* und das **Pfeilkraut** *(Sagittária sagittifólia)*; die zweihäusigen **Froschbißgewächse** *(Hydrocharitáceae)* durch den **Froschbiß** *(Hydrócharis morsus-ránae)* mit herzförmigen Schwimmblättern; die **Wasserpest** *(Elódea canadénsis)* und die **Krebsschere** *(Stratiótes aloídes)* mit schwertförmigen, gesägten Blättern; die **Laichkrautgewächse** *(Potamogetonáceae)* durch viele Arten der Gattung Laichkraut *(Potamogéton)* mit teils schwimmenden, teils untergetauchten Blättern und das **Seegras** *(Zostéra)*, das völlig untergetaucht auf dem Meeresgrunde wächst und getrocknet als Polstermaterial verwendet wird.

Liliengewächse *(Liliáceae)*. Die Liliengewächse zeigen besonders klar den typischen dreizähligen Aufbau der Blüte der Einkeimblättrigen. Die Glieder des dreiteiligen Kelchblattkreises und die des Kronblattkreises sind immer gleich gestaltet und auffallend gefärbt. Wie der Blütengrundriß einer Tulpe zeigt (Abb. 196), folgen nach innen zu die beiden Staubblattkreise; die drei Fruchtblätter sind zu einem oberständigen Fruchtknoten vereinigt. Auch die Narben sind meist dreifach gelappt. Aus dem Fruchtknoten geht häufig eine Kapsel hervor.
Sonnige Hänge sind vielfach mit der zierlichen **Graslilie** *(Anthéricum ramósum)* bestanden. Im Herbst blüht auf den Wiesen die giftige **Herbstzeitlose** *(Cólchicum autumnále)*. Die Laubblätter erscheinen erst im folgenden Frühjahr, in

Abb. 196. Blütengrundriß der Tulpe

dem dann auch die Früchte reifen. Die Herbstzeitlose enthält das Gift Colchicin. Reich an Liliengewächsen sind unsere Blumengärten. Schon im Frühjahr erscheinen **Tulpe** *(Túlipa)*, **Hyazinthe** *(Hyacínthus)*, **Traubenhyazinthe** *(Múscari)*, **Blaustern** *(Scílla)*, **Goldstern** *(Gágea)* und **Milchstern** *(Ornithógalum)*. Im Sommer entfalten sich stattliche Liliengewächse, wie die **Weiße Lilie** *(Lílium cándidum)*, **Feuerlilie** *(L. bulbíferum)*, **Türkenbundlilie** *(L. mártagon)*, **Kaiserkrone** *(Fritillária imperiális)*, **Schachblume** *(Fr. meleágris)*. Alle bisher genannten Pflanzen überdauern die für sie ungünstigen Jahreszeiten mit Hilfe ihrer Knollen (Herbstzeitlose) oder Zwiebeln (s. S. 34). Das gleiche gilt auch für die Laucharten: **Küchenzwiebel** *(Állium cépa)*, **Porree** *(A. pórrum)*, **Knoblauch** *(A. satívum)*, **Schnittlauch** *(A. schoenóprasum)*. Manche dieser Pflanzen vermehren sich außer durch Samen auch ungeschlechtlich durch Brutzwiebeln.

Beeren als Früchte finden sich bei solchen Liliengewächsen, die als ausdauernde Organe vorwiegend Erdsprosse besitzen. In schattigen Laubwäldern blühen im Frühjahr das **Maiglöckchen** *(Convallária majális)*, die **Schattenblume** *(Majánthemum bifólium)* mit den beiden herzförmigen Blättern und die **Weißwurz** oder das **Salomonssiegel** *(Polygonátum officinále)*, dessen Erdsproß siegelartig aussehende Narben der abgestorbenen oberirdischen Sprosse trägt. Hier wächst auch die giftige **Einbeere** *(Páris quadrifólia)*, die insofern vom Monokotylentypus abweicht, als ihre Blüte in allen Kreisen vierzählig ist und ihre vier in gleicher Höhe stehenden Blätter netzförmig geädert sind.

Einen Erdsproß besitzt auch der als Gemüse angebaute **Spargel** *(Aspáragus officinális)*. Man gewinnt den „Stangenspargel", indem man die Pflanzen tief in die Erde setzt und den Sand locker in wallartigen Reihen darüber anhäuft. Dadurch werden die Sprosse („Stangen"), bevor sie die Erdoberfläche erreichen, ziemlich lang, ohne zu ergrünen. Im Licht geschieht das rasch, die Pflanzen wachsen dann zu meterhohen, reichverzweigten Trieben mit nur kleinen, schuppenförmigen Blättchen heran. Die Funktion der Blätter wird von den nadelförmigen, grünen Flachsprossen übernommen. Die Blüten haben Glöckchenform, die Beeren sind leuchtend rot.

Die Blüten der **Binsengewächse** *(Juncáceae)* zeigen den gleichen Bau wie die der Liliengewächse, nur sind ihre knäueligen Blütenstände viel unscheinbarer. Die **Binsen** *(Júncus)* haben stielrunde Blätter, während die der **Hainsimsen** *(Lúzula)* grasartig flach sind.

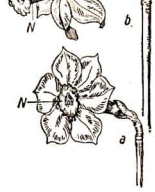


Abb. 197. Nebenkrone der Narzisse. *a* Echte oder Dichter-Narzisse *(Narcíssus poéticus)*, *b* Gelbe Narzisse *(N. pseudonarcíssus)*. *N* Nebenkrone

Narzissengewächse *(Amaryllidáceae)*. Diese unterscheiden sich von den Liliengewächsen nur durch einen unterständigen Fruchtknoten.

Die **Weiße** und die **Gelbe Narzisse** *(Narcíssus poéticus* und *N. pseudonarcíssus)* tragen eine sogenannte Nebenkrone (Abb. 197). Als Topfpflanzen sind bekannt die Gattungen

Amaryllis, Clívia und die aus Mexiko stammende, jetzt überall im Mittelmeergebiet verwilderte **Agáve** mit sukkulenten Blättern (s. S. 172). Aus der letzteren wird unter anderem das Nationalgetränk der Mexikaner, der Pulque, gewonnen. Die **Sisalagave** liefert den Sisalhanf (s. S. 214). Beim **Märzenbecher** *(Leucójum vérnum)* sind Kelch- und Kronblattkreis gleich gestaltet und gefärbt, dagegen ist beim **Schneeglöckchen** *(Galánthus nivális)* der innere Kreis kürzer und grün gerändert.

Schwertliliengewächse *(Iridáceae)*. Diese schließen sich im Blütenbau an die Narzissengewächse an, doch fehlt ihnen der innere Staubblattkreis; Kelch- und Kronblattkreis sind nur beim **Krokus** *(Crócus)* gleichartig. In der Gattung **Schwertlilie** *(Íris)* sind die drei äußeren Blumenblätter herabgebogen, während die drei inneren nach oben stehen. Die drei großen kronblattartig gefärbten Griffeläste, die auf der Unterseite die Narbenflächen tragen, breiten sich weit aus und bedecken die Staubbeutel. Hierdurch wird Selbstbefruchtung vermieden. Die meisten unserer in vielen Farben kultivierten Schwertlilien stammen von der **Deutschen Schwertlilie** *(Íris germánica)* ab.

Die sogenannten Schwertblätter der Schwertlilie und **Gladiole** *(Gladíolus)* sind zweizeilig angeordnet; jedes Blatt umgreift mit seiner Scheide das nächstjüngere („reitende Blattstellung"). Dabei ist die eigentliche Blattoberseite auf die innere Oberfläche der Scheide beschränkt, während die Blattunterseite zum „Schwertfortsatz" ausgewachsen ist (Abb. 198).

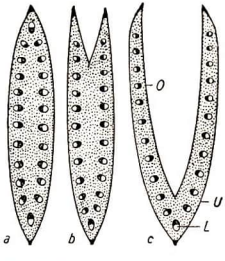


Abb. 198. Querschnitt durch das Blatt der Schwertlilie. *a* im oberen, *b* im mittleren, *c* im unteren Teil. *L* Leitbündel, *O* Blattoberseite, *U* Blattunterseite

Ried- oder Sauergräser *(Cyperáceae)*. Die 3000 Arten der Riedgräser wachsen vorwiegend auf sumpfigem, saurem Boden, daher der Name Sauergräser. Einige gedeihen auch auf trockenem Sand. Die durch eingelagerte Kieselsäure harten, scharf schneidenden Blätter sind als Viehfutter ungeeignet. Die Riedgräser sind an dem dreikantigen, massiven Halm zu erkennen, der stets eine dreizeilige Beblätterung trägt. Jedes Blatt schließt sich an der Basis zu einer Scheide, aus der das nächstjüngere Blatt herausschaut. Die Blütenhüllblätter sind oft nur als Haare oder Borsten ausgebildet oder gar nicht vorhanden. Die sehr vereinfachten Blüten sind meist zu Ähren vereinigt.

Für Torfwiesen charakteristisch ist das **Wollgras** *(Eriópborum)*, dessen Blütenhülle nach der Bestäubung zu langen, seidigen Haaren auswächst, die in ihrer Gesamtheit das bekannte Wollbüschel darstellen. Die **Simsen** *(Scírpus)* erinnern in ihrem Aussehen sehr an die Binsen. In zahlreichen Arten sind die **Seggen** *(Cárex)* verbreitet, deren eingeschlechtige, kahle Blüten auf Windbestäubung angewiesen sind.

Echte Gräser oder Süßgräser *(Gramineae,* Abb. 199*)*. Die runden, als „Halme" bezeichneten Stengel der über 4000 Süßgräserarten zeigen zahlreiche massive Knoten und hohle Zwischenglieder. An den Knoten entspringen zweizeilig einander gegenüberstehende Blätter (a). Jedes Blatt besteht in seinem unteren Teil aus einer meist offenen Scheide, die den Stengel und die nächstjüngeren Blätter umfaßt und schützt. Zwischen ihr und der langen, schmalen Breite befindet sich fast immer ein aufrechtes, weißes Blatthäutchen (b). Die Blüten (d) sind von trockenhäutigen Blättchen, den Spelzen, umhüllt, die zum Teil steife Borsten *(Grannen)* tragen. Diese Spelzen sind aus Hochblättern und dem äußeren Kronblattkreis hervorgegangen. Vom inneren Kronblattkreis sind nur noch zwei kleine Schwellkörperchen (c) übriggeblieben, die die Blüte zum Öffnen bringen. Aus den reifen Ährchen hängen dann an dünnen Fäden drei Staubbeutel (c). Der vom Wind verstäubte Pollen wird von den zwei federartig verzweigten Narben (c), die nur zur

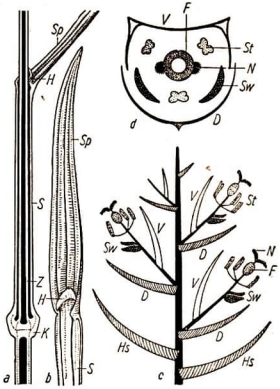


Abb. 199. Süßgras.
a Stengelstück mit Blattscheide und Knoten, *b* vom Stengel gelöstes Blatt, *c* Schema eines Ährchens mit drei entwickelten Blüten, *d* Grundriß einer Blüte. *D* Deckspelzen, *F* Fruchtknoten, *H* Blatthäutchen, *Hs* Hüllspelzen, *K* Knoten, *N* Narbe, *S* Blattscheide *Sp* Blattspreite, *St* Staubblätter, *Sw* Schwellkörper, *V* Vorspelze, *Z* Zwischenknotenstück

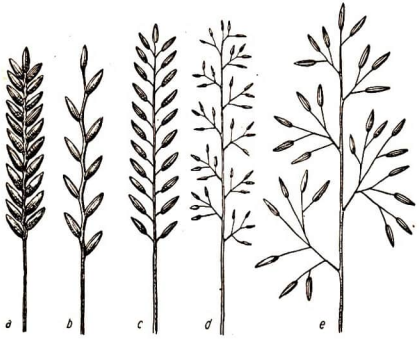


Abb. 200. Blütenstände der Gräser;
a geschlossene, *b* unterbrochene Ähre, *c* einfache Traube, (*a* bis *c* Ährengräser), *d* doppelte Traube (Ährenrispengräser), *e* echte Rispe (Rispengräser)

Blütezeit hervortreten, aufgefangen. Meistens ordnen sich mehrere Einzelblüten zu *Ährchen* (c) an, diese ihrerseits treten zu großen ährenartigen *(Ährengräser)* oder rispenartigen *(Rispengräser)* Gesamtblütenständen zusammen. Sitzen die Ährchen an nur kurzen, aber verzweigten Stielen, so stellt der Gesamtblütenstand eine Mittelform dar *(Ährenrispengräser,* Abb. 200*)*.

An der reifen Frucht sind Fruchtwand und Samen-

schale miteinander verwachsen. Wie wir leicht am längs durchschnittenen Getreidekorn feststellen können (Abb. 243), liegt der Keimling dem Nährgewebe seitlich an. Er ist weitgehend gegliedert und verfügt bereits über eine Wurzel und über mehrere Blätter. Bei der Keimung bohrt sich das erste Blattorgan, die *Keimscheide (Koleóptile)*, die die Form einer geschlossenen Röhre hat, durch die Erde; in ihrem Schutz können die folgenden Blättchen ungehindert an die Oberfläche wachsen, wo sie dann bald die Röhre durchstoßen.

Zu den Gräsern gehören die Getreidearten, die *Brotfrüchte* aller Völker (s. S. 197). Im Weltmaßstab gesehen ist der Weizen die wichtigste Brotfrucht. Der Weizen der Vorzeit, das **Einkorn** *(Tríticum mónococcum)* hatte nur 7 Chromosomen, während der mehr südlich angebaute **Emmer** *(Tr. dícoccum)* den zweifachen Chromosomensatz (14) besaß. Aus ihm ist wohl der in wärmeren Gegenden angebaute **Hartweizen** *(Tr. dúrum)* hervorgegangen. Unsere heutigen hochgezüchteten Weizensorten gehören zu Triticum vulgare. Der im Mittelalter viel angebaute **Spelt** oder **Dinkel** *(Tr. spéltum)* mit 21 Chromosomen wird in Süddeutschland heute noch kultiviert. Die Kulturformen sind den Wildgräsern vor allem darin überlegen, daß sie, abgesehen von größeren und zahlreicheren Früchten, keine brüchige Ährenachse mehr haben, und daß sich die Früchte leichter von den Spelzen lösen lassen. Bei uns wird

Abb. 201. Getreidearten.
a Weizen: links Kolbenweizen, Mitte lockerähriger Kolbenweizen, rechts Igelweizen; *b* Roggen; *c* Gerste: oben zweizeilige, unten sechszeilige; *d* Hafer

der Weizen vor allem als *Wintergetreide* angebaut, d. h., er wird im Herbst ausgesät und überdauert den Winter als niedrige Pflanze mit nur wenigen Blättern. Gegenden mit kälteren Wintern sind auf *Sommerweizen* angewiesen, um der Gefahr des Auswinterns zu entgehen, soweit nicht Wintergetreide ausgesät wird, das nach dem neuen, von *Lyssenko* entwickelten Verfahren jarowisiert wurde (s. S. 219).

In Deutschland steht der **Roggen** *(Secále cereále*, Abb. 201b*)* als Brotgetreide an erster Stelle (s. S. 197). Er nimmt 65% der Getreideanbaufläche ein. Da er niedrige Temperaturen verträgt, wird er fast ausschließlich als Winterroggen gebaut. Er ist im Unterschied zum Weizen selbststeril, also ein ausgesprochener Fremdbestäuber.

Die **Gerste** *(Hórdeum*, Abb. 201c*)* wird als Sommer- und Wintergetreide gesät. Sie kommt auch in nördlichen Breiten noch zur Reife. Ihre Ährchen können bei den einzelnen Arten in zwei *(H. dístichum)*, vier oder sechs *(H. vulgáre)* Zeilen angeordnet sein.

Der **Hafer** *(Avéna sativa*, Abb. 201d*)* ist ein Vertreter der Rispengräser (s. S. 142). Seine größte Bedeutung liegt in der Verwendung als Pferdefutter, wobei das zu „Häcksel" geschnittene Stroh mit verfüttert wird. Hafer findet auch für die menschliche Ernährung Verwendung (Haferflocken).

Der **Mais** *(Zéa mays)* ist amerikanischen Ursprungs und heute in allen wärmeren Klimagebieten verbreitet. Auch bei uns gelangt er noch zur Reife. Er unterscheidet sich von den übrigen Gräsern durch den massiven Stengel und durch eingeschlechtige Blüten. Die Staubblüten bilden in Form einer Rispe den Gipfel der Pflanze, während die weibliche Blüte als Ähre mit dicker Achse, dem „Kolben", seitlich am Halm sitzt und aus zahlreichen Hüllblättern die langen, fadenförmigen Griffel heraushängen läßt.

Auch das in Südasien heimische, heute überall in den Tropen kultivierte **Zuckerrohr** *(Sáccharum officinárum)* hat massive Halme, die bis 6 m hoch werden können (s. S. 203).

Der **Reis** *(Orýza sativa)* stellt das Hauptgetreide Asiens dar. Da er am besten auf feuchtem Grund gedeiht, ist häufig eine künstliche Bewässerung erforderlich. Der Reis kommt bei uns fast nur als „polierter Reis" in den Handel (s. S. 201).

Hirsearten werden vorwiegend in Asien, zum Teil aber auch in Südosteuropa angebaut (s. S. 201). Es gibt die **Kolbenhirse** *(Setária itálica)*, die **Rispenhirse** *(Pánicum miliáceum)* und die für Afrika sehr wichtige **Mohrenhirse** *(Sórghum bícolor)*.

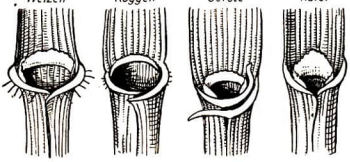


Abb. 202. Blattöhrchen der Getreidearten

Die wichtigsten Getreidearten

A. *Getrenntgeschlechtig-einhäusig.* Halme mit endständiger männlicher Rispe und mit seitenständigen, von Scheiden umschlossenen dicken weiblichen Ähren (Kolben). **Mais** *(Zéa mays)*

B. *Zwittrig. Blütenstände endständig.*

I. Halme mit Rispen. Ährchen zweiblütig. Deckspelzen der unteren Blüte mit einer Rückengranne. Die Körner bleiben von den Spelzen umhüllt. **Hafer** *(Avéna)*

II. Halme mit Ähren.

1. Ährchen einzeln an der Ährenachse.

a) Ährchen zweiblütig. Hüllspelzen schmal. Deckspelzen lang begrannt. Ähre nickend. **Roggen** *(Secále cereále)*

b) Ährchen meist vierblütig. Hüllspelzen breit. Deckspelzen begrannt oder unbegrannt. Ähre aufrecht. **Weizen** *(Tríticum)*

2. Ährchen zu dreien nebeneinander an der Ährenachse. Deckspelzen mit langer Granne. Ährchen einblütig. **Gerste** *(Hórdeum)*

a) Nur das mittlere Ährchen fruchtbar und begrannt. **Zweizeilige Gerste** *(H. dístichum)*

b) Alle Ährchen fruchtbar und begrannt. **Mehrzeilige Gerste** *(H. vulgáre)*

Solange die Getreidepflanzen noch keine Halme haben, lassen sie sich an Eigenschaften der Blätter unterscheiden und bestimmen (Tab. V).

TABELLE V: **Bestimmung der Getreidearten nach den Blättern**

	Weizen	Gerste	Roggen	Hafer
Drehung der Blattspreite	rechts	rechts	rechts	links
Form des Blatthäutchens ...	kurz, gestutzt	kurz, gestutzt	kurz, gestutzt	kurz, scharf dreieckig gezähnt
Form der Blattöhrchen (s. Abb. 202)	lang gewimpert	sehr lang, sichelförmig	kurz, abgerundet	fehlen

Vielseitige Verwendung finden die nur in den Tropen verbreiteten **Bambus**arten *(Bambúsa)*, deren verholzte Stengel bis zu 40 m hoch werden können. Sie werden zum Bau von Hütten, zur Herstellung von allerlei Gefäßen und Hausrat gebraucht und auch zu Skistöcken verarbeitet.

Vielfältig ist die Zahl der *Futtergräser:* **Lieschgras** *(Phléum praténse)*, **Wiesenfuchsschwanz** *(Alopecúrus praténsis)*, **Englisches Raygras** *(Lólium perénne)*, auch **Lolch** oder **Weidelgras** genannt, **Knäuelgras** *(Dáctylis glomeráta)*, **Zittergras** *(Bríza média)*, dazu die Arten der Gattungen **Schwingel** *(Festúca)*, **Rispengras** *(Póa)*, **Trespe** *(Brómus)* und viele andere. Ein weitverbreitetes Unkraut ist die **Quecke** *(Agropýron répens)*, die sich durch zahlreiche unterirdische Ausläufer zu verbreiten vermag und den Boden oft völlig durchsetzt. Der **Strandhafer** *(Ammóphila arenária)* wird an unseren Küsten zur Befestigung der Dünen angepflanzt. Mit Hilfe seines meterlangen Wurzelstockes findet er auch im trockenen Sand noch genügend Wasser und Nahrung. Zu unseren größten Gräsern (2 bis 4 m) gehört das **Schilf** *(Phragmítes communis)* aus der Röhrichtzone der Teiche und Seen (s. S. 178).

Zwei Vertreter rein tropischer Familien spielen für die menschliche Ernährung eine Rolle: die **Banane** *(Músa)*, die einen aus Blattstielen gebildeten Scheinstamm hat, aus der Familie der ***Musáceae*** und der **Ingwer** *(Zingiber officinále)*, von dem der an ätherischen Ölen reiche Erdsproß als Gewürz verwendet wird, aus der Familie der ***Zingiberáceae.*** *Músa textílis* liefert den Manilahanf.

Knabenkräuter *(Orchidáceae)*. Mit über 20000 Arten stellen die Knabenkräuter die artenreichste Familie der Samenpflanzen dar (Abb. 203). Sie lassen sich von den Liliengewächsen ableiten. Wie diese haben sie 6 Kronblätter, die aber ungleich gestaltet sind, so daß die Blüte eine zweiseitige Symmetrie erhält (a, b). Von den Staubblättern ist meist nur noch eines vorhanden, das mit dem Griffel und der Narbe des unterständigen Fruchtknotens zu einer Säule verwachsen ist (a). Die Pollen eines jeden Staubbeutelfaches sind untereinander verklebt und werden als Ganzes durch bestäubende Insekten übertragen (c, d). Der Fruchtknoten ist um 180° gedreht (b) und läßt dadurch die ursprünglich nach oben zeigenden Blütenteile herabhängen. Die zahllosen, winzigen Samen (s. S. 173) werden vom Winde verstreut.

Die Entwicklung der Orchideenkeimlinge ist nur in Symbiose mit ganz bestimmten Bodenpilzen möglich. In der sich bildenden Mykorrhiza scheidet der Pilz Stoffwechselprodukte ab, die die Orchidee zu ihrer Entwicklung braucht. Manche Orchideen haben kaum noch Chlorophyll und schmarotzen auf dem Mykorrhizapilz, wie die einheimische **Nestwurz** *(Neóttia nídus-ávis)* und die **Korallenwurz** *(Coralliorrhíza trífida)*. Beide tragen den Namen nach der Form ihres Wurzelstockes. Die in Deutschland vorkommenden Orchideen bevorzugen Kalkböden und überdauern zum Teil die ungünstige Jahreszeit mit Hilfe von Knollen. Die Mehrzahl der etwa 60 bei uns vorkommenden Arten

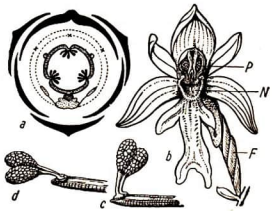


Abb. 203. Knabenkraut. *a* Blütengrundriß, *b* Blüte, *c*, *d* Übertragung des Pollens. *F* Fruchtknoten, *N* Narbe, *P* Pollenmassen

Abb. 204. Orchideen. Links Frauenschuh *(Cypripédium)*, rechts Fliegenragwurz *(Óphrys muscífera)*

fällt durch ihre schönen Farben und Formen auf: **Waldvögelein** *(Cephalánthera)*, **Zweiblatt** *(Listéra ováta)*, **Sumpfwurz** *(Epipáctis)*, **Frauenschuh** *(Cypripédium calcéolus)*, **Knabenkraut** *(Orchis)* u. a. Sie zählen zu den in Deutschland geschützten Pflanzen (Abb. 204).

Den größten Formenreichtum entfalten die Orchideen in den Tropen, wo sie häufig als Überpflanzen *(Epiphyten)* auf Urwaldbäumen leben, indem sich ihre Wurzeln dicht an die Rinde anklammern und das herablaufende Wasser und die darin gelösten Nährstoffe aufsaugen. Sie rücken so auch dem Lichte näher. Die große Mannigfaltigkeit der farbenprächtigen, oft bizarr gebauten, stark duftenden Blüten mancher tropischen Arten hat viele Freunde gefunden. Viele tropische Formen, von denen einige aber auch nur sehr unscheinbare kleine Blüten besitzen, werden heute in unseren Gewächshäusern kultiviert. Die einzige Orchidee, die wirtschaftliche Bedeutung hat, ist die im tropischen Amerika beheimatete, jetzt aber über alle Tropenzonen verbreitete **Vanille** *(Vanílla planifólia*, s. S. 209*)*.

Palmengewächse *(Pálmae)*. Die hierzu gehörigen baumförmigen Vertreter sind in den Tropen bzw. Subtropen zu Hause. Sie haben fast immer lange, schlanke, unverzweigte Stämme, die in der Jugend die gleiche Stärke haben wie im Alter, da sie nicht zu sekundärem Dickenwachstum (s. S. 27) befähigt sind. Sie wachsen von vornherein, ehe sie in die Höhe schießen, zu ihrer vollen Stärke heran. Ihre anfangs einfachen Blattspreiten sind bei den Folgeblättern fieder- oder fächerartig gegliedert. Die eingeschlechtigen Blütenstände werden von einem oder mehreren Hochblättern umschlossen.

Die an allen tropischen Küsten verbreitete **Kokospalme** *(Cócos nucífera)* liefert die „Kokosnüsse". Der faserige von einer pergamentartigen Haut umgebene Außenmantel enthält viel Luft und verleiht dadurch den Früchten die Schwimmfähigkeit, so daß sie von Meeresströmungen verbreitet werden können. Das ölhaltige, weiße Nährgewebe des Samens kommt getrocknet als „Kopra" in den Handel und wird u. a. zu Kokosfett verarbeitet. Der feste Teil des Nährgewebes umschließt einen mit trinkbarer „Kokosmilch" angefüllten Hohlraum. Die Kokosmilch dient, ebenso wie das feste Nährgewebe, der Keimpflanze als Nahrung.

Die **Dattelpalme** *(Phoenix dactylífera)* macht mit ihren Früchten, die das „tägliche Brot" der Wüstenbewohner sind, die Oasen der Sahara bewohnbar (s. S. 205). Von großer wirtschaftlicher Bedeutung sind schließlich noch die **Ölpalme** *(Elaéis)*, aus deren Früchten man hochwertiges Palmöl gewinnt, und die **Sagopalme** *(Metróxylon)*, deren im Stamm gespeicherte Stärke herausgewaschen und zu Sago verarbeitet wird. Aus den harten Samen der **Elfenbeinpalme** *(Phytélephas macrocárpa)* werden Knöpfe hergestellt.

Aronstabgewächse *(Aráceae)*. Der kolbenartige Blütenstand, der unten die weiblichen und oben die männlichen Blüten trägt, wird beim heimischen **Aronstab** *(Árum maculátum)* von einem Hochblatt umgeben (Abb. 205). Es ist an der Basis kesselartig umgestaltet und hält so die durch den Aasgeruch der Blüte angelockten Insekten fest, bis sie die Bestäubung vermittelt haben. Die meisten vorwiegend tropischen Aronstabgewächse weichen insofern von den einkeimblättrigen Pflanzen ab, als sie netznervige Blätter haben. Viele Formen tragen auffällig gefärbte Hochblätter, so die bei uns an sumpfigen Standorten vorkommende **Schlangenwurz** *(Cálla palústris)* mit weißem Hochblatt und zwittrigen Blüten und viele als Zimmer- und

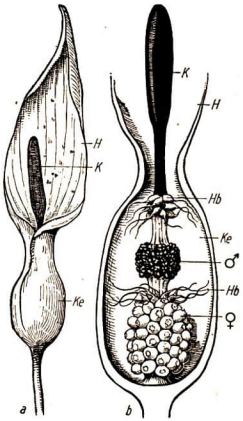
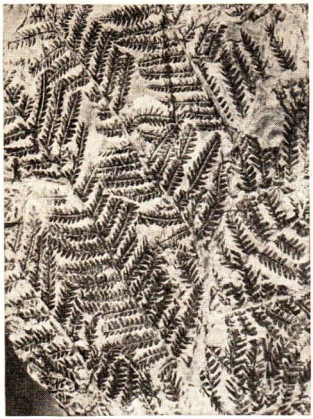


Abb. 205. Aronstab.
a Blütenstand, *b* längs aufgeschnitten.
H Hochblatt, *Hb* geschlechtlose, den Ausgang versperrende Hindernisblüten, *K* Kolben, *Ke* Kessel, ♂ männliche, ♀ weibliche Blüten

Gewächshauspflanzen kultivierte Arten. Der aus Asien eingewanderte und überall in Sümpfen und an Teichrändern wachsende zwittrige **Kalmus** *(Ácorus cálamus)* hat schmale, parallelnervige, schwertlilienförmige Blätter.
In den gleichen Verwandtschaftskreis gehören auch die **Wasserlinsengewächse** *(Lemnáceae)*.
Rohrkolbengewächse *(Typháceae)* und **Igelkolbengewächse** *(Sparganiáceae)* umsäumen Teiche und Seen.

C. PALÄOBOTANIK

Das Bild der Pflanzenwelt hat sich im Laufe von Jahrhundertmillionen ständig verändert, wie uns mannigfache Versteinerungen (Fossilien) zeigen. Von der Entstehung der ersten Pflanzen bis zum oberen Silur, einem Zeitraum von vielen hundert Millionen Jahren, spielte sich das Leben *nur im Wasser* ab. Vor 300 bis 400 Millionen Jahren – einer im Rahmen der Gesamtentwicklung kurzen Zeit – wurde die Pflanze in zunehmendem Maße vom Leben im Wasser unabhängig und *besiedelte das feste Land*.
Aus der **Urzeit** sind keine Reste von Pflanzen bekannt. Die ersten spärlichen Funde aus der **Vorzeit** deuten auf algenartige Formen hin. Allmählich entwickelten sich krautige, binsenähnliche, später baumförmige Sumpfpflanzen. Mit dem Übergang zum Landleben trat an Stelle der bis dahin allein vorkommenden Befruchtung der Eizelle durch frei im Wasser schwimmende, von chemischen Reizstoffen angelockte männliche Schwärmsporen die Ausbildung von Pollenkörnern und deren Übertragung durch den Wind auf die Samenanlage.
Aus dem **Erdaltertum** sind eine Fülle von Versteinerungen erhalten, die uns einen Einblick in den Werdegang der *Farnpflanzen* gewähren. Diese erreichten in der Steinkohlenzeit den Höhepunkt ihrer Entwicklung. Die Steinkohlen selbst zeigen ihre Formen nicht mehr, die Pflanzenmassen sind durch Inkohlung zu Kohle geworden. Die Schichten von feinem Sand und Ton aber, die sich über die versunkenen Pflanzen legten und allmählich zu Schiefer wurden, haben einzelne Pflanzenteile eingeschlossen und gut erhalten (Abb. 206). In vielen Fällen sind sie versteinert. Sickerwässer brachten gelöste Kieselsäure oder Kalk mit und durchdrangen sämtliche Hohlräume des eingeschlossenen Körpers. Aus diesen Wässern haben sich nach und nach die gelösten Stoffe als festes Gestein abgeschieden, in dem wir heute noch den Aufbau der Pflanzenteile aus Zellen und Geweben in allen Feinheiten unter dem Mikroskop sichtbar machen können (Abb. 207).
Die Funde aus der **Steinkohlenzeit** lehren uns, daß die Farnpflanzen nicht immer so unscheinbar waren wie gegenwärtig. Damals, vor rund 300 Millionen Jahren, bildeten sie in üppigem Wachstum gewaltige, tropische *Sumpfwälder*. Viele *Farne*



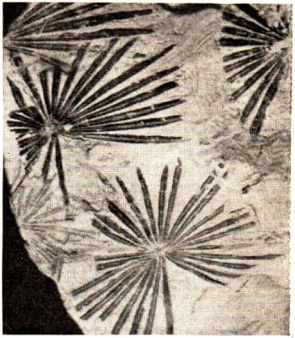


Abb. 206. Versteinerungen aus dem Oberkarbon von Zwickau i. Sa. Links mehrfach gefiederte Wedel des Farns *Pecópteris plumósa*, rechts Annularien, d. h. beblätterte Seitenzweige der schachtelhalmartigen Kalamarien

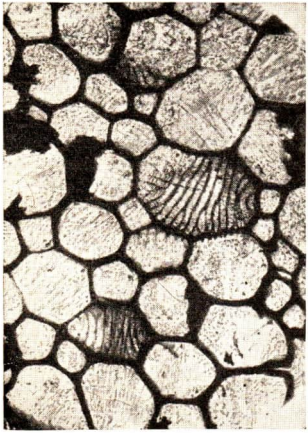


Abb. 207. Querschliff durch das Holz von Lepidodendron. Vergr. 125

waren baumartig wie heute noch einige Arten in den Tropen. Manche kletterten als Lianen mit windenden Stengeln an Baumstämmen empor. *Schachtelhalme (Calamites)* ragten als riesige Bäume 30 m hoch in die Luft. Auch die heute so unauffälligen *Bärlappe* gehörten als mächtige Schuppenbäume *(Lepidodéndron)* und Siegelbäume *(Sigillária)* zum allgemeinen Bestand der Wälder der Steinkohlenzeit (Abb. 208).

Mit dem Ende der Steinkohlenzeit starben jene Wälder aus, weil das Klima niederschlagsärmer, immer trockener und die Landschaft wüstenähnlicher wurde. Die Farnpflanzen traten zurück, und ihre baumartigen Formen sind bis auf spärliche Reste verschwunden. Um so mächtiger entfalteten sich nun neue Pflanzenformen: es begann die Zeit der *Nacktsamigen*. Sie reichte vom Ende des Erdaltertums bis weit ins Erdmittel-

alter hinein. Im Jura und in der unteren Kreidezeit gelangten die Nacktsamigen zu ihrer höchsten Entwicklung.

In der Mitte der **Kreidezeit** vor etwa 100 Millionen Jahren vollzog sich ein weiterer entscheidender Wandel, der durch die außergewöhnliche Entfaltung und Verbreitung der *Bedecktsamigen* gekennzeichnet war. Er war aufs engste mit der Entwicklung der *Insekten* verknüpft. Die Bedecktsamigen leiten sich von zwittrigen, verschiedensporigen Nacktsamigen ab. Hatte bis dahin der Wind die männlichen Pollen auf die weiblichen Samenanlagen übertragen, so traten jetzt geflügelte Insekten als Vermittler auf. Im Verlauf der Kreidezeit bildete sich eine wechselseitige *Anpassung zwischen Insekten und Pflanzen* aus, die zu einer außerordentlichen Mannigfaltigkeit der Schaublüte der Bedecktsamigen führte. Viele Nacktsamige starben aus, von anderen verblieben wenige, kümmerliche Reste (Ginkgobaum). Nur die *Nadelhölzer* hielten sich in den kühleren Gebieten der Erde und bestimmten dort noch im Tertiär das Wesen der Pflanzenwelt. Wir brauchen nur an jene riesigen Wälder von Sumpfzypressen *(Taxódium)*, Mammutbäumen *(Sequóia)* und anderen Nadelhölzern zu denken, aus deren Holz die Braunkohlen entstanden sind, oder an die Bernsteinwälder der Tertiärzeit, deren Harz in einzigartiger Weise die Insektenwelt jener Zeit konserviert hat.

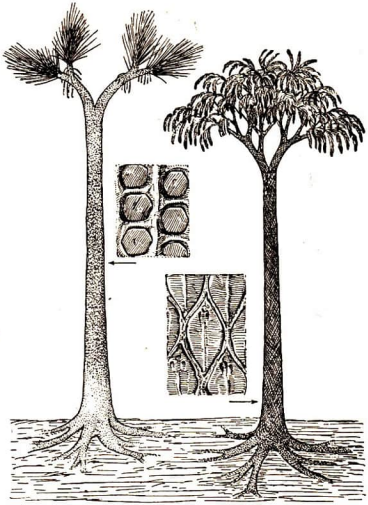


Abb. 208. Rekonstruktion eines Siegelbaumes (links) und eines Schuppenbaumes (rechts) mit Blattnarben

Schon um die Mitte der Kreidezeit war die Pflanzenwelt der heutigen recht ähnlich geworden. Noch fehlten die höchstentwickelten „Verwachsenkronblättrigen", die im wesentlichen erst im **Tertiär** hinzukamen. Die gewaltigen Faltungsvorgänge der Erde im Tertiär, die die Hochgebirge aufwölbten, wirkten sich auf die Pflanzenwelt nur wenig aus. Um so tiefer jedoch wurde diese gerade in unseren Breiten durch die **Eiszeiten** umgestaltet. Das in mehreren Vorstößen anrückende Eis vernichtete viele Pflanzen. Empfindlichere Formen, die infolge der Alpenschranke nicht nach Süden ausweichen konnten, starben aus. Nach dem Rückzug

des Eises wanderten zwar vor allem aus dem Südosten neue Pflanzen ein; im ganzen aber besitzt unsere heimische Flora infolge der Eiszeiten bedeutend weniger Arten.
Die Entwicklung der Pflanzenwelt, wie sie sich in ihrer Geschichte darstellt, hat sich über große Zeiträume hinweg in Anpassung an die wechselnden naturgegebenen Verhältnisse vollzogen und diese selbst mitbestimmt. Als mitgestaltende Kraft greift nun mehr und mehr der Mensch ein und beeinflußt die Formen und die geographische Verbreitung der Pflanzen.

TABELLE VI: **Aufeinanderfolge der Pflanzenformen im Verlauf der Erdgeschichte**

Erdgeschichtliche Tabellen sind stets von unten nach oben zu lesen; unten steht die älteste oben die jüngste Zeit.

Beginn vor ... Jahren	Erdzeitalter		Herrschende Pflanzengruppen
60 Millionen	Neuzeit	Alluvium (Gegenwart) Diluvium (Eiszeit) Tertiär (Braunkohlenzeit)	Bedecktsamige
200 Millionen	Mittelalter	Kreide Jura Trias	Nacktsamige
540 Millionen	Altertum	Perm Karbon (Steinkohlenzeit). Devon Silur Kambrium	Farnpflanzen Ur-Landpflanzen Meeresalgen
1000 Millionen	Vorzeit	Algonkium	Algenartige Pflanzen
1500 Millionen	Urzeit		zweifelhafte Organismenreste

D. PFLANZENGEOGRAPHIE

Die Pflanzenwelt (Flora) der Erdoberfläche zeigt von Gebiet zu Gebiet ein anderes Aussehen.
Ein besonderer Zweig der Pflanzengeographie, die *Floristik*, erforscht die Verbreitung der Pflanzenarten und stellt den Pflanzenbestand in den einzelnen Gebieten der Erde fest. Die Unterschiedlichkeit des Pflanzenwuchses hat ihren Grund in den verschiedenartigen Ansprüchen, die die einzelnen Pflanzenarten an ihren Standort stellen. Diese Abhängigkeit des Pflanzenwuchses von den Um-

weltbedingungen der Wohngebiete untersucht die *ökologische Pflanzengeographie* (s. S. 156).
Die heutige Verbreitung der Pflanzen hat sich im Laufe der Erdgeschichte herausgebildet. Die Entstehung und Entwicklungsgeschichte der heutigen Pflanzenwelt wird von der *historischen Pflanzengeographie* erforscht. Die Pflanzengeographie beschreibt also nicht nur die gegenwärtige Verbreitung der Pflanzen auf der Erde, sondern sie sucht auch ihre Ursachen zu klären.
Jede Pflanzenart hat ein bestimmtes Verbreitungsgebiet *(Areal)*. Nur wenige Arten, z. B. eine Anzahl Unkräuter (Vogelmiere, Hirtentäschelkraut, Schwarzer Nachtschatten u. a), sind über die ganze Welt verbreitet.
Andere, sogenannte *endemische* Arten, kommen nur auf manchmal sehr kleinen Arealen vor; sie sind besonders auf einsamen Inseln und in Hochgebirgen anzutreffen, so das Schweizer Mannsschild *(Andrósace helvética)* an bestimmten Stellen der Alpen, eine weiß blühende Form des Tataren-Lattichs *(Lactúca tatárica)* nur auf der Insel Hiddensee, die nacktsamige *Welwítschia mirábilis* in der küstennahen Nebelwüste Südwestafrikas. Manche aus Übersee eingeschleppte Pflanzen sind heute allgemein bei uns zu finden: Kanadisches Berufkraut, Knopfkraut, Wasserpest, Nachtkerze; in Australien und Afrika die Opuntia (s. S. 196), in den Mittelmeerländern die Agave.
Eigenartig ist in unserer Heimat die Verbreitung derjenigen Pflanzen, die wir als *Eiszeitrelikte* bezeichnen. Dem von Skandinavien bis zu unseren Mittelgebirgen vorrückenden Eise wichen zahlreiche Pflanzen aus, indem sie gleichsam vor dem Eise herwanderten. Als das Klima wieder wärmer wurde und das Eis schmolz, blieben einzelne Pflanzenarten in ihnen zusagenden Bezirken (Mooren, Gebirgen u. a.) zurück (Zwergbirke).
Bei der Betrachtung der Pflanzenverbreitung auf der Erdoberfläche läßt sich eine bestimmte Gliederung feststellen: in horizontaler Richtung, von den Polen über die gemäßigten Zonen bis zum Tropengürtel, unterscheidet man *Zonen;* vom Fuß bis zu den Höhen der Gebirge, in vertikaler Richtung, *Stufen*. Die Verteilung der Pflanzen ändert sich von Höhenstufe zu Höhenstufe vielfach in ähnlicher Weise wie die zonale vom Äquator zum Pol und zeigt mindestens zwei Stufen. Auf die *Waldstufe* folgt an der Baumgrenze die *Hochgebirgsstufe*, die durch die Schneegrenze in die Almenstufe und die Schneestufe unterteilt wird. In den Wüstenländern kommt noch eine dritte unterhalb des Waldes gelegene *Steppenstufe* hinzu.
Die *Zonen* der Pflanzenwelt verlaufen in ihren großen Zügen entsprechend den Hauptklimazonen der Erde parallel zum Äquator. Es lassen sich sechs größere Pflanzenreiche *(Florenreiche)* unterscheiden, die sich in kleinere Florengebiete gliedern. Für jedes sind bestimmte Pflanzen charakteristisch (Abb. 209).
Das Florenreich der nördlichen kalten und gemäßigten Zone ist das größte der Erde. Es ist durch Hahnenfußgewächse, Weiden, Birken, Erlen und Haselnuß gekennzeichnet. Im Norden dehnt sich zirkumpolar das arktische Florengebiet der *Tundra* aus. Kalte Winter und kurze Sommer machen jeden Baumwuchs unmöglich (s. S 173). Nur niedrige, kriechende Zwerg- und Beerensträucher, Moose und

Flechten überziehen den in der Tiefe ständig gefrorenen Boden. An die Tundra schließt sich in der winterkalten, feuchten, nördlichen gemäßigten Zone der breite Gürtel des *Waldgebietes* an. Lärche, Birke und Fichte bilden die polare Waldgrenze. Die *Nadelwälder* des Nordens gehen südwärts in *Misch-* und *sommergrüne Laubwälder* über. Auf der Südhalbkugel der Erde fehlen infolge der geringen Landmassen Tundra- und Waldgebiet fast ganz.

In den subtropischen Zonen folgen auf die Waldgebiete *Steppen* mit Gräsern, Stauden und niedrigen Sträuchern. Im *pontisch-zentralasiatischen Florengebiet* bilden xerophytische Pflanzen (s. S. 172) eine geschlossene Pflanzendecke, aus deren mildem Humus die Schwarzerde hervorgegangen ist. In den Flußniederungen gedeihen Reis, Baumwolle und Weizen. Durch künstliche Bewässerung lassen sich die Steppengebiete in fruchtbare Ländereien verwandeln. (Projekt der Bewässerung der Karakum-Wüste von Ob und Irtysch aus.)

Im *mediterranen Florengebiet* herrschen trockene Sommer und milde, regenreiche Winter. Als Folge davon entwickelte sich an den Küsten und auf den Inseln des Mittelmeeres eine eigenartige Flora von *Hartlaubgehölzen.* Unter den vielen immergrünen Pflanzen fallen Pinien und Zypressen auf. An Nutzpflanzen ist der Ölbaum für dieses Gebiet charakteristisch. Daneben spielen Zitrone, Orange, Feige, Melone und Mais eine Rolle. Jahrhundertelange planlose Eingriffe des Menschen haben die Gehölze rings um das Mittelmeer vielfach in ein Macchie genanntes Gebüsch umgewandelt.

Die beiden Tropenreiche von Afrika — Asien und Amerika sind durch die Palmen gekennzeichnet. Die regenreichen Teile sind mit *tropischen Regenwäldern* bedeckt, in denen das pflanzliche Leben am höchsten entfaltet ist. In ihnen herrscht eine wenig schwankende, nicht unter +20° C sinkende Temperatur, und die Niederschlagsmenge von über 1000 mm ist gleichmäßig über das Jahr verteilt. In den Regenwäldern finden sich viele Lianen und Epiphyten (s. S. 147). Immergrüne Laubbäume herrschen vor, Nadelhölzer fehlen fast ganz. Im *indomalaiischen Florengebiet* (Vorder-, Hinterindien, malaiische Inseln) wechseln ausgeprägte Trocken- und Regenzeiten miteinander ab; dort erstrecken sich die regengrünen *Monsunwälder,* in denen der wegen seines widerstandsfähigen Holzes geschätzte Teakbaum häufig ist.

In den trockeneren Teilen der Tropenreiche überwiegen die *Trockenwälder,* lichte Parklandschaften xerophytischer Bäume. Bei zunehmender Trockenheit wird der Wald zu einem an Sukkulenten reichen *Dornbusch* (Südafrika, Australien). Unter ähnlichen Verhältnissen gedeihen im mexikanischen Hochland Kakteen, Agaven und Yucca. Andere Trockenwälder leiten zu den mit übermannshohen xerophytischen Grashorsten bedeckten tropischen *Grasfluren* über, die während der Trockenzeit verdorren (Prärien, Pampas). Sind sie mit einzelnen Bäumen (Affenbrotbaum, Schirmakazie) oder Baumgruppen durchsetzt, nennt man die Grasfluren *Savannen.*

In den Küstensümpfen der Tropen und teils auch der Subtropen wächst waldartig die *Mangrove,* deren Stelz- und Atemwurzeln zur Ebbezeit aus dem Wasser ragen (s. S. 171).

Eine geringere Ausdehnung als die bisher genannten Florenreiche haben die des Kaplandes, Australiens und der Antarktis. Das **kapländische Florenreich,** das kleinste von allen, hat trockene, warme Sommer und regenreiche Winter. Hartlaubheiden aus meist einjährigen Pflanzen und immergrüne Hartlaubgebüsche bedecken weithin das Land. Mit Ausnahme kleiner Bestände an der Südküste trifft man hier keine Bäume an. Kennzeichnend für das Kapland sind die zahlreichen Arten der Gattung *Erica* und *Pelargónium.*

Der mittlere Bezirk des **australischen Florenreiches,** eine trockene Wüste oder Steppe, hat einen ärmlichen und eintönigen Pflanzenwuchs. An der Nord- und Ostküste findet man Regenwälder und Eukalyptuswälder. Im südwestlichen Bezirk Australiens sind viele endemische Arten („Grasbäume", Hartlaubgehölze) heimisch.

Zum **antarktischen Florenreich** gehört der südwestlichste Teil Südamerikas. Auf den antarktischen Inselgruppen entwickeln sich Sträucher nur dürftig; Baumbewuchs fehlt vollständig. Dagegen weist das Feuerland moos- und farnreiche, immergrüne Laubwälder auf, für die das Vorkommen der antarktischen Buchen charakteristisch ist.

Die Pflanzenwelt der verschiedenen Florenreiche ist mitbestimmend für die in ihnen heimische Tierwelt. Andererseits sind viele Pflanzen zu ihrer Vermehrung und Verbreitung auf die Tierwelt ihres Wohngebietes angewiesen.

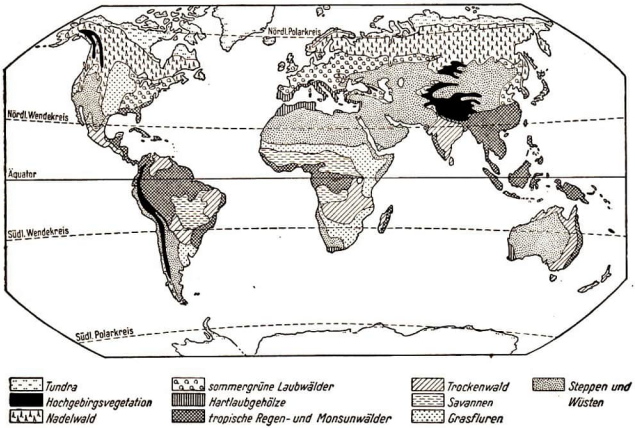


Abb. 209. Florengebiete der Erde

DRITTER TEIL: **Pflanze und Umwelt**

Wachstum und Entwicklung der Pflanze sind von der Umwelt, d. h. von den äußeren Lebensbedingungen, abhängig. Alle Faktoren der Umwelt wirken auf die Pflanze ein: der Boden, das Klima, andere Pflanzen, Tiere, vor allem aber der Mensch. Das Verhältnis der Pflanze zur unbelebten Umwelt untersucht die **Pflanzenökologie** (Standortlehre), das zur lebenden Umwelt die **Pflanzensoziologie** (Gesellschaftslehre).
Pflanze und Umwelt bilden eine Einheit. Jede Pflanze ist auf eine bestimmte Umwelt eingestellt, besitzt aber, ihrer Anlage entsprechend, ein mehr oder weniger weitgehendes Vermögen, sich Umweltänderungen anzupassen. Nehmen wir eine Pflanze aus ihren gewohnten Lebensverhältnissen heraus, so verändert sie sich und stellt sich auf die neuen Gegebenheiten um, oder sie geht zugrunde, falls der Rahmen ihrer *Anpassungsfähigkeit* überschritten ist. So erfrieren z. B. bei uns Tomaten und Bohnen unterhalb einer bestimmten Temperatur, weil sie aus wärmeren Gegenden stammen; wir dürfen sie deshalb nicht vor Mitte Mai ins Freie bringen.

A. PFLANZE UND BODEN

Mit **Boden** *bezeichnen wir die oberste, dünne, pflanzentragende Verwitterungsschicht der Erdrinde.* Von seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit hängen im wesentlichen die Lebensmöglichkeiten der verschiedenen Pflanzen ab. Unsere Kulturpflanzen wachsen und gedeihen nur dort, wo der Mensch den Boden bearbeitet.

I. Bestandteile des Bodens

Der Boden entsteht durch die Verwitterung der Gesteine, wird aber erst durch die Tätigkeit niederer Lebewesen (Bakterien, Pilze, Flechten, Moose) aus dem rein mineralischen Urboden zum humushaltigen Wachstumsboden, wie ihn die höheren Pflanzen brauchen. Untersuchen wir eine Bodenprobe, so stellt sie sich uns als ein Gemenge von größeren und kleineren *Gesteinstrümmern* und dunklem *Humus* dar, durchsetzt von *Wasser, Salzen, Luft* und im Boden lebenden Pflanzen und Tieren, den *Bodenorganismen.*
Die festen Teilchen können wir nach ihrer Größe trennen. Wir füllen dazu einen Glaszylinder zu einem Drittel mit Gartenerde, gießen ihn voll Wasser und rühren

mit einem Glasstab tüchtig um. Lassen wir dann den Zylinder ruhig stehen, so sinken die festen Teilchen zu Boden, zuerst die gröbsten, zuletzt die feinsten. Wenn wir einen Tropfen des darüberstehenden klaren Wassers auf einem Objektträger verdunsten lassen, erkennen wir bei schwacher Vergrößerung kleine Kristalle: der Boden enthält wasserlösliche *Salze*.
Die Bodenteilchen werden nach ihrer Größe, der *Korngröße*, eingeteilt (Tabelle VII).

TABELLE VII: **Korngröße der Bodenteilchen**

Bodenteilchen	Korngröße	Durchmesser
Steine	über Walnußgröße	größer als 20 mm
Kies	Nuß- bis Senfkorngröße	20—2 mm
Grobsand	Senfkorn- bis Grießgröße	2—0,1 mm
Feinsand	Körner erkennbar und fühlbar	0,1—0,05 mm
Staub (Schluff)	Körner eben noch fühlbar	0,05—0,01 mm
Ton	Körner nicht fühlbar	kleiner als 0,01 mm

Im Boden bilden die gröberen Bestandteile das *Skelett*, die kleineren die *Feinerde*. Das Skelett ist das Gerüst des Bodens, gibt ihm Halt und verhindert, daß die Feinerde zu einer dichten, kompakten Masse wird. Zur Feinerde rechnen wir den anorganischen *Ton* und den organischen *Humus*.
Unter **Humus** verstehen wir die Gesamtheit aller organischen Stoffe des Bodens, also Abfall- und Verwesungsstoffe der Pflanzen und Tiere mit den darin lebenden Kleinlebewesen. Wir unterscheiden zwei Arten von Humus. Unter *Nährhumus* verstehen wir diejenigen Stoffe, die den Bodenorganismen als Nahrung dienen; er wird von ihnen leicht zersetzt und liefert in den Stoffwechselprodukten rasch Kohlendioxyd und die für Boden und Pflanze so wertvollen Nährsalze. Der *Dauerhumus* enthält organische Stoffe, die nur ganz allmählich von den Bodenorganismen zersetzt werden; er ist deshalb eine Nährstoffreserve auf lange Sicht. Ihm sind zum großen Teil die günstigsten Eigenschaften der Schwarzerde- und anderer fruchtbarer Böden zuzuschreiben. Humus und Ton bilden eine Einheit, den Ton-Humus-Komplex. Sie sind die eigentlichen Träger der *Bodenfruchtbarkeit*. Infolge der geringen Größe ihrer Teilchen haben sie eine riesige Oberfläche, umschließen winzige Spalten und Hohlräume und saugen mit diesen *kapillar* Wasser an.
Diese Saugkraft des Bodens wird sichtbar, wenn wir ein langes, 2 cm weites Glasrohr am unteren Ende mit Stoff zubinden, mit lufttrockenem Erdreich füllen und in eine Glasschale mit Wasser stellen. Durch die Kapillarkraft steigt dieses hoch (Abb. 210).
Humus und Ton sind **Kolloide.** Das sind Stoffe, die bei Feuchtigkeit stark aufquellen (wie Tischlerleim im Wasser) und so das Wasser *kolloid* festhalten. Sie *adsorbieren* auch

Abb. 210. Saugkraft des Bodens.
a Sand-, *b* Tonboden

die im Boden gelösten Nährsalze, d. h., sie binden und speichern sie und bewahren sie davor, vom Regenwasser ausgewaschen zu werden.

Um diese Vorgänge zu zeigen, füllen wir ein Gefäß (Abb. 211) mit lufttrockener Erde und gießen durch das Trichterrohr langsam 0,1%ige Lösung von Kaliumkarbonat (K_2CO_3) ein, bis die Flüssigkeit über der Erde steht. Während rotes Lackmuspapier im Trichter blau wird, bleibt es in der durch die Erde gegangenen Flüssigkeit unverändert. Die Erde hat also das Kaliumsalz zurückgehalten. Die Ackerböden Deutschlands haben im allgemeinen einen Humusgehalt von 1 bis 2%, die Schwarzerden der Magdeburger Börde bis 7%. In der Ukrainischen Sozialistischen Sowjetrepublik beträgt der Humusgehalt des Bodens sogar bis 16%.

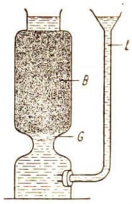


Abb. 211. Speicherung von Nährsalzen im Boden. *B* Boden, *G* Glaswolle, *L* Salzlösung

Bodengare. Humus und Ton haben als Kolloide ein gewisses Klebevermögen und machen den Boden „bindig". Hat diese Bindigkeit den rechten Grad, so vereinigen sich 20 bis 50 Einzelbodenteilchen zu Gruppen von 2 bis 4 mm Durchmesser, den *Krümeln* (Abb. 212). Boden mit **Krümelstruktur** (Abb. 213b) schließt reichlich Luft und Wasser ein; dadurch wird er locker, so daß er beim Überschreiten elastisch ist, sich leicht bearbeiten läßt und eine lebhafte Bakterientätigkeit zeigt. Diesen für das Pflanzenwachstum günstigsten Zustand des Bodens bezeichnen wir als *Gare*. Der Boden enthält dann etwa 50% Bodensubstanz und 50% Hohlräume, die zur einen Hälfte nichtkapillar und lufthaltig, zur anderen kapillar und wasserführend sind (Abb. 213c).

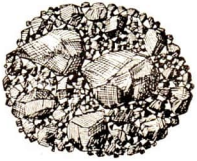


Abb. 212. Krümel

Durch längeren Regen oder durch häufiges Gießen zerfallen die Krümel, und die Gare wird zerstört. Die Teilchen lagern sich in Einzelstruktur nebeneinander und bilden einen schmierigen Brei, dessen Hohlräume mit Wasser gefüllt sind.

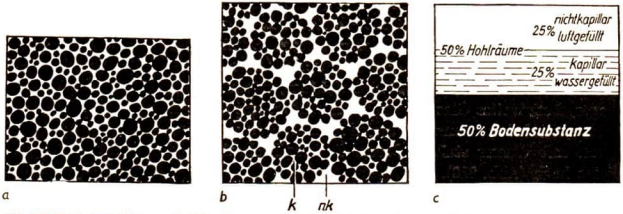


Abb. 213. Die Bodenhohlräume, *a* bei Einzelstruktur, *b* bei Krümelstruktur; *k* kapillare Hohlräume < 0,03 mm, *nk* nichtkapillare Hohlräume > 0,03 mm. *c* Die Verteilung von Bodensubstanz, Luft und Wasser bei guter Krümelstruktur

Beim Trocknen verkrustet solcher Boden (Abb. 213 a). Darum muß die auf diese Weise zerstörte Krümelstruktur durch Bodenbearbeitung, z. B. durch Hacken, wiederhergestellt werden (s. S. 163). Nach ihrer Eignung für die Landwirtschaft unterscheiden wir eine Reihe von Bodenarten (Tab. VIII).

TABELLE VIII: **Die Bodenarten und ihre Eigenschaften**

Bodenart		Wasserhaltung, kapillare Hubhöhe	Erwärmung	Durchlüftung	Nährsalzgehalt	Eignung
Sandboden	leichter Boden	gering, leicht austrocknend, 0,25 m	schnell, rasch abkühlend	sehr gut, $\frac{1}{1}$	gering, rasch ausgewaschen, Dünger rasch zersetzt	schlecht, braucht viel Düngung
Lehmboden	schwerer Boden	gut, 0,5 m	gering, kalter Boden	erschwert, $\frac{1}{100}$	gut, leicht absorbierbar	bei reichlicherem Sandgehalt gut, Krümelbildung günstig
Tonboden	schwerer Boden	sehr gut, 1,25 m	schlecht, kalter Boden	schlecht, $\frac{1}{1000}$	sehr gut	bei Einzelstruktur unfruchtbar, bei Krümelstruktur recht leistungsfähig, leicht verkrustend
Kalkboden	leichter Boden	gut bis mäßig	gut	sehr gut	sehr gut, Dünger rasch zersetzt	je nach Tongehalt gute Krümelung und gute Gare
Humusboden (Moorboden)	leichter Boden	reichlich, sehr gut	schlecht, kalter Boden	gering	naß ungeeignet: Entwässerung. Flachmoor: reich an Kalk und Stickstoff. Hochmoor: sehr arm an Stickstoff, Kalk, Kali; sauer	

Gewisse Bodenarten beeinflussen weitgehend die *Verbreitung* vieler Pflanzen. Wir reden z. B. von Fels-, Dünen-, Moorpflanzen u. a. Manche Pflanzenarten sind derart an eine bestimmte Bodenbeschaffenheit gebunden, daß man sie als „Bodenanzeiger" benutzen kann. Stark salzhaltige Böden am Meeresufer, um Salzquellen, in Salzsteppen und Salzwüsten wirken auf die meisten Pflanzen giftig. Einzelne Arten aber ertragen größere Salzmengen. Solche Salzpflanzen (Halophyten) haben dickfleischige Blätter, also einen sukkulenten Bau (s. S. 172), z. B. der Queller

(Salicórnia herbácea), die Salzaster *(Áster tripólium)*, das Salzkraut *(Salsóla káli)* u. a.
In einem eigenartigen Gegensatz zueinander stehen Kalk- und Kieselböden. Kalkböden sind artenreich, Kieselböden artenarm und eintönig. Es gibt ausgesprochen *kalkfliehende* Pflanzen (Waldschmiele, Adlerfarn) und *kalkliebende* (Ackerhahnenfuß, Luzerne, Ackersenf). Oft stellen nahe verwandte Pflanzen ganz verschiedenartige Bodenansprüche und kommen deshalb nicht nebeneinander vor. Derartige sich gegenseitig ausschließende (vikariierende) Arten sind unter den Kalkpflanzen die Echte Kamille *(Matricária chamomílla)* und die Schneeheide *(Eríca cárnea)*, unter den Kieselpflanzen die Geruchlose Kamille *(Tripleurospérmum inodórum)* und das Heidekraut *(Callúna vulgáris)*.

II. Bodenorganismen

Die Eigenschaften des Bodens, vor allem seine Fruchtbarkeit, werden in hohem Maße von den in ihm lebenden Organismen mitbestimmt: Urtierchen, Würmern, Insekten, Milben, Mäusen, Maulwürfen – Pilzen, Bakterien, Algen. Die **Bodentiere** zerkleinern und durchmischen die organischen und anorganischen Bodenbestandteile. In einem Fingerhut voll guter Ackererde leben allein gegen 30000 mikroskopisch kleine Fadenwürmer. Eine hervorragende Rolle spielt der Regenwurm. Täglich wandert etwas Erde durch seinen Darm und wird in Häufchen an der Oberfläche der Bodenkrume abgesetzt. Die unteren Schichten werden dadurch nach oben gebracht, der Boden wird gelockert und bietet der Pflanze günstige Wachstumsbedingungen. Je mehr Regenwürmer ein Boden hat, desto fruchtbarer ist er.
Die wichtigsten Bodenorganismen sind Pilze und Bakterien. Die **Pilze** leben vor allem in sauren Wald- und Heideböden. Als heterotrophe Pflanzen brauchen sie organische Stoffe (s. S. 59). Ihr Myzel durchwächst die Pflanzenrückstände (z. B. Baumstümpfe), zersetzt sie und verwandelt sie in Humus (Mulm).

Die **Bodenbakterien** bevölkern den Boden in riesigen Mengen. Am bakterienreichsten ist die obere Schicht der Erdkrume; schon in 50 cm Tiefe ist der Boden fast steril. In 1 g Boden leben 100000 Bakterien und mehr (neben 50000 bis 100000 Algen und 10000 Urtierchen). Je reicher an Bakterien der Boden ist, um so besser ist seine Krümelbildung. Die Umsetzungen, die die Lebensprozesse der Bakterien hervorrufen, sind für die Umwandlung der Stoffe von grundlegender Bedeutung. Die *Fäulnisbakterien* (s. S. 78) zerstören die Eiweißmoleküle der Abfallstoffe. Dabei rufen sie dort, wo genügend Luftsauerstoff zutritt, *Verwesung* hervor: die organische Substanz wird vollständig abgebaut. In tieferer, luftabgeschlossener Lage tritt *Fäulnis* ein: die organische Substanz wird nur teilweise zersetzt, und kohlenstoffreiche Massen bleiben unter Abspaltung von Ammoniak, Kohlendioxyd, Stickstoff, Schwefelwasserstoff u. a. zurück. Die stickstofffreien Kohlenhydrate werden von *Gärungs*erregern abgebaut (s. S. 58).

Das **Kohlendioxyd,** das einem gut gelockerten Boden ständig entströmt, entstammt sowohl den biologischen Zersetzungsprozessen im Boden als auch der Atmung der Pflanzenwurzeln, Kleinlebewesen und Bodentiere. Wir bezeichnen diesen Vorgang als *Bodenatmung*. Die Bodenluft enthält dadurch rund 0,3 bis 1% Kohlendioxyd, gegen nur 0,03% der atmosphärischen Luft. Dieser Kohlendioxydstrom ist für das Pflanzenwachstum außerordentlich günstig. Nur durch ihn können unsere Kulturpflanzen die Assimilation so steigern, daß Höchsterträge erzeugt werden. Die Zuckerrübe z. B. verbraucht bei einer Ernte von 300 dz Rüben und der entsprechenden Blättermenge je Hektar 100 dz Kohlendioxyd.

Kreislauf des Stickstoffs. Die Bedeutung der Bodenbakterien tritt bei der Umsetzung der organischen Stickstoffverbindungen besonders klar zutage. Der Stickstoff wird von der grünen Pflanze als anorganisches Salz aufgenommen – bei

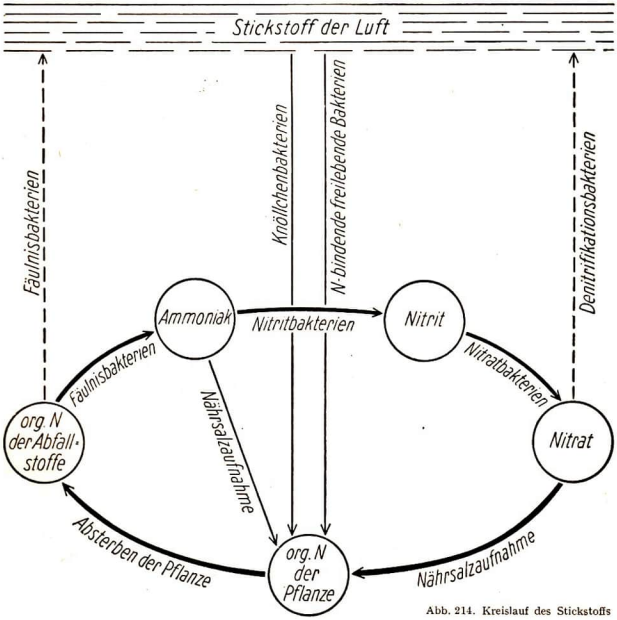


Abb. 214. Kreislauf des Stickstoffs

Kartoffel, Hafer, Buchweizen vorwiegend als Ammoniaksalze, sonst meist als Salpeter (Nitrat). Er wird zum Aufbau von Eiweißen verwendet. Sobald die Pflanzen absterben, beginnt unter der Einwirkung verschiedener Bodenbakterien die Zersetzung der stickstoffhaltigen Eiweißstoffe, bis am Schluß wieder Salpeter entsteht. Zunächst spalten Fäulnisbakterien den Stickstoff als gasförmiges Ammoniak ab. Durch sogenannte Nitritbakterien wird das Ammoniak dann mit Hilfe von Luftsauerstoff zu Nitrit, dieses sofort von Nitratbakterien zu Nitrat oxydiert. Diese Salpeterbildung nennen wir *Nitrifikation*, die dabei beteiligten Bakterien *nitrifizierende Bakterien* (s. S. 55). Durch Fäulnis und Nitrifikation wird also der in organischen Verbindungen gebundene Stickstoff nach einem Kreislauf in seine anorganische Ausgangsform zurückgeführt (Abb. 214).

In den Kreislauf des Stickstoffs sind noch einige weitere Vorgänge eingeschaltet. Bestimmte Bakterien, „*Salpeterfresser*", bauen Salpeter zu gasförmigem, für die meisten Pflanzen wertlosem Stickstoff ab. Diese Stickstoffentbindung *(Denitrifikation)* bringt demnach der Landwirtschaft Verluste. Da manche Fäulnisbakterien gasförmigen Stickstoff abspalten, wird auch dadurch der Vorrat des Bodens an Salpeterstickstoff verringert.

Wichtig ist die Tätigkeit der *Stickstoffsammler*, die befähigt sind, den *Stickstoff der Luft zu binden*. Solche Bakterien finden sich freilebend in fast jedem Boden *(Azotobácter chroocóccum* streng aerob und *Bacíllus amylobácter* streng anaerob*)*; sie binden je Hektar etwa 30 bis 40 kg Stickstoff im Jahre. Sie finden sich außerdem in *Symbiose* mit Hülsenfrüchtlern als *Knöllchenbakterien (Bactérium radicícola)*. Auch diese Bakterien leben zunächst in Form begeißelter Stäbchen frei im Boden, dringen aber, wenn sie auf keimende Hülsenfrüchtler treffen, in deren Wurzelgewebe ein und verursachen Wucherungen, *Knöllchen* (Abb. 215). Im Protoplasma der Knöllchenzellen vermehren sich die Bakterien stark und verändern dabei ihre Gestalt zu lappig verzweigten Formen. Die eingedrungenen Bakterien schmarotzen anfangs in den Zellen der Wirtspflanze sowohl in bezug auf die Kohlenhydrate als auch auf das Eiweiß. Erst nach ihrer Gestaltänderung erlangen sie die Fähigkeit, den Stickstoff der Bodenluft zu binden und zu Bakterieneiweiß zu assimilieren; man schätzt

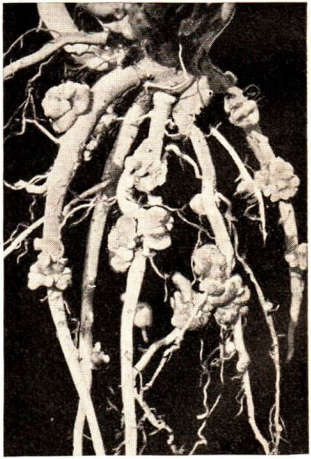


Abb. 215. Knöllchen einer Lupine

ihre Leistung auf 100 kg Stickstoff je ha. Wenn die Wirtspflanze zur Zeit der Blüte und der Samenreife besonders viel Stickstoff braucht, vollzieht sich ein Wechsel in der Richtung des Parasitismus: der Wirt verdaut die Bakterien und lebt von deren Stickstoffverbindungen. Die Erforschung dieser Symbiose brachte auch die wissenschaftliche Begründung der *Gründüngung*. Durch Umpflügen junger Hülsenfrüchtler wird der Boden mit Stickstoff angereichert, und die danach angebaute Pflanze findet einen genügenden Vorrat davon im Boden vor. Ein Lupinenfeld z. B. bindet durch die Tätigkeit der Knöllchenbakterien auf 1 ha 100 bis 200 kg Stickstoff.
Die außerordentliche Bedeutung der Pilze und Bakterien für die Fruchtbarkeit des Bodens liegt nicht nur in der Umsetzung der Bodensubstanzen, sondern auch darin, daß von ihrer kräftigen Entwicklung die *Krümelbeständigkeit* abhängt. Die Bakterien bilden Schleim und verkitten damit die Krümel; die Pilze umwachsen und durchwachsen sie mit ihren Fäden. Beide geben also den Krümeln Festigkeit und Halt und verhindern, daß die Krümelstruktur des Bodens bei Regen zusammenbricht (Abb. 213, S. 158). Je üppiger diese Lebewesen gedeihen, um so besser ist die *Bodengare*.

III. Pflege des Bodens

a) Bodenbearbeitung

Von der Betätigung im Garten her wissen wir, wie nötig es ist, den Boden richtig zu bearbeiten, um ihn in einen für das Wachstum der Pflanze geeigneten Zustand zu versetzen, d. h. die *Gare* zu erhalten oder wiederherzustellen. Dieser Aufgabe dient ein großer Teil der Arbeit in der Landwirtschaft. Man schafft sie mit den verschiedenen Ackergeräten, die den Boden teils lockern, teils verdichten. In garem Boden versickert das Regenwasser rasch, Luft dringt nach, und die Sonnenwärme wird leicht aufgenommen. Garer Boden wird im Frühjahr schnell warm, ohne sich im Sommer allzu stark zu erhitzen. Die nitrifizierenden Bakterien vermehren sich in ihm außerordentlich; der Stickstoffgehalt des Bodens steigt. Die Gesamtlebewelt des Bodens entwickelt sich günstig und schafft erst die volle Gare.
Zu der laufenden Bodenbearbeitung kommen noch bodenverbessernde Maßnahmen *(Melioration)*. Im wesentlichen handelt es sich darum, die Gesamtwasserführung des Bodens zu regeln und die Pflanzen in richtigem Maße mit Wasser und Luft zu versorgen. Dazu wird der Boden bewässert oder durch *Dränage* entwässert und der Grundwasserspiegel gesenkt. Dieser muß so liegen, daß ihn die Pflanzen mit ihren Wurzeln erreichen können (s. S. 39). Für die Pflanze ist vor allem das im Winter vom Boden aufgesogene und festgehaltene Regen- und Schmelzwasser wichtig. Deshalb muß der Boden noch im Herbst umgebrochen werden, damit das Wasser leicht eindringen kann.

b) Düngung

Wenn die Pflanzen ohne Eingriff des Menschen in regelmäßigem Rhythmus wachsen und vergehen, wird durch den Kreislauf der Stoffe der Nährsalzgehalt des Bodens immer wieder aufgefüllt. Das ändert sich jedoch grundlegend, sobald der Mensch in dieses Gleichgewicht eingreift, indem er etwa das Holz aus den Wäldern oder die Ernte von Feld und Wiese abfährt. Dabei werden alljährlich dem Boden beträchtliche Mengen an Nährsalzen entzogen (Tabelle IX).

TABELLE IX: **Nährsalzentzug**

Auf 1 ha entnommen in kg	K_2O	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	SiO_2
Wintergetreide	39,2	13,7	8,8	23,5	4,9	105,8
Sommergetreide	49	17,6	9,8	19,6	5,9	86,2
Hülsenfrüchte	58,8	58,8	15,7	27,4	9,8	9,8
Klee	117,5	117,5	41,1	35,3	11,8	19,6
Kartoffeln	105,8	35,3	19,6	33,3	15,7	7,8

Die Verwitterung sorgt zwar dafür, daß aus den unaufgeschlossenen, mineralischen Bestandteilen des Bodens, vor allem aus dem Untergrund, neue Nährsalze freigemacht werden; das genügt jedoch nicht. Besonders die drei Elemente Stickstoff, Kalium und Phosphor sind infolge der landwirtschaftlichen Nutzung fast überall in ungenügender Menge vorhanden. Man muß sie darum durch *Düngung* dem Boden zuführen.

Der beste und auf die Dauer unentbehrliche Dünger ist der auf dem Bauernhofe anfallende **organische Wirtschaftsdünger:** Stallmist, Jauche u. a. Er hat einen hohen Gehalt an Stickstoff, Kalium und Phosphor und verbessert vor allem durch seine humusbildenden Bestandteile die Beschaffenheit des Bodens und seine Fruchtbarkeit.

Diese günstigen Eigenschaften erhält der Stalldung (ähnlich ist es mit den für die Gartendüngung verwandten Küchenabfällen u. a.) erst durch die *Verrottung* bzw. *Kompostierung:* sie ist eine vorbereitende Zersetzung der Zellulose durch anaerobe Bakterien. Dieser Prozeß ist notwendig, weil sonst der Überreichtum an Kohlenstoff, d. h. das zu „weite" *Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis* von rund 40 : 1, eine zu intensive Vermehrung von Bakterien herbeiführt. Diese legen dann den organisch gebundenen Stickstoff in ihrem Eiweiß fest, entziehen ihn so der Nitrifikation (s. S. 55, 162) und damit den Kulturpflanzen. Der Zweck der *Verrottung* ist also, einen großen Teil der überschüssigen Kohlenstoffverbindungen (Einstreu) vergären zu lassen und das Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis zu „verengen". Denn erst bei einem Verhältnis von 20 : 1 tritt eine geregelte Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs zu Ammoniak und Nitrat ein. Bei der Verrottung entsteht zugleich ein die Fruchtbarkeit des Bodens

begünstigender Humus. Verrotteter Stallmist besteht zu einem Drittel seiner organischen Substanz aus stickstoffreichem Dauerhumus und zu zwei Dritteln aus Nährhumus (s. S. 157).

Mit dem wirtschaftseigenen, organischen Dünger kommen dem Boden nur die Nährsalze wieder zugute, die in dem im Bauernhofe selbst verbrauchten Ernteanteil enthalten sind. Die Nährsalze in dem aus der Wirtschaft ausgeführten Anteil gehen verloren. Diesen Nährsalzmangel beheben die **mineralischen Dünger,** d. h. vom Handel bezogene, heute in erster Linie chemisch oder im Bergbau gewonnene Düngemittel. Sie sind bei richtiger Abstufung der Nährsalze untereinander und zusammen mit organischem Dünger das wirksamste Mittel, die Ernteerträge zu erhöhen. Mit organischer Düngung allein sind Höchsternten nicht zu erzielen.

Stickstoffdünger wird von der chemischen Industrie hergestellt (z. B. Leuna-Werke „Walter Ulbricht"). *Kalidünger* steht uns in den Kalisalzlagerstätten in genügender Menge zur Verfügung; *Phosphordünger* dagegen muß eingeführt werden. Eine Sonderstellung nimmt der *Kalkdünger* ein. Wir kalken in der Regel den Boden nicht, um ihm einen Nährstoff zuzuführen, sondern um die Bodeneigenschaften zu verbessern: Kalk regelt den Säuregrad des Bodens, begünstigt die Krümelstruktur und die Entwicklung der Bodenbakterien.

Zwei Nährstoffe zugleich enthält der *Mischdünger*. Im *Volldünger* sind sowohl Stickstoff als auch Phosphor und Kali vorhanden.

Für die Beurteilung des Bodens spielt sein **Säuregrad** eine wichtige Rolle, da dieser die Tätigkeit der Mikroorganismen und das Wachstum unserer Kulturpflanzen stark beeinflußt. Man mißt ihn durch die Bestimmung der *Wasserstoffionenkonzentration* und bringt ihn mit dem Symbol p_H zum Ausdruck. Dabei bedeutet $p_H = 7$: neutral, $p_H < 7$: sauer, $p_H > 7$: alkalisch.

c) Fruchtwechsel und Brache

Häufiger Wiederanbau einer Kulturpflanze auf dem gleichen Acker führt – bei der einen rascher, bei der anderen langsamer – zu einem Rückgang der Ernte; es stellt sich eine *Bodenmüdigkeit* ein. Jede Kulturpflanze entzieht dem Boden aus der immer gleichen Tiefenschicht die gleichen Nährstoffe, so daß dort der Boden an Nährstoffen verarmt, „müde" wird. Außerdem besteht bei wiederholtem Anbau ein und derselben Pflanze für den Boden eine doppelte Gefahr. Die auf die betreffende Pflanze eingestellten Krankheitserreger und Schädlinge wie auch bestimmte Unkräuter nehmen überhand. Weiter kann die Pflanze durch Stoffe, die sie mehrere Jahre hintereinander ausscheidet, den Boden vergiften und für ihr eigenes Gedeihen untauglich machen. Man hat festgestellt, daß die Ernteerträge bei solchen „mit sich unverträglichen" Pflanzen um so höher sind, je seltener sie auf demselben Felde angebaut werden. Ausnahmen sind nur bei einigen „selbstverträglichen" Pflanzen, z. B. Tabak, Bohne und Sojabohne, möglich, die immer üppiger gedeihen, je öfter sie auf dem gleichen Boden angebaut werden.

Die Kenntnis dieser biologischen Zusammenhänge und wirtschaftliche Überlegungen bestimmen die Landwirtschaft, einen *Fruchtwechsel* vorzunehmen, wobei jedoch die Reihenfolge der Feldfrüchte nicht beliebig sein kann. Man läßt auf Tiefwurzler (Rübe, Hülsenfrucht, Rotklee, Raps) Flachwurzler folgen (Getreide, Kartoffel), auf Blattfrüchte Halmfrüchte, auf Stickstoffmehrer (Hülsenfrüchte) Stickstoffzehrer (Weizen). Stallmistdüngung und Gründüngung werden im Fruchtwechsel so verteilt, daß die Pflanzen mit den größten Ansprüchen (Hackfrüchte) den Stallmist erhalten.

Um die Einführung der **Fruchtwechselwirtschaft,** in der Getreide mit Hackfrüchten oder Hülsenfrüchten wechselt, hat sich in Deutschland *Albrecht von Thaer* (1752–1828) bemüht. Sein in den Jahren 1809–1812 veröffentlichtes Werk „Grundzüge der rationellen Landwirtschaft" wurde in viele Sprachen übersetzt. Er wandte die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse auf die Landwirtschaft an, förderte den Kartoffelbau und die Schafzucht und errichtete eine landwirtschaftliche Lehranstalt.

Das ursprüngliche **Fruchtfolgesystem** war in Deutschland die *Dreifelderwirtschaft:* Wintergetreide – Sommergetreide – Brache.

Die Brache (brechen, umbrechen) ist ein unbebauter Acker. Die *Schwarzbrache* verzichtet auf eine ganze Jahresernte, die *Teilbrache* auf die Ernte einer Jahreszeit. Während der Brache soll sich der Boden „ausruhen" und seine Fruchtbarkeit wiedergewinnen.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts setzte sich die *verbesserte Dreifelderwirtschaft* durch, die die Brache wie folgt bebaute: Rüben oder Kartoffeln – Sommergetreide – Wintergetreide – Kartoffel – Hafer – Roggen (Abb. 216).

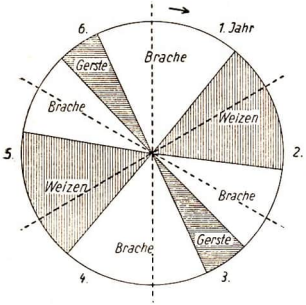
Wie in einer *Vierfelderwirtschaft* die Feldfrüchte einander folgen können, zeigt ein Beispiel (Tab. X).

TABELLE X: **Fruchtwechsel**

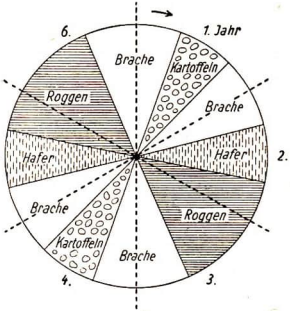
Feld	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
I	Weizen	Rüben	Gerste	Hülsenfrucht
II	Rüben	Gerste	Hülsenfrucht	Weizen
III	Gerste	Hülsenfrucht	Weizen	Rüben
IV	Hülsenfrucht	Weizen	Rüben	Gerste

Die kurze Zeitspanne zwischen dem Anbau zweier Hauptfrüchte wird durch die Aussaat von *Zwischenfrüchten* überbrückt. Sie dienen der Gründüngung oder der Gewinnung eiweißreicher Futtermassen (Lupine, Weißer Senf, Stoppelrübe, Rübsen, Spergel).

Langwährende landwirtschaftliche Nutzung eines Bodens mindert die Fruchtbarkeit und die Ernteerträge; in der vegetationslosen Zeit nach der Ernte verliert der Boden seine Krümelstruktur und sein Wasserspeicherungsvermögen. Von dieser Erkenntnis ausgehend entwickelte der sowjetische Agrobiologe *W. R. Wiljams*

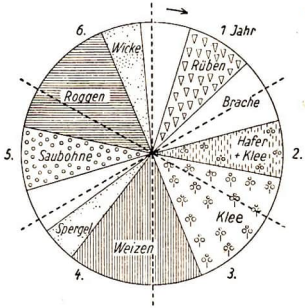


Dreifelderwirtschaft



verbesserte Dreifelderwirtschaft

Abb. 216. Fruchtfolgesysteme



Fruchtwechselwirtschaft

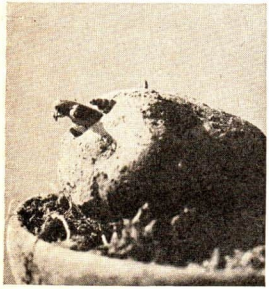
das **Trawopolnajasystem** (s. S. 211), nach dem auch bei dauernder Nutzung die Krümelstruktur des Bodens erhalten bleibt bzw. wiederhergestellt wird. Bei ihm werden im Wechsel mit Getreide und anderen Kulturpflanzen zwei bis drei Jahre lang Futterpflanzengemische aus mehrjährigen Gräsern und Schmetterlingsblütlern angebaut. Diese Futterpflanzen liefern nicht nur ein wertvolles Viehfutter, sondern verbessern mit ihrem dichten Wurzelnetz auch die Struktur des Bodens. Dazu kommen weitere Maßnahmen der Bodenpflege; sofort nach der Ernte werden die Stoppelfelder geschält, damit sich das Unkraut nicht ausbreiten und das Regenwasser eindringen kann; erst im Herbst werden sie tief umgepflügt. Düngung mit natürlichem und mineralischem Dünger und künstliche Bewässerung erhöhen die Wirkung. Wo in der UdSSR das Trawopolnajasystem bereits zur Anwendung kam, sind z. B. die Sommerweizenerträge um mehr als 8 dz/ha gestiegen, und selbst in den schlimmsten Dürrejahren sind die Erträge nur unbeträchtlich zurückgegangen.

B. PFLANZE UND KLIMA

Das Leben der Pflanze wird ständig von den jeweiligen klimatischen Verhältnissen, also von Licht, Temperatur, Feuchtigkeit und Luftbewegung, beeinflußt. Diese Abhängigkeit wird auch in der geographischen Verbreitung der Pflanzen, die im großen und ganzen den Klimazonen entspricht, sichtbar (s. S. 155).

I. Licht

Jede autotrophe Pflanze braucht für die Photosynthese eine gewisse Menge Licht. *Schattenpflanzen* (z. B. Waldmeister) sind auf eine geringe Lichtintensität eingestellt, *Sonnenpflanzen* (z. B. Kürbis) beanspruchen volles Sonnenlicht. Fehlt das Licht, so stellt sich bei vielen Pflanzen die uns von der im Keller lagernden Kartoffel bekannte *Vergeilung* ein: die Stengelglieder werden unter Umständen meterlang, die Blattspreiten bleiben klein, und die ganze Pflanze hat ein bleiches, gelbliches Aussehen, da kaum Chlorophyll gebildet wird (Abb. 217).
Der Bau der Blätter ist von der *Lichtfülle* abhängig; es lassen sich *Sonnenblätter* und *Schattenblätter* unterscheiden (Abb. 218). Die Blätter der Rundblättrigen Glockenblume werden bei schwacher Belichtung kurz und rundlich, bei starker schmal und lang (Abb. 219).
Für die Blütenbildung der höheren Pflanzen ist – neben der Temperatur – die *Tageslänge* ausschlaggebend. Man unterscheidet danach drei Gruppen von Pflanzen. Die **Langtagspflanzen** kommen nur zur Blüte, wenn die Tageslänge 12 bis 14 Stunden und noch mehr beträgt (Roggen, Weizen, Gerste, Hafer,



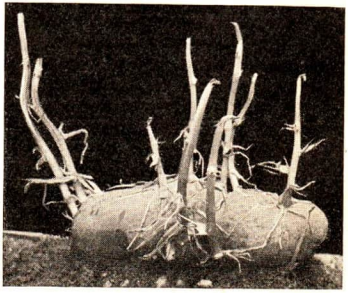


Abb. 217. Vergeilung. Links Kartoffel im Licht keimend, rechts im Dunkeln keimend

Zuckerrübe, Erbse, Spinat, Kopfsalat). Auf eine Verkürzung der täglichen Belichtungsdauer unter 12 Stunden reagieren sie mit Verzögerung der Blüten- und Samenbildung und mit einer Verminderung des Samenertrages, aber mit einer Erhöhung des Ertrages vegetativer Pflanzenteile (Stroh). So gibt Spinat nur im Frühjahr und gegen den Herbst hin gute Ernten, weil die Belichtungsdauer 12 Stunden nicht überschreitet. Wird er im Sommer gesät, so schießt und blüht er sofort. Die **Kurztagspflanzen** setzen schon bei kürzerer Belichtung von täglich 10 bis 12 Stunden rasch Blüten an, wachsen aber bei langer Einwirkung des Tageslichtes rein vegetativ (Hirse, Hanf, Sojabohne). Die **Tagneutralen** endlich sind von der Tageslänge unabhängig (Sonnenblume). Den Einfluß der Tageslänge auf Entwicklung und Blütenbildung nennt man **Photoperiodizität** (Abb. 220).

Abb. 218. Buchenblätter. *a* Sonnen-, *b* Schattenblatt. Vergr. 300

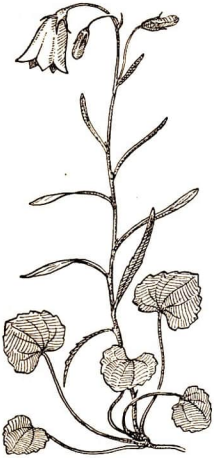


Abb. 219. Blattformen der Rundblättrigen Glockenblume

Abb. 220. Photoperiodizität (nach Biol. Zentralblatt 1948)

II. Temperatur

Die Vegetationsperiode der Pflanzen fällt im allgemeinen mit dem jahreszeitlichen Gang der Temperatur zusammen. Die Frühjahrstemperatur bewirkt das Austreiben der Knospen und das Keimen der Samen, die sommerliche Wärme führt zu Wachstum und Reife, die Herbstkühle bestimmt den Stillstand des Wachstums. Das Wachstum ist also an bestimmte Temperaturen gebunden. Es setzt bei einem Temperatur-Minimum ein, verläuft am raschesten im Temperatur-Optimum und wird jenseits eines Temperatur-Maximums eingestellt. Diese drei *Kardinalpunkte* liegen bei den einzelnen Pflanzen sehr verschieden (Tab. XI).

TABELLE XI:
Kardinalpunkte der Temperatur

Pflanze	Minimum in °C	Optimum in °C	Maximum in °C
Weizen	4	25	30
Roggen	1—2	25	30
Mais, Bohne	8	34	44
Kürbis	12	34	44
Tabak	13	28	35
Hanf	1	35	45
Tuberkelbazillus	30	37	?
Heubazillus	?	?	70
Algen heißer Quellen	?	?	83

Wasserarme Dauerformen, wie Sporen und Samen, vertragen trockene Temperaturen über 100° C und bis –258° C, gewisse Kieselalgen tiefe Temperaturen bis –200° C. Die Lärchen der sibirischen Taiga überstehen Temperaturen von –70° C. Viele krautige Pflanzen, z. B. das Gänseblümchen, können vollständig gefrieren, ohne Schaden zu nehmen. Der Tod durch Erfrieren beruht gewöhnlich darauf, daß bei der Eisbildung dem Protoplasma der Zellen zu rasch Wasser entzogen wird.
Zweijährige Pflanzen, wie Rübe, Kohl, Mohrrüben, Petersilie, Wintergetreide u. a., brauchen die Kälteeinwirkung des Winters, weil sie nur dann im zweiten Jahre zur Blüte kommen (s. Jarowisation S. 219).

III. Wasser

Von größtem Einfluß auf das Wachstum der Pflanze ist die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens (s. S. 39). So verbraucht z. B. der Weizen, um 1 g Körnermasse (rund 30 Körner) zu bilden, etwa 23 cm³ Wasser. In unserem Klima ist Wasser im allgemeinen knapp, in trocken-warmen Sommern reicht es nicht aus. Dann holt sich die Pflanze einen nicht unerheblichen Teil ihres Wassers mit den Blättern aus der Luft. In den frühen Morgenstunden ist nach kühlen Nächten

die Luft reich an Feuchtigkeit, die durch die Kutikula und die Spaltöffnungen aufgenommen wird. Nach dem Grade der Anpassung an den Feuchtigkeitsgehalt ihres Standortes unterscheiden wir gewisse Typen von Pflanzen.

Die **Wasserpflanzen** *(Hydrophyten)* können ganz untergetaucht leben (Laichkräuter, Wasserpest), oder sie haben Schwimmblätter, die der Wasseroberfläche aufliegen (Teichrose). Der Wasserhahnenfuß hat fädig aufgelöste Wasser- und flächige Schwimmblätter: beide Blattformen können, solange sie noch in der Entwicklung sind, bei einer Änderung des Wasserstandes umgeformt werden (Abb. 221). Manche Wasserpflanzen erheben ihre Sprosse über das Wasser (Pfeilkraut); sie leiten damit zu den **Sumpfpflanzen** über, die nur mit ihren Wurzeln im Wasser leben (Schilf, s. S. 178).

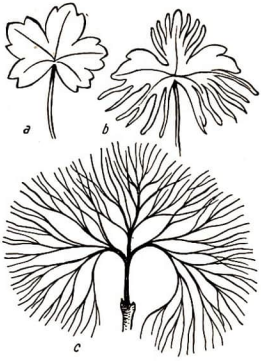


Abb. 221. Umbildung der Blätter vom Wasserhahnenfuß. *a* Schwimmblatt, *b* Zwischenform, *c* Wasserblatt

Viele Wasserpflanzen haben durch ihre reiche Gliederung eine große Oberfläche (Meerestange, Armleuchtergewächse, Tausendblatt, Hornblatt). Ihr reichgegliederter Thallus bzw. ihre dünnen, feinzerteilten Blättchen haben nicht nur die Funktion, die nötigen gelösten Gase aufzunehmen, sie nehmen auch Nährsalze auf. Den Wasserpflanzen steht zwar in ruhigem Wasser ebensoviel Kohlendioxyd zur Verfügung, wie in der Luft vorhanden ist (in 1 l Wasser bzw. Luft 0,3 cm^3), aber viel weniger Sauerstoff (in 1 l Luft 210 cm^3, in 1 l Wasser 6 cm^3). Die Unterwasserblätter haben keine, die Schwimmblätter nur an der Oberseite Spaltöffnungen. Durch weite Luftkanäle in Blättern und Blattstielen gelangt der Sauerstoff bis zu den Wurzeln. Die wasserleitenden Gefäße sind schwach entwickelt, da Transpiration und Wassertransport für die Hydrophyten eine geringe Rolle spielen. Auffallend große, mit Gasen gefüllte Zwischenzellräume geben der Pflanze den nötigen Auftrieb und begünstigen die Atmung (Abb. 222). Bei den Mangrovebäumen, Sumpfpflanzen schlammreicher tropischer Küsten, ragen aus dem sauerstoffarmen Wasser eigenartige Atemwurzeln (s. S. 154).

Die **Landpflanzen immerfeuchter Standorte** *(Hygrophyten)* sind reichlichem Bodenwasser und hoher Luftfeuchtigkeit angepaßt. Sie gedeihen deshalb am besten auf feuchten Wiesen, schattigem Walduntergrund und in tropischen Regenwäldern. Ihre großen dünnen Blätter besitzen transpirationsfördernde Einrich-

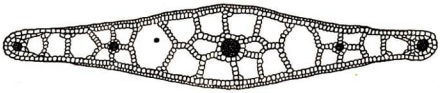


Abb. 222. Querschnitt durch ein Blatt von Vallisnéria. Vergr. 30

tungen: die Spaltöffnungen sind emporgehoben. Dadurch wird der „Zug" und damit die Verdunstung erhöht. Aus Wasserspalten kann bei hoher Luftfeuchtigkeit flüssiges Wasser abgeschieden werden (Abb. 66, S. 40). Hygrophyten unserer Wälder sind Springkraut, Sauerklee, Waldmeister und manche Farne. Sie gehen rasch ein, wenn der Wald geschlagen wird und sie schutzlos einer zu hohen Verdunstung ausgesetzt sind.

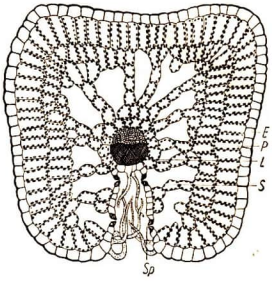


Abb. 223. Querschnitt durch ein Rollblatt vom Heidekraut.
E Epidermis, *L* Leitbündel, *P* Palisadenschicht, *S* Schwammschicht, *Sp* Spaltöffnung. Vergr. 350

Die **Landpflanzen trockener Standorte** *(Xerophyten)* finden sich bei uns in kleinem Ausmaße an Hängen, die der Sonne ausgesetzt sind und wasserdurchlässigen Boden haben. Die Hauptgebiete der Xerophyten sind indessen die Steppen und Wüsten. Sie entwickeln oft ein gewaltiges Wurzelwerk und nehmen damit das spärliche Wasser auf. Der Schmetterlingsblütler *Alhági camelórum*, eine kleine Dornstaude der vorderasiatischen Steppen und Wüsten, senkt seine Pfahlwurzel 30 bis 40 m tief bis zum Grundwasser hinab. Mannigfache Besonderheiten der Xerophyten sorgen dafür, daß die Transpiration herabgesetzt wird: die Blätter sind dick, ledrig, mit derber Kutikula, oft mit Wachs überzogen oder dicht mit toten Haaren besetzt (Abb. 19g, S. 17); vielfach sind die Spaltöffnungen in „windstille Täler" eingesenkt, die Blätter noch dazu gerollt (Abb. 223).

Äußerste Anpassung an die Trockenheit des Standortes zeigen die **Sukkulenten,** indem sie einerseits die Transpiration auf ein Minimum einschränken, andererseits in besonderen Geweben Wasser speichern. Die *Blattsukkulenten* (Mauerpfeffer, Hauswurz, Aloe, Agave) benutzen als Speicher die dicken, oft in Rosettenform stehenden Blätter (Abb. 58, S. 35). Die Stammsukkulenten (Kakteen, Wolfsmilcharten) haben ihren meist blattlosen Stamm als Wasserspeicher ausgebildet. Die kugeligen Formen vereinigen größten Rauminhalt mit kleinster Oberfläche. Die Transpiration eines Kugelkaktus ist 6000mal geringer als die eines gleich schweren, häufig an Lauben gepflanzten windenden Pfeifenstrauches *(Aristolóchia macrophýlla)* mit seiner großen Oberfläche.

IV. Wind

Der Wind kann der Pflanze nützen, ihr aber auch schaden. Förderlich, teils sogar unentbehrlich ist er für die Bestäubung vieler Pflanzen und für die Verbreitung von Sporen, Samen und Früchten. Diese sind schwerer als Luft und müssen deshalb nach unten fallen. Auf verschiedene Weise wird aber ihr Weg durch die Luft verlängert, so daß die Verbreitungsorgane auf größere Flächen verstreut

werden. Wir wissen, daß sich der Staub dank der im Verhältnis zum Gewicht großen, reibenden Oberfläche tagelang schwebend in der Luft halten kann. Auf dieselbe Weise bewegen sich die *Staubflieger*, die Sporen der Bakterien, Pilze, Moose und Farnpflanzen und der Blütenstaub der Windblütler. Eine Bakterienspore wiegt den tausendmillionsten bis billionsten Teil eines Grammes, eine Wurmfarnspore etwa 0,0000003 g. Ein ähnlich geringes Gewicht haben die staubfeinen Samen von Orchideen, Fetthenne und Fichtenspargel, die manchmal nur 0,0000001 g wiegen.

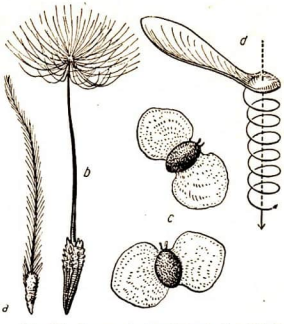


Abb. 224. Samenverbreitung durch den Wind. *a* Küchenschelle, *b* Schwarzwurzel, *c* Birke, *d* Ahorn

Das Prinzip des Fallschirmes erkennen wir bei den *Schopffliegern* von Weide und Wollgras, den *Schirmfliegern* von Löwenzahn und Wiesenbocksbart und den *Federschweiffliegern* von Küchenschelle und Waldrebe. *Schraubenflieger* sind die Samen bzw. Früchte von Fichte, Kiefer, Ahorn, Hainbuche und Linde. Ein Fichtensamen fällt in der Sekunde nur 60 cm, eine Ahornfrucht 1 m. Schließlich gibt es *Gleitflieger*, z. B. die Samen der Birke (Abb. 224).

Stürmische Winde richten in Wäldern, besonders dann, wenn sich ihnen (bei Kahlschlagbetrieb) ungeschützte Waldfronten bieten, oft großen Schaden an (Windbruch). In freien Gegenden, die häufig gleichgerichteten Stürmen ausgesetzt sind (Gebirge, Meeresküsten, Inseln), sind die Bäume windgeschert, d. h., sie wachsen einseitig (Abb. 225). Wo diese mechanische Einwirkung besonders stark ist, verhindert sie schließlich überhaupt Baumwuchs.

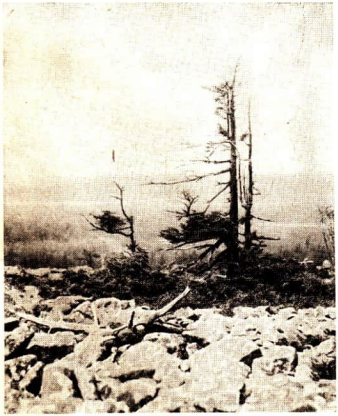


Abb. 225. Windgescherte Fichte auf Bergkamm in 700 m Höhe

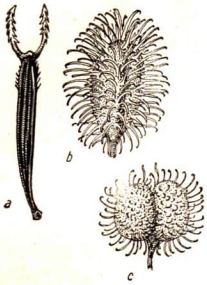
C. PFLANZE UND ANDERE ORGANISMEN

I. Pflanze und Pflanze — Pflanze und Tier

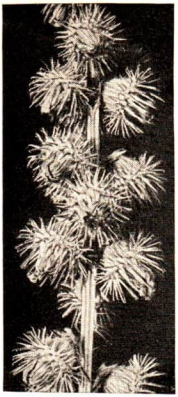
Vielseitig und kompliziert sind die Beziehungen zwischen **Pflanze und Pflanze.** Nach der Art und Weise, wie Pflanzen gegenseitig voneinander abhängen, heben sich zwei Sonderfälle heraus: *Symbiose* (s. S. 59, 61) und *Schmarotzertum.* Daß durch das symbiotische Zusammenleben zweier Pflanzen sogar ein neuer Organismus entstehen kann, zeigen die Flechten (s. S. 102). In vielen Fällen verändert der Symbiosepartner bzw. der Schmarotzer das Wachstum der anderen Pflanze in auffallender Weise. Stickstoffbindende Bakterien rufen die Knöllchen der Hülsenfrüchtler hervor (s. S. 162); Arten des Schlauchpilzes *Taphrína* erzeugen die Hexenbesen auf Weißbuche, Birke, Kirschbaum u. a. Vom Erbsenrost *(Uromýces písi)* befallene Pflanzen der Zypressenwolfsmilch *(Euphórbia cyparíssias)* werden so umgestaltet, daß wir sie kaum wiedererkennen. Unter dem Einfluß eines Brandpilzes *(Ustilágo lychnídis — dioícae)* werden die weiblichen Blüten der zweihäusigen Weißen Nachtnelke *(Melándrium álbum)* zwittrig und entwickeln Staubblätter, die aber statt mit Pollen mit Brandsporen gefüllt sind. Der Fruchtknoten ist allerdings nicht mehr funktionsfähig. Ähnlich wirkende Brandpilze (Antherenbrand) kommen auf fast allen Nelkengewächsen vor.

Mannigfach sind die Beziehungen zwischen **Pflanze und Tier.** Das Tier kann der Pflanze *nützen.* Insekten tragen zur Bestäubung und Befruchtung der als *Insektenblütler* bezeichneten Pflanzen bei. Nektar, Pollen, Futterhaare u. a. dienen vielen Insekten, die auf optischem oder chemischem Wege angelockt werden, als Nahrung. Die Abstimmung aufeinander geht dabei so weit, daß gewisse Pflanzen nur von bestimmten Tieren bestäubt werden können. Wir unterscheiden: Bienenblumen (Nektarien entsprechend der Rüssellänge bis 6 mm tief liegend), Hummelblumen (tiefliegende Nektarien: Salbei, Rotklee), Schwärmerblumen (langröhrige Blüten: Geißblatt, Türkenbund), Fliegenblumen (fahle Blütenfarbe, oft Aasgeruch: Wolfsmilcharten, Aronstab, Birne, Weißdorn). Auch zur *Verbreitung der Samen und Früchte* trägt das Tier bei. So bleiben die Klettfrüchte im Pelz der Tiere hängen und werden weit verschleppt (Abb. 226). Durch das saftige Fruchtfleisch der Früchte von Holunder, Eibe, Mistel und Pfaffenhütchen werden die Vögel angelockt. Diese fressen die Samen, die nach dem Ausscheiden noch keimfähig sind. Die Samen vieler Pflanzen werden um ihrer fleischigen oder ölhaltigen Anhängsel willen von Ameisen gesammelt und dabei verbreitet (Hainsimse, Wohlriechendes Veilchen, Lerchensporn, Windröschen, Schöllkraut).

Das Tier kann aber auch der Pflanze *schaden.* Gegenüber der Masse der heterotrophen, auf pflanzliche Nahrung angewiesenen Tiere sind die Pflanzen schutzlos. Nur wenige haben eine einigermaßen wirksame Abwehr gegen Tierfraß ausgebildet. So führen Maiglöckchen und Aronstab in ihren Zellen Kristallnadeln, die die Schnecken davon abhalten, diese Pflanzen anzufressen (Abb. 6, S. 8); wir spüren die Nadeln, wenn wir ein Blattstück des Aronstabes kauen. Die Königs-



a Zweizahn
b Hexenkraut
c Labkraut



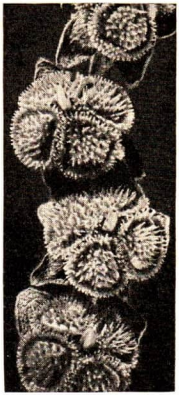


Abb. 226. Klettfrüchte *d* Fruchtstand von Odermennig *e* Fruchtstand von Hundszunge

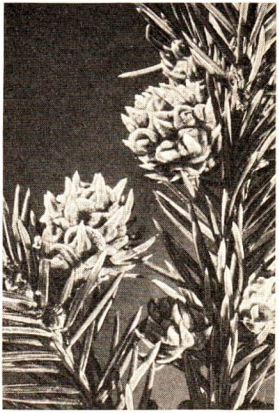


Abb. 227. Gallen. Links Rosengalle, rechts Ananasgalle an Fichte

kerze hat einen dichten Haarbelag (Abb. 19g, S. 17); bei Ginster und anderen Sträuchern sind spitze Dornen oder Stacheln ausgebildet, Kakteen sind oft förmlich damit besät; Seidelbast und Fingerhut bilden Gifte. Alle diese Einrichtungen gewähren freilich der Pflanze nur einen bedingten Schutz.
Die auf Pflanzen *schmarotzenden Tiere* sind in ihrem gesamten Lebensablauf meist auf bestimmte Pflanzen eingestellt und werden so zu ausgesprochenen Schädlingen. Sie leben entweder außen an der Pflanze (Blattlaus, Kohlweißlingsraupe) oder in ihrem Gewebe (Apfelwickler, Borkenkäfer); unsere Kulturpflanzen sind infolge des Massenanbaus in Monokulturen solchen Schädlingen besonders ausgesetzt (s. S. 194).
Eigenartige Wirkungen tierischer Lebewesen (meist Insekten) sind die als *Gallen* bekannten Wucherungen (Abb. 227).

II. Pflanzengesellschaften

Die Vielfältigkeit der Beziehungen, die zwischen den Lebewesen bestehen, tritt uns in den Lebensgemeinschaften entgegen. Auf einer **Wiese** z. B. sehen wir eine Mannigfaltigkeit bestimmter Pflanzenarten in einer Fülle von Individuen zusammen mit einer ebenso reichhaltigen bestimmten Tierwelt. Über weite Flächen bietet die Wiese ihren Bewohnern nach Klima und Boden einen gleichartigen Wohnbereich. Jede Pflanzenart stellt an den Boden- und an den Luftraum besondere Ansprüche. Die eine entzieht die Nährsalze tiefen Bodenschichten (Löwenzahn), die andere den oberen (Fuchsschwanzgras); die eine braucht volle Sonne und erhebt sich hoch und ausladend in die Luft (Kerbel), die andere gedeiht bei geringer Belichtung und bleibt niedrig und gedrungen (Gänseblümchen). Diese verschiedenartigen Bedürfnisse sind aufeinander abgestimmt und ergänzen sich. So bildet sich ein Netzwerk von Abhängigkeiten, das die Bewohner der Wiese untereinander und mit ihrem Standort verbindet. Alle haben sich ihm angepaßt (Abb. 228, 229). Auf diese Weise befinden sich alle zu der Lebensgemeinschaft Wiese zählenden Lebewesen in einem sich ständig ändernden **biologischen Gleichgewicht.** Die wesentlichen Züge einer Lebensgemeinschaft bleiben über verhältnismäßig lange Zeiträume erhalten. Eine Almwiese z. B. birgt heute noch im großen ganzen dieselben Arten von Lebewesen wie vor Jahrzehnten.
So ist es auch in der Pflanzengesellschaft des natürlichen, unberührten **Waldes.** Dort teilen sich die verschiedenen Pflanzenformen der Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht in den *Bodenraum* und finden das für ihre jeweiligen Ansprüche notwendige *Wasser* und die ihnen entsprechenden *Nährsalze.* Sie teilen sich auch in den verfügbaren *Luftraum* und erhalten somit jede das ihr nötige Licht. Manche Glieder der Waldgemeinschaft brauchen viel Licht, wachsen schnell: *Lichtbäume* (Lärche, Birke, Eiche, Kiefer) und beschatten andere, die während ihrer Ent-

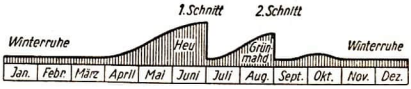


Abb. 228. Die Wiese im Jahreslauf

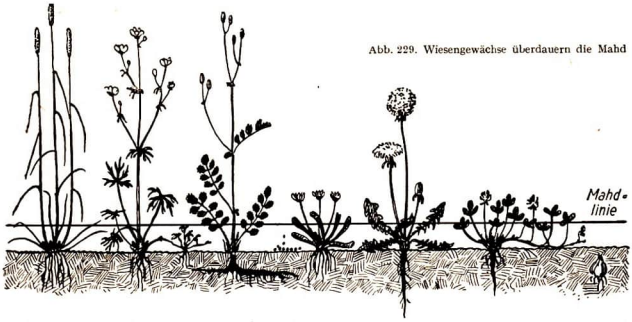


Abb. 229. Wiesengewächse überdauern die Mahd

wicklungszeit nur gedämpftes Licht vertragen und langsam wachsen: *Schattenbäume* (Rotbuche, Tanne). Am schattigen Waldboden gedeihen Heidelbeeren noch bei $\frac{1}{50}$, Sauerklee bei $\frac{1}{70}$, Moose bei $\frac{1}{90}$ des vollen Lichtes. Die *Frühlingsblüher* (Buschwindröschen, Leberblümchen, Lungenkraut, Schlüsselblume, Haselstrauch, Salweide, Hartriegel und Schlehe) entfalten ihre Blüten zu einer Zeit, in der die Bäume noch laublos sind und Licht, Wind und Insekten ungehinderten Zugang zum Walde haben. *Junge* und *alte* Bäume und Sträucher leben miteinander und sichern den Artenbestand.

Die *Kletterpflanzen* (Efeu, Hopfen, Waldrebe) und *Überpflanzen, Epiphyten* (Moose, Flechten; in den Tropen Farne, Orchideen, s. S. 147) finden auf Ästen und an Stämmen Halt. Für *Parasiten* (Schuppenwurz, Wachtelweizen, Mistel) sind genügend Wirtspflanzen vorhanden. Die *Saprophyten* (Fichtenspargel, Pilze, Bakterien) ernähren sich von den reichlichen Abfällen, zersetzen sie und schließen den Stoffkreislauf der Natur (s. S. 181).

Der Wald gibt auch *Tieren* Nahrung und Wohnung. Manche verbreiten Samen und Früchte. Bodentiere (s. S. 160) tragen dazu bei, den Boden gesund zu erhalten. Zwischen diesen Tieren stellt sich ein biologisches Gleichgewicht ein, so daß nicht einzelne Arten überhandnehmen und sich für den Wald schädlich auswirken können (Nonne – Schlupfwespe; Eichhörnchen, Mäuse, Kaninchen – Raubtiere).

Als Abschluß nach außen umgibt den Wald ein Mantel von tiefreichenden Ästen und von Sträuchern als *Schutzhecke* gegen eine zu starke Einwirkung von Wind und Sonne (über Folgen des Kahlschlages s. S. 173).

So ergänzen sich die Schichten des Waldes mit all den zugehörigen Pflanzen und Tieren und bilden eine *Gemeinschaft*, in der alles voneinander abhängig ist.

Je nach den Verhältnissen des Klimas und des Bodens haben sich bei uns

besondere Waldtypen entwickelt. Im Westen und in tieferen Lagen finden wir hauptsächlich sommergrüne **Laubwälder** aus Rotbuchen bzw. Eichen und Hainbuchen. Eichenwälder sind licht und haben reichlich Sträucher und Unterwuchs. Buchenwälder dagegen sind vegetationsärmer, da die großen, dichten Kronen im Sommer nur $\frac{1}{200}$ des Außenlichtes durchlassen (Abb. 230).

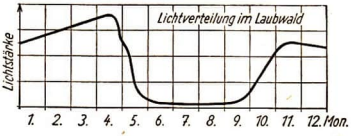


Abb. 230. Lichtverteilung im Laubwald im Verlauf des Jahres

Üppiges Wachstum und Artenreichtum kennzeichnen die **Auwälder.** Sie bedecken die grundwassernahen und nährstoffreichen Überschwemmungsgebiete weiter Talauen. Zwischen Pappeln, Weiden und Erlen wachsen Eichen, Hainbuchen u. a. Das lockere Gefüge der Kronen läßt Licht und Luft eindringen und begünstigt einen lebhaften, von Schlingpflanzen durchflochtenen Unterwuchs. Alle Frühjahrsblüher sind im Auwald vertreten. Ungewöhnlich groß ist dort die Zahl der Vögel, denn es gibt Nahrung in Fülle, beste Nistgelegenheit und, da er schwer zugänglich ist, wenig Störung.

Im Osten Europas und in höheren Gebirgslagen herrschen **Mischwälder** und immergrüne **Nadelwälder** vor. Im Vergleich zu den Laubwäldern sind die *Nadelwälder* meist recht vegetationsarm. Sie halten das Licht ab und liefern mit ihren schwer zersetzbaren Nadeln einen sauren Rohhumus, den nur wenige Pflanzen vertragen. In den östlichen Mittelgebirgen und in den Alpen gibt es große *Fichtenwälder.* Ein Baum der Bergwälder ist auch die Tanne; geschlossene Bestände bildet sie nur im Schwarzwald. Bis nahe an die Waldgrenze höherer Gebirge wachsen Lärche und Zirbelkiefer; zuletzt findet man im Hochgebirge nur noch Strauchgürtel von Legföhren und Grünerlen. Kiefernwälder bedecken in Mittel- und Norddeutschland weite Strecken der kargen diluvialen Sandböden.

Eine räumlich gut abgegrenzte Lebensgemeinschaft ist der **See** – im kleinen der **Teich.** Erlen und Weiden zeigen zusammen mit Binsen und Sauergräsern den hohen Grundwasserstand an. Am Rande des Sees breitet sich ein dichter Gürtel von hohem Röhricht, der Bereich des Schilfes, aus. Seewärts schließen sich mit zunehmender Wassertiefe ein schmaler Binsenstrich und ein Seerosengürtel an. Die am Grunde wurzelnden, ausdauernden Rhizome der Weißen Seerose und der Gelben Teichrose oder Mummel stehen durch die langgestielten, großen Schwimmblätter mit der Luft in Verbindung. Sie sind lederartig fest und werden von Wellen nicht beschädigt. Die Spaltöffnungen sind auf der Blattoberseite, von deren Wachsschicht Wassertropfen sogleich abrollen. Große Lufträume geben den Blättern Auftrieb. Nicht selten schiebt das Schwimmende Laichkraut seine kleineren Schwimmblätter zwischen die der Seerose. Hier, aber auch in den Lücken des Schilfgürtels, begegnen wir ferner einer Reihe freischwimmender Gewächse: den Wasserlinsen, dem Froschbiß und der Krebsschere. Einige dieser Pflanzen haben die Verbindung zum Seeboden verloren. Sie sinken im Herbst auf den Grund, überwintern als ruhende Sprosse und steigen im Frühjahr zum Blühen wieder hoch (Abb. 231).

Abb. 231. Pflanzen am Teichrand.

Im Vordergrund: Krebsschere, blühender Froschbiß; Mitte rechts: zwei Blätter der Teichrose
Im Hintergrund: Rohrkolben und Teichsimse, davor von rechts nach links: Pfeilkraut, Igelkolben, Bitterklee

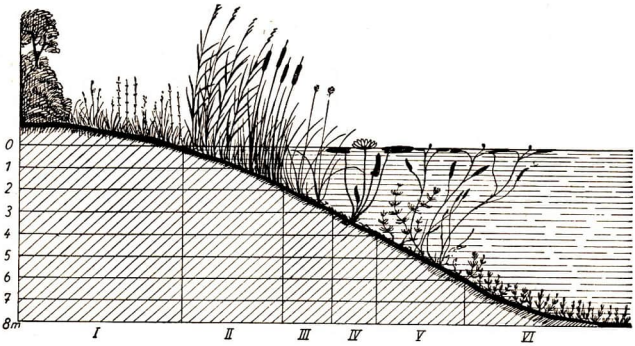


Abb. 232. Vegetationszonen eines Sees.
I Zone der Süß- und Sauergräser, *II* Schilfgürtel, *III* Binsenstrich, *IV* Zone der Seerosen, *V* Zone der Laichkräuter, *VI* Unterseeische Armleuchtergewächse

In tieferem Wasser folgt, dem Blick entzogen, meistens ein Gürtel der untergetauchten Laichkräuter, der schließlich in unterseeische Wiesen von Wasserpest, Moosen *(Fontinalis)* und Armleuchtergewächsen übergeht. Diese Wiesen reichen nur so weit abwärts, als das Licht zur Assimilation des Kohlendioxyds ausreicht, in besonders klarem Wasser bis zu 12 m Tiefe (Abb. 232).
Die zum Stoff- und Energiewechsel nötigen Stoffe entnehmen diese untergetaucht lebenden Pflanzen dem Wasser. Die große Oberfläche ihrer meist stark geteilten Blätter ermöglicht es ihnen, genügend Nährsalze aufzunehmen. Die geringe in Wasser gelöste Sauerstoffmenge (s. S. 171) reicht zur Atmung aus, weil der bei der Kohlendioxydassimilation entstehende Sauerstoff in die Hohlräume der Stengel und Blätter abgeschieden und zur Atmung verwendet wird.
Im freien Wasser leben jene meist winzigen Lebewesen, die man unter dem Namen **Plankton** (das Schwebende) zusammenfaßt. Zieht man ein trichterförmiges Planktonnetz aus feinster Gaze durch das Wasser, so werden von ihm die verschiedenartigsten pflanzlichen und tierischen Lebewesen aufgefangen. Viele schwimmen aktiv mit Geißeln, andere schweben passiv im Wasser. Sie sind kaum schwerer als das Wasser und mit oft langen, die Körpergröße vielfach übertreffenden Fortsätzen versehen. Diese vergrößern die Oberfläche und damit die Reibung und erleichtern so das Schweben (Abb. 120a, b, S. 80). Soweit das Licht in ausreichender Stärke eindringt, ist das Wasser von schwebenden und schwimmenden Pflanzen erfüllt, d. h. von meist mikroskopisch kleinen Algen, vor allem Grün-, Blau- und Kieselalgen. Zu keiner Zeit des Jahres ist der See frei von Planktonlebewesen, am zahlreichsten sind sie im Frühjahr und im Herbst. Von Monat zu Monat treten neue Arten auf und bisherige verschwinden. Nicht einmal unter dem Eise ist

das Wasser planktonfrei; das Netz bringt im Winter aus dem Wasser besonders zarte Formen zum Vorschein.
Neben Wiese, Wald und See bestehen noch zahlreiche weitere Lebensgemeinschaften. Eigenartige Pflanzengesellschaften finden wir im Hochgebirge, in der Heide, in Dünen, im Moor, in Steppen und Wüsten, im Meere usw. Kleine besondere Lebensgemeinschaften bilden sich auf Waldblößen, auf Schutthalden, an Hecken, alten Mauern und vielen anderen Stellen.

III. Die Stellung der Pflanze in der Natur

Die einzelnen Lebensgemeinschaften Wiese, Wald, See usw. greifen in der Natur ineinander, schließen sich zu immer größeren Verbänden zusammen und bilden zuletzt die *große Gemeinschaft des Gesamtlebens der Erde.*
Der Kreislauf des Lebens wird von denjenigen Pflanzen eingeleitet, die aus anorganischen Stoffen komplizierte organische Stoffe aufbauen, die also durch den Besitz von Assimilationsfarbstoffen zur Photosynthese befähigt sind (grüne Pflanzen, Purpurbakterien). Nur gewisse Bakterien vollbringen die Assimilation auch ohne solche Farbstoffe auf dem Wege der Chemosynthese (s. S. 54). Die autotrophen Pflanzen sind die **Erzeuger (Produzenten) organischer Substanz.**
Den Erzeugern steht eine Gruppe von Lebewesen gegenüber, die die aufgestapelte *organische Substanz in die anorganische Ausgangsform zurückverwandeln:* die **Zersetzer (Reduzenten).** Sie werden durch Kleinlebewesen, Pilze und Bakterien, vertreten. Diese bauen bei reichlicher Sauerstoffzufuhr alle von Pflanzen und Tieren herrührenden Abfälle zu anorganischen Stoffen ab und schalten diese so immer wieder in den **Stoffkreislauf der Natur** ein (Abb. 233). Auf 1 ha Ackerland z. B. werden durch die Bodenorganismen jährlich 50 bis 60 dz pflanzliche Rückstände umgesetzt mit einem Gehalt von etwa 15 bis 20 dz Kohlenstoff, 0,5 bis 1 dz Stickstoff, 0,5 bis 1 dz Kali, 0,25 bis 0,5 dz Phosphorsäure. Die heterotrophen Tiere (und der Mensch) sind in diesem Kreislauf im wesentlichen **Verbraucher (Konsumenten) organischer Substanz;** sie wandeln in der Hauptsache pflanzliche in tierische Stoffe um und zersetzen sie zum Teil.

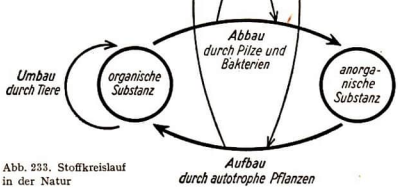
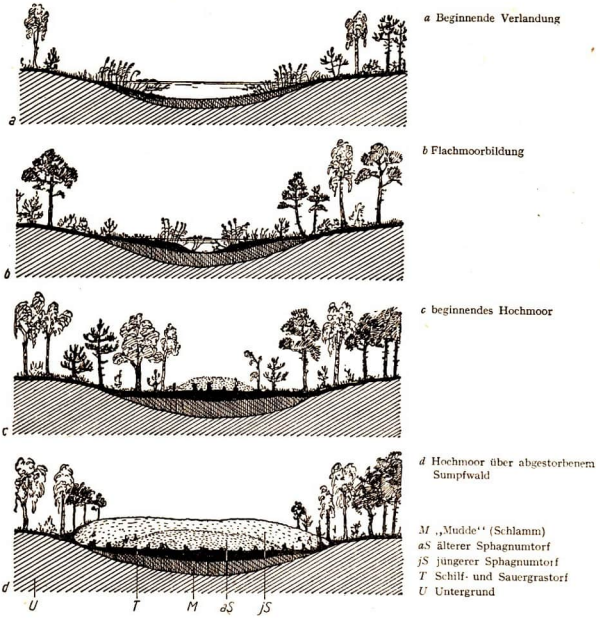


Abb. 233. Stoffkreislauf in der Natur



a Beginnende Verlandung

b Flachmoorbildung

c beginnendes Hochmoor

d Hochmoor über abgestorbenem Sumpfwald

M „Mudde" (Schlamm)
aS älterer Sphagnumtorf
jS jüngerer Sphagnumtorf
T Schilf- und Sauergrastorf
U Untergrund

Abb. 234. Flachmoor- und Hochmoorbildung über einem verlandenden See

Wie in den einzelnen Lebensgemeinschaften, so halten sich im allgemeinen auch in der großen Gemeinschaft der Gesamtnatur Erzeuger, Verbraucher und Zersetzer das *Gleichgewicht*. Störungen werden meist rasch wieder ausgeglichen und reguliert. Ist aber die Tätigkeit der Reduzenten aus irgendeinem Grunde gestört, so sammeln sich die nicht abgebauten Reste an. Dieser Prozeß zeigt sich, auf sehr lange Sicht gesehen, an fast allen unseren Seen. Nirgends ist das Pflanzenleben so üppig wie in nährstoffreichen Wässern. Durch die ständige Neubildung organischer Substanzen erhöht sich der Grundschlamm des Seebodens. Die Pflanzengürtel schieben sich allmählich nach der Seemitte vor: der See *verlandet*. Schließlich verschwindet das freie Wasser mehr und mehr, und die ehemalige Seefläche wird ein sumpfiges, mit Sauergräsern bestandenes **Flachmoor** (Abb. 234). Die beim Abbau der organischen Pflanzenreste

entstehenden *Humussäuren* können infolge der dicker werdenden Moorschicht immer weniger durch die mineralischen Stoffe des Untergrundes chemisch gebunden, neutralisiert, werden. Sie hemmen die abbauende Tätigkeit der Zersetzer immer mehr. Es bildet sich *Torf*, und Jahr für Jahr erhöht sich die Oberfläche des Moores, bis es aus dem Bereich des Grundwassers herausgewachsen ist. Wenn das Klima feuchter wird, kann sich das Flachmoor auch zum **Hochmoor** entwickeln (s. S. 107). Da es im Hochmoor noch schwieriger ist, mineralische Stoffe, vor allem Kalk, aus dem Untergrund heraufzuholen, ist das von den reichlichen Humussäuren braune Wasser weit saurer als das der Flachmoore. Daher finden sich auch in beiden Moorformen verschiedene Charakterpflanzen.

Flachmoorpflanzen	Hochmoorpflanzen
Nur wenige Torfmoosarten, Sumpfschachtelhalm, große Seggen, Binsen, Schilfrohr, Schwadengras, Sumpfdotterblume, Herzblatt, Blutweiderich, Bitterklee, Sumpfläusekraut.	Viele Torfmoosarten, kleine Seggen, Scheidiges Wollgras, Moosbeere, Rauschbeere, Rosmarinheide, Sonnentau.

D. PFLANZE UND MENSCH

I. Kulturlandschaften und Kulturpflanzen

Unter dem seit Jahrtausenden währenden Einfluß des Menschen hat sich die Pflanzenwelt der Erde wesentlich verändert. Er hat die *natürlichen Landschaften* in *Kulturlandschaften* verwandelt, indem er den vorgefundenen Pflanzenbestand umgeformt oder beseitigt, nützliche *Wildpflanzen* angebaut und sie durch Züchtung und Pflege zu *Kulturpflanzen* gemacht hat. Mit dem Fortschritt der Wissenschaft und der Technik greift der Mensch in immer steigendem Maße in die Natur ein.

a) Entstehung der Kulturlandschaften

Die Urlandschaft unserer Heimat ist der **Wald,** der heute nur noch ein Viertel bis ein Fünftel des Landes einnimmt. Vor 2000 Jahren war der Boden in den deutschen Mittelgebirgen und in weiten Strecken des Flachlandes insgesamt zu zwei Dritteln mit Urwald bedeckt. Zwischen den Waldgebieten lagen, besonders im Bereich des Lößbodens, waldarme und waldfreie Fluren. Sie sind nach-

gewiesen entlang den eiszeitlichen Urstromtälern des norddeutschen Tieflandes, auf den Randhügeln der Rheinebene, am Ostrand des Harzes, im Hügelland nördlich der Mittelgebirge, in den Niederungen des Main- und Neckargebietes, auf der Hochfläche der Schwäbischen und Fränkischen Alb und im Alpenvorland. Schon in dieser Zeit wurden dort Weidewirtschaft und Ackerbau betrieben; der Wald blieb im allgemeinen noch unberührt. Vom 6. bis zum 12. Jahrhundert erfolgten große *Rodungen*. An Hand der Ortsnamenforschung lassen sie sich bis zu einem gewissen Grade verfolgen. Viele Siedlungen leiten ihren Namen von „reuten" oder „roden" ab (reut, rütli. rode, rod, rad). Andere Namen weisen auf das Schwinden des Waldes hin (schwend, schwand) oder lassen die Art der bei der Rodung angewandten Mittel erkennen (schlag, brand). Bis weit ins Mittelalter hinein lieferte der naturgewachsene Wald das Bauholz und das Heizmaterial für Stadt und Land und für Salinen, Glashütten und Bergbaubetriebe. Außerdem war er Weideplatz für das Vieh (s. S. 211). Freilich erlitt dabei der „Hutewald" durch den Verbiß vielfach schwere Schäden.

Die Zusammensetzung des Waldes hat sich im Laufe der Jahrhunderte stark verändert. Die Urwälder sind aus dem Landschaftsbild Deutschlands verschwunden.

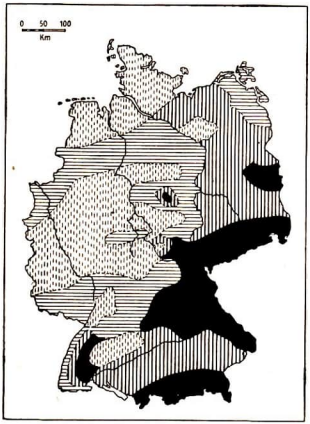


Abb. 235. Die mutmaßliche Verteilung von Laub- und Nadelholz in Deutschland gegen Ende des Mittelalters

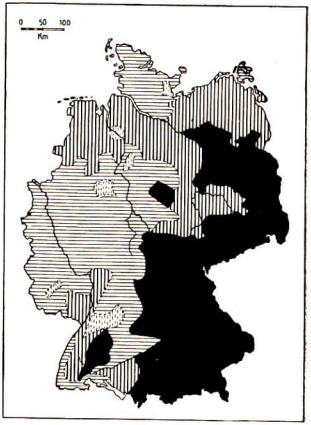


Abb. 236. Die gegenwärtige Verteilung von Laub- und Nadelholz in Deutschland

Vorherrschend Nadelholz

Vorherrschend Laubholz

Laubholz mit wenig Nadelholz

Reine Laubholzgebiete

Unsere heutigen Wälder sind Kulturlandschaften, bewirtschaftete **Forsten.** Die Laubhölzer sind zugunsten der Nadelhölzer zurückgedrängt worden. Als Ende des 18. und in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts große Aufforstungen vorgenommen wurden, um die durch viele Kriege und durch das Weidevieh heruntergewirtschafteten Waldungen zu verjüngen, wurden vor allem die anspruchslosen und raschwüchsigen Kiefern und Fichten angepflanzt (Abbl. 235, 236).
Wo der Wald gerodet wurde, traten an seine Stelle die Kuturlandschaften der **Wiesen** und **Felder.** Wildwiesen gab es von Natur aus z. B. dort, wo Bäche und Flüsse zur Zeit der Schneeschmelze oder in regenreichen Zeiten die Ufer überfluteten, mit Schlamm und Geröll, im Winter mit Eis bedeckten und Bäume und Sträucher nicht aufkommen ließen. Indem der Mensch die Wildwiese auf Kosten des angrenzenden Waldes erweiterte, entstanden — wenigstens zum Teil — die Wiesen von heute. Auf sie entfällt etwa ein Viertel des Bodens in Deutschland. Wiesengelände verlangt einen Grundwasserspiegel, der 0,5 bis 1 m tief liegt. Ist er tiefer, so kann der Boden die saftigen Wiesenkräuter nicht mehr versorgen; dann eignet er sich als Acker zum Feldbau. Fast die Hälfte der Gesamtfläche Deutschlands ist Ackerland, das regelmäßig mit Feldfrüchten bebaut wird. Zu Forst, Wiese und Feld tritt als die am intensivsten bearbeitete Kulturlandschaft der **Garten.**
Die Kulturlandschaften Wiese, Feld und Garten halten sich bei uns gegenüber der urwüchsigen Lebensgemeinschaft des Waldes nur durch die Tätigkeit des Menschen. Wenn die Wiese nicht regelmäßig gemäht oder der Acker nicht gepflügt wird, siedelt sich Jungwuchs von Sträuchern und Bäumen an, und der Wald rückt wieder vor.
Um die naturgegebenen Verhältnisse der Landschaft im Interesse einer gesicherten Landwirtschaft umzugestalten, hat man in der *Sowjetunion* ein großes Projekt in Angriff genommen. In der Erkenntnis, daß der Einfluß des Waldes auf Boden und Klima weit über seine eigenen Grenzen hinausragt, werden in den Randgebieten der Steppe ausgedehnte Waldstreifen angepflanzt und die Felder des Steppengebietes durch Baumgürtel geschützt. Die Waldstreifen und Baumgürtel brechen die Gewalt der Stürme, so daß sie nicht mehr wie bisher wertvollen Boden abtragen und austrocknen können. Humusdecke und Moose des Waldes halten Regen- und Schmelzwasser des Schnees fest und schaffen so im Boden einen Wasservorrat für den Sommer. Dadurch werden die Erträge des ukrainischen Schwarzerdegebietes, die bisher durch unregelmäßig auftretende Dürreperioden gefährdet waren, weiter ansteigen.

b) Entwicklung der Land- und Forstwirtschaft

Pflege und Bearbeitung der Kulturlandschaften ist Aufgabe der *Landwirtschaft* im weitesten Sinne. Sie schafft die Voraussetzungen dafür, daß die Kulturpflanzen gut gedeihen, daß sie möglichst viel Sonnenenergie einfangen und hohe Erträge bringen können. In der Entwicklung der Kulturlandschaften bildeten sich im

Verlauf der Menschheitsgeschichte bestimmte *Anbauformen* heraus. Die **Sammelwirtschaft** der Altsteinzeit kannte noch keine Arbeit am Boden, also noch keine Landwirtschaft. Die Frauen gruben als Sammlerinnen mit dem geraden *Grabstock*, einem zugespitzten, im Feuer gehärteten Holzstab, die zur Ernährung geeigneten Wurzeln und Knollen aus.

Aus dieser Tätigkeit entwickelte sich allmählich der Pflanzenanbau. Aus der Beobachtung von Naturvölkern können wir uns ein Bild machen, wie der Pflanzenanbau in seiner ursprünglichsten Form betrieben wurde. Dort, wo moderne Ackerbaugeräte noch nicht bekannt sind, benutzt man heute noch den Grabstock. Tritthölzer zum Aufsetzen eines Fußes erleichtern das Einstechen (Abb. 237). Schnitzt man den Grabstock am unteren Ende breiter, so erhält man ein Grabscheit, aus dem sich der heutige Spaten entwickelt hat. Ein wichtiges Gerät für den Ackerbau war die Hacke, wie aus vielen alten Abbildungen bekannt ist.

Mit Grabstock und Hacke rodeten viele Kulturvölker den Urwald. Sie bearbeiteten die waldfreien Steppengebiete, wandelten Überschwemmungsgebiete in Kulturlandschaften um und legten künstliche Bewässerung an (z. B. Ägypten). Die

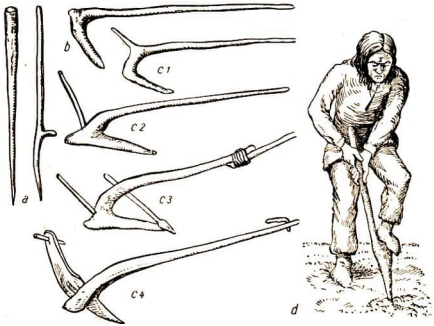


Abb. 237. Zur Geschichte der Landwirtschaft.
a Grabstock, *b* Hacke, c_1 bis c_4 Entwicklung des Pfluges, *d* Indianer mit Grabstock, *e* ägyptische Pflüger um 1500 v. u. Z. (Reliefplatte aus einem Grab)

alten Kulturvölker der Anden und Mexikos, ebenso Chinas kannten nur die auf dem Grabstock begründete Form der Landwirtschaft. In Afrika war die Hacke das Hauptwirtschaftsgerät. Zugtiere wurden nicht benutzt.

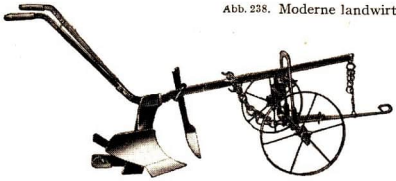
Grab- und Hackbau waren weniger auf Getreide als auf die Kultur stärkereicher „Hackfrüchte" eingestellt. Kartoffel, Tomate, Bohne, Mais haben wir bezeichnenderweise von Ländern mit diesen Anbauformen übernommen. Der Grabstockpflanzbau führte bei gehobener Kultur zu intensiver Bearbeitung, Bewässerung und Düngung kleiner Bodenstücke, zum *Gartenbau.*

In Europa, Nordafrika und Westasien findet sich, etwa seit der Metallzeit, die **Pflugkultur.** Die ursprünglichste und einfachste Form des Pfluges war ein Aststück, mit dem man die Erde aufritzte (Abb. 237). Er wurde zunächst von Menschen gezogen. Einen außerordentlichen Fortschritt bedeutete die Zähmung des Rindes, das vor den Pflug gespannt wurde. Mit Hilfe der Kraft des Tieres wurde es möglich, weit größere Flächen als bisher zu bearbeiten, es entwickelte sich ein regelrechter *Feldbau.* Die Pflugkultur ermöglichte einerseits den vermehrten Anbau stärkereicher Gräser, der Getreidearten, andererseits waren durch sie von Anfang an Ackerbau und Viehzucht eng verknüpft. Das Rind ist Zugtier; außerdem ist es durch seinen wertvollen Dung nützlich und liefert zugleich Nahrung und Rohstoffe.

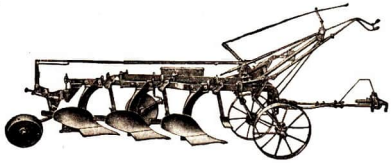
Etwa bis ins 6. Jahrhundert betrieb man in Mitteleuropa die *wilde Graswirtschaft:* ein Stück Boden wurde mit dem Räderpflug bearbeitet, mit Feldfrüchten bis zur Erschöpfung bebaut und dann im wilden Graswuchs sich selbst überlassen und als Weide benutzt. Dieser Wechsel zwischen Ackerland und Weide ging zur Karolingerzeit in die geregelte *Dreifelderwirtschaft* über (s. S. 166). Eine große Umstellung brachte gegen Ende des 18. Jahrhunderts vor allem die Einführung der Kartoffel. Sie trug wesentlich zur Verdrängung der Brache bei. In der *verbesserten Dreifelderwirtschaft* und dann in der durch *Thaer* (s. S. 166) empfohlenen *Fruchtwechselwirtschaft* wurde die neue Frucht feldmäßig angebaut. Der Kartoffelbau veranlaßte den Bauern, tiefer zu pflügen; die Pflugtiefe erhöhte sich von damals 6 bis 12 cm auf heute 18 bis 20 cm. Zu den althergebrachten Geräten Pflug, Egge und Walze traten Untergrundpflug, Kultivator, Häufelpflug, Rodepflug u. a. Schleuderrad- und Siebradroder mechanisierten die Erntearbeiten. Maschinen zur Feldbestellung und zur Heu- und Getreideernte vervollständigten die Mechanisierung, die sich seit der Mitte des 19. Jahrhunderts dank der Fortschritte von Wissenschaft, Technik, Industrie und Verkehr schnell entwickelte (Abb. 238).

Im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik hat sich die Landwirtschaft grundlegend gewandelt. Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe zwischen 0,5 und 20 ha stieg durch die Bodenreform bedeutend an (Tab. XII, S. 190), so daß diese Betriebe rund 60% der landwirtschaftlich genutzten Fläche bearbeiteten. Sie sind daher für die Sicherstellung der Ernährung unserer Bevölkerung von großer Bedeutung. Die Arbeiterklasse, die führende Kraft in unserem Staate, gibt den werktätigen Bauern jede Unterstützung in ihrem Bestreben, die Erträge ständig zu steigern. Volkseigene Güter beliefern sie mit hochwertigem Saatgut und Zuchtvieh, die Maschinen-Traktoren-Stationen (MTS) geben ihnen die Möglichkeit, die

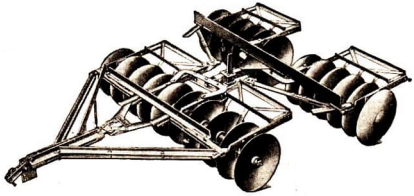
Abb. 238. Moderne landwirtschaftliche Geräte und Maschinen



a Räderpflug mit Schar und Sech

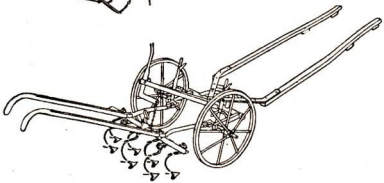


b dreischariger Schlepperpflug



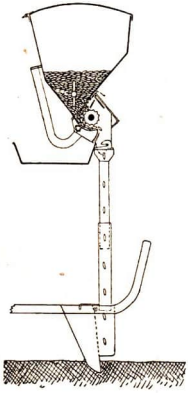
c schwere Doppelscheibenegge für Schlepper

d schwerer Unkrautstriegel



e Vielfachgerät für Kartoffel- und Rübenkultur

f Sowjetischer Mähdrescher „Stalinez 4"



g ein Särohr der Drillmaschine im Längsschnitt

h Traktor mit Drillmaschine

TABELLE XII: Land- und forstwirtschaftliche Betriebe im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik

	1939	1946
1. Zahl der Betriebe (in 1000)		
0,5—5 ha	320,4	332,0
5— 20 ha	189,4	353,7
20—100 ha	56,8	58,5
über 100 ha	6,3	1,2[1])
	572,9	745,4
2. Anteil an der Gesamtfläche (in %)		
0,5—5 ha	10,2	11,1
5— 20 ha	30,1	48,5
20—100 ha	30,0	29,3
über 100 ha	29,7	11,1
	100,0	100,0

Technik in breitem Umfang anzuwenden, also von der Handarbeit mehr und mehr zur Maschinenarbeit überzugehen (z. B. Sense – Mähbinder – Mähdrescher).
Seit dem Sommer des Jahres 1952 haben sich werktätige Bauern zu landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften zusammengeschlossen. Sie bearbeiten gemeinsam mit Unterstützung der MTS ihre Äcker, die sie zu großen Schlägen zusammengelegt haben, und halten auch zum Teil ihr Vieh gemeinsam. Damit sind sie zur genossenschaftlichen Großproduktion übergegangen. Sie haben die Möglichkeit, durch die Anwendung neuester agrotechnischer Methoden, beispielsweise durch den rationellen Einsatz modernster Großmaschinen, wie Mähdrescher und Rübenaggregate, die Erträge im Ackerbau und in der Viehwirtschaft schneller zu steigern.
Durch das Bündnis zwischen Arbeitern und werktätigen Bauern, die Zusammenarbeit von Industrie und Landwirtschaft und durch die Wirtschaftsplanung wird die Landwirtschaft von Jahr zu Jahr mit mehr und besseren Produktionsmitteln (Maschinen, Saatgut, Zuchtvieh, Düngemitteln usw.) versorgt. Die VdgB (BHG), die Vereinigung der werktätigen Bauern, organisiert die gegenseitige Hilfe der Bauern und den Erfahrungsaustausch zwischen Bauern und Wissenschaftlern, um die neuen Produktionsmethoden schnell in möglichst vielen bäuerlichen Wirtschaften zur Anwendung zu bringen. Durch diese gemeinsamen Anstrengungen konnten bereits im Jahre 1950 die Vorkriegserträge überschritten werden. Die Erkenntnis, daß höchste Leistungen nur in gemeinsamer Arbeit erreicht werden können, setzt sich immer mehr durch.
Ein Sondergebiet der Landwirtschaft ist die **Forstwirtschaft.** Sie hat die Aufgabe, die Wälder zu pflegen und nutzbar zu machen. Die Forstwirtschaft unterscheidet betriebswirtschaftlich mehrere Waldarten. Im stets niedrig bleibenden **Niederwald** werden die aus den Stümpfen gefällter Bäume rasch anwachsenden

[1]) Betriebe mit mehr als 100 ha Fläche sind nur noch volkseigene Güter, Saatzuchtbetriebe, wissenschaftliche Lehr- und Forschungsanstalten usw.

Triebe, die Stockausschläge, alle 10–60 Jahre geschlagen. Im Gegensatz dazu entwickelt sich der Baumbestand des **Hochwaldes** aus Samen und Setzlingen, die man zu hohen Bäumen heranwachsen läßt. Er wird nur einmal nach 80 bis 120 Jahren genutzt, entweder im *Kahlschlagbetrieb* oder als *Plenter-* bzw. *Femelwald*. Das bedeutet: es werden nur einzelne Stämme herausgeschlagen und die freien Plätze den Jungpflanzen überlassen, die aus ausfallenden Samen hervorgehen. Ein Mittelding von Hoch- und Niederwald ist der **Mittelwald.** Sein „Unterholz", ein aus Stockausschlägen stammender Niederwald, wird vom „Oberholz", einzelnen älteren Stämmen, überragt.

Die Forstwirtschaft muß auf lange Sicht arbeiten, denn Fehler in der Wahl der Holzarten, verfehlte Methoden der Anpflanzung, wie die *Monokulturen*, die auf großen Strecken eine einzige Holzart bevorzugen, sind nur schwer wiedergutzumachen.

Das Ziel der neuen Waldwirtschaft ist der biologisch günstigere, gesündere **Mischwald** aus mehreren Laub- und Nadelhölzern. Er wird das Waldbild der Zukunft bestimmen. Sturmschäden, Borkenkäfer und übertriebene Abholzung haben in den letzten Jahrzehnten unsere Wälder so geschwächt, daß riesige Kahlschlagflächen aufgeforstet werden müssen. Dabei beschreitet die Forstwirtschaft neue Wege. Sie legt zunächst einen *Vorwald* an, indem auf die Waldblößen rasch keimende und rasch wachsende, dem jeweiligen Standort angepaßte *Lichtholzarten*, wie Pappel, Birke und Grauerle, gepflanzt werden. Der absichtlich dicht gehaltene Bewuchs drückt Gras, Unkraut und Beerensträucher (Himbeere, Brombeere), die dem Jungwuchs Licht und Luft wegnehmen, auf ein erträgliches Maß herab. Der Boden wird dadurch rasch der trocknenden Wirkung von Sonne und Wind

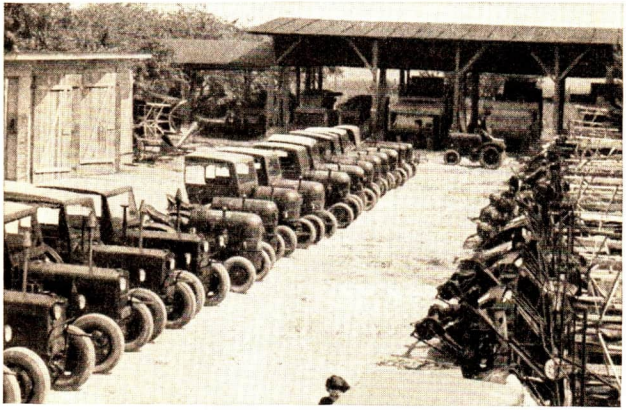


Abb. 239. Traktoren und Mähbinder der Maschinen-Traktoren-Station Pfaffendorf, Kreis Beeskow

entzogen, und es wird eine gute Bodengare (s. S. 158) erreicht. Dieser Vorwald wird nach wenigen Jahren gelichtet und mit dem künftigen Hauptbestand unterbaut (*Lichtholzarten:* Eiche, Kiefer u. a., *Schattenholzarten:* Fichte, Tanne, Ahorn, Rotbuche, Heinbuche usw.). In dem Maße, wie diese heranwachsen, wird der Vorwald immer mehr gelichtet, bis er zuletzt mit dem Hauptbestand zum endgültigen *Hauptwald* verschmilzt.

c) Herkunft der Kulturpflanzen

Durch die Erschließung der Erde und durch die wechselseitigen Beziehungen der Völker hat sich die ursprünglich kleine Zahl der Kulturpflanzen auf rund 12000 Arten erweitert. 3000 Arten sind *Nahrungspflanzen;* die anderen liefern in erster Linie *Rohstoffe* für die Industrie.

Die wilden Stammformen unserer Kulturpflanzen sind uns zum großen Teil bekannt. Ihre **Entstehungsgebiete** decken sich mit Zentren ehemaliger menschlicher Kulturen (Abb. 240).

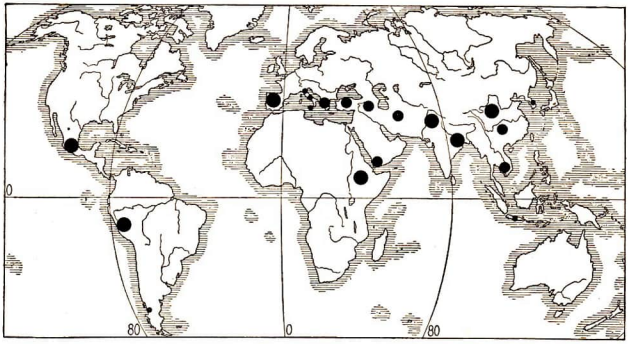


Abb. 240. Entstehungsgebiete der Kulturpflanzen

1. *Vorderasien:*	Apfel, Birne, Quitte, Mandel, Walnuß, Feige, Wein, Weizen, Roggen, Lein, Erbse, Linse, Luzerne, Möhre, Spinat.
2. *Indien:*	Zitrone, Apfelsine, Reis, Hirse, Zuckerrohr, Baumwolle, Banane.
3. *China:*	Pfirsich, Aprikose, Maulbeerbaum, Sojabohne, Buchweizen, Hanf, Gurke, Rhabarber, Gerste.
4. *Abessinien:*	Kaffee.
5. *Mittelmeergebiet:*	Kohl, Zuckerrübe, Lupine, Mohn, Saubohne.
6. *Mittel- und Südamerika:*	Mais, Tomate, Bohne, Kürbis, Kakao, Tabak, Baumwolle, Kartoffel, Sonnenblume.

Die ältesten Feldfrüchte sind Hirse, Gerste, Weizen und Lein; sie wurden schon von den Sumerern (Babylonien) vor 7000 bis 8000 Jahren angebaut. Roggen und Hafer sind in Mittel- und Westeuropa erstmalig zur Bronzezeit (2500—1000 v. u. Z.) in Kultur genommen worden. Sie begleiteten als Unkräuter den Weizen auf seinem Weg nach Europa. Hier gediehen sie, da sie in bezug auf Klima und Boden anspruchsloser waren, besser als der Weizen, und so nahm sie der Mensch sekundär in Kultur. Die Hülsenfrüchte Erbse, Linse und Puffbohne sind uralte Kulturpflanzen aus dem Orient. In Mitteleuropa traten sie etwa vor 3000 Jahren neben Gerste, Weizen und Hirse. Auch Apfel und Birne wurden zu dieser Zeit in Pflege genommen, während Süßkirschen der heute noch wildwachsenden Stammform zwar gesammelt, aber nicht angebaut wurden.
Die Ägypter kannten außer den schon erwähnten Getreidepflanzen und Hülsenfrüchten auch die Weinrebe, deren Anbau weit in die Vorgeschichte der Menschheit zurückgeht. Allgemein angebaut wurden dort noch Küchenzwiebel und Knoblauch, Feige und Dattel, Gewürzpflanzen, wie Anis, Koriander und Pfefferminze, die Rizinus- und die Papyrusstaude, schließlich der Lein in derselben Form, die heute bei uns wächst.
Schon im Altertum kamen durch Handelsbeziehungen Kulturpflanzen aus Asien nach Europa. So gelangte die Aprikose aus China über Turkestan ins Mittelmeergebiet. In allen tropischen und subtropischen Gebieten wird heute die Baumwolle angebaut, seit ältesten Zeiten wohl in Indien. Der griechische Philosoph *Theophrast* berichtet schon um 300 v. u. Z.: „Die Bäume, aus denen die Inder Kleider machen, haben Blätter ähnlich dem Maulbeerbaum; aber die Pflanze als Ganzes ähnelt der Heckenrose. Sie pflanzen sie reihenweise in den Ebenen, so daß sie von weitem wie Weinstöcke aussehen." Die heutigen Formen der Baumwollpflanzen gehen auf verschiedene Stammarten Indiens, Amerikas und vielleicht auch Afrikas zurück. Durch die Römer kamen Pflaume und Sauerkirsche nach Deutschland, wo sie — wie fast alle Obstbäume — zunächst in Hof- und Klostergärten angepflanzt wurden. Als „persischer Apfel" war den Römern der Pfirsich bekannt, der aus seiner Heimat China, in der er schon im 2. Jahrtausend v. u. Z. in vielen Sorten kultiviert wurde, nach Persien gelangt war. Chinesischer Herkunft sind auch Mandarine und Apfelsine. Ebenso ist dort der Hanf eine seit langer Zeit gepflegte Kulturpflanze. Zuckerrohr, Reis und Baumwolle wurden von den Arabern im Mittelalter aus Südasien nach Nordafrika und dann nach Südeuropa gebracht. Vom östlichen Mittelmeergebiet stammt der Gartenmohn, der dort schon als Öl-, Heil-, Würz-, Genuß- und Zierpflanze verwendet wurde. Nach der Entdeckung Amerikas wurden in Europa die Kulturpflanzen der alten Kulturvölker Perus und Mexikos bekannt: Mais, Tabak, Gartenbohne, Kakao und Kartoffel. In Amerika fanden Reis, Zuckerrohr und Kaffee Eingang.
Die Zahl der Kulturpflanzen erweitert sich auch heute noch, indem der Mensch an bisher unbeachteten Pflanzen günstige Eigenschaften entdeckt und entwickelt, wie den Ölgehalt der Sonnenblume und den zur Kautschukgewinnung geeigneten Milchsaft der Löwenzahnart *Taráxacum kok-saghys* (s. S. 215). Die Wildpflanzen sind eine noch nicht genügend ausgeschöpfte Quelle für Kulturpflanzen. Der

große sowjetische Biologe *Mitschurin* forderte daher zu Recht: „Man muß alle Maßnahmen ergreifen, um der wilden Natur immer neue Nutzpflanzen abzuringen und in ihr unermüdlich nach neuen Kulturpflanzen suchen."

d) Schutz der Kulturpflanzen

Mit dem Anbau der Kulturpflanzen hat der Mensch die ursprünglichen Lebensgemeinschaften der Natur so umgewandelt, daß sie sich nur in seiner dauernden Pflege und unter seinem Schutz halten können. Deshalb stellt sich der Mensch im **Pflanzenschutz** die Aufgabe, zur Sicherung der Ernte, zur Verbesserung der Ernteerzeugnisse und zur Steigerung der Ernteerträge beizutragen, indem er Schädigungen und Krankheiten der Kulturpflanzen zu verhüten sucht und die Krankheiten bekämpft.

Das Unkraut kann sich im Gegensatz zu den Kulturpflanzen auch unter ungünstigen Lebensbedingungen behaupten und vermehren. Es ist schnellwüchsig, den Bodenverhältnissen bestens angepaßt und bildet eine große Zahl sehr widerstandsfähiger Samen: es ist bodenständig. Ohne ein Eingreifen des Menschen würde es die Kulturpflanzen rasch verdrängen und erdrücken. Das Unkraut hindert die Kulturpflanze nicht nur in ihrer Entwicklung, indem es ihr Nährstoffe und Wasser, Licht und Luft wegnimmt, sondern bildet auch Brutstätten für Schädlinge. Die Wolfsmilch z. B. beherbergt den Erbsenrost, die Quecke den Schwarzrost, die Melde tierische Schädlinge.

Das billigste und meist beste Mittel zur Bekämpfung des Unkrautes ist eine regelmäßige Bodenpflege. Sie ist um so mühevoller, je seltener gehackt und gejätet wird, weil der Unkrautbestand übermäßig zunimmt und fester wurzelt. Schwer zu beseitigendes Unkraut wird mit chemischen Mitteln, Kalkstickstoff, Kainit, Hederichpulver u. a., bekämpft.

Als **Schädlinge** treten schmarotzende Pilze, Bakterien und Tiere auf: Älchen, d. h. meist mikroskopisch kleine Fadenwürmer, die vom Boden aus die lebende Pflanze befallen (Wurmfäule der Kartoffel, Radekrankheit des Weizens), Schnekken, Mäuse und Ratten und schließlich viele Insekten.

Schätzungen ergaben für Deutschland folgende jährliche Ernteverluste (Tab. XIII).

TABELLE XIII: **Jährliche Ernteverluste durch Schädlinge**

Kulturpflanzen	Verluste in % durch	
	tier. Schädlinge	Pilze u. Bakter.
Getreide	10	10
Kartoffel	5	25
Zuckerrübe	15	
Gemüse	10	
Obst	20	10
Wein	20	

Einige Schädlinge sind durch die Transportmittel des Menschen und durch die Einfuhr von Pflanzen aus Übersee, vor allem aus Amerika, *eingeschleppt* worden, so der Erreger der Kartoffelfäule (s. S. 92), der echte und falsche Mehltau des Weines, der Stachelbeer- und der Hopfenmehltau. Den Kampf gegen die Schädlinge führen zahlreiche *Organisationen* und *Forschungsstellen*, an erster Stelle die Biologische Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften (sie gibt auch Merk- und Flugblätter über Pflanzenkrankheiten und ihre Bekämpfung heraus). Die Mittel im Kampf gegen die Schädlinge sind entweder vorbeugender Art (Kulturmaßnahmen, Auslese, Züchtung) oder aktiver Art (mechanisch, chemisch und biologisch).

Die **vorbeugenden Maßnahmen** suchen die Schädlinge von vornherein in Schranken zu halten. Dafür ist eine gesunde Konstitution der Pflanze wesentlich. Hierzu kann der Mensch beitragen, indem er durch seine *Kulturmaßnahmen* den Pflanzen die günstigsten Entwicklungsbedingungen schafft: Wahl des richtigen Standortes, Anbau *resistenter* Sorten, Aussaat besten Saatgutes, Beachtung der günstigsten Saatzeit (damit sich die Pflanze kräftig entwickelt und rasch das gefährdete Frühstadium überwindet), der rechten Saattiefe und Saatweite (da die späteren Ausdehnungen von Blatt und Wurzelwerk verschieden sind) und intensive Pflege des Bodens.

Die **aktive Bekämpfung** der Schädlinge muß einsetzen, sobald die Pflanzen Merkmale einer Erkrankung zeigen: Welkwerden, Verfärbung, Absterben, Mißbildung, Verwundung. Dieser Kampf muß oft während der ganzen Vegetationsperiode durchgeführt werden. Die *mechanische* Abwehr sucht die Schädlinge fernzuhalten, sie mit Fallen, Leimringen, Fangködern zu fangen, abzusammeln und zu vernichten.

Durchgreifenden Erfolg haben die *chemischen Pflanzenschutzmittel*. Das Saatgut wird *gebeizt*. Dabei wird es naß oder trocken mit chemischen Präparaten behandelt, durch die anhaftende Sporen der Schmarotzerpilze abgetötet werden. Sitzen die Sporen, wie beim Flugbrand des Weizens und der Gerste, im Innern des Saatkornes, so wendet man die Heißwasserbeize an (vorgequollenes Saatgut wird 10 Minuten auf 51° C erhitzt). Durch sie sind gefährliche Getreidekrankheiten, wie Weizensteinbrand, Haferflugbrand, Schneeschimmel und Streifenkrankheit der Gerste, die bis vor wenigen Jahrzehnten verheerend auftraten, weitgehend eingedämmt.

Waldwirtschaft, Obst- und Weinbau führen den chemischen Kampf gegen schädliche Insekten durch Verspritzen oder Vernebeln von *Atmungs-, Berührungs- oder Fraßgiften* (Arsen), gegen Pilze mit Kupfer- oder Schwefelmitteln. Der Winzer muß etwa ein Drittel seiner Arbeit auf die Schädlingsbekämpfung verwenden; er spritzt mit Kupferkalkbrühe gegen den falschen Mehltau (s. S. 92), mit Schwefel gegen den echten Mehltau (s. S. 95), mit Arsenmitteln gegen fressende Insekten; dazu muß er noch ständig die Reblaus bekämpfen.

Der falsche Mehltau wurde in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts in Frankreich eingeschleppt. Mit Hilfe eines Kalenders, der die Zeit von der Infektion des Weinstockes bis zum Sichtbarwerden der ersten neuen Pilzrasen

(Inkubationszeit) angibt, ist jeder Winzer in der Lage, den richtigen Zeitpunkt für die Spritzungen zu bestimmen; der heute überall eingerichtete Vorhersagedienst unterstützt ihn dabei.

Die chemische Bekämpfung von Insekten ist neuerdings durch die als Gesarol oder DDT-Mittel bezeichneten *Berührungsgifte* auf eine neue Basis gestellt worden. Ausgangsstoff ist das Dichlor-diphenyl-trichloräthan ($CCl_3-CH(C_6H_4Cl)_2$). Die DDT-Mittel sind feste, geruchlose, wasserunlösliche, für Mensch und Haustiere praktisch ungiftige Stoffe, die auch die Pflanzen nicht schädigen. Sie greifen die Nervenenden in den Haftläppchen der Insektenbeine an. Berührt ein Insekt dieses Gift mit den Beinen, so wird es erst gereizt, dann gelähmt und nach 1 bis 2 Tagen getötet. In der Land- und Forstwirtschaft hat man mit den DDT-Mitteln den Rapsglanzkäfer, die Nonne sowie Gemüse- und Obstschädlinge erfolgreich bekämpft.

Von großer Bedeutung ist die Schädlingsbekämpfung aus der *Luft*. In der Deutschen Demokratischen Republik sind im Jahre 1948 zur Bekämpfung des Kiefernspinners viele tausend Hektar Wald von Flugzeugen der sowjetischen Luftwaffe aus mit Gesarol bestäubt worden. Noch wirksamer als die DDT-Mittel ist das Hexachlor-cyclohexan ($C_6H_6Cl_6$), kurz „Hexa" genannt. Die Blattläuse sind gegen das Gesarol widerstandsfähig. Sie werden mit dem synthetischen organischen Fraßgift Bladan bekämpft, das seit 1939 das bis dahin gebräuchliche Nikotin ersetzt.

Ist die Ernte in Kellern, Mieten und auf Kornböden eingebracht, so muß sie vor *Vorratsschädlingen* bewahrt werden: vor Ratten und Mäusen, vor Mehlmotten, Kornkäfern und Kornwürmern. Im kleinen werden Fallen und chemische Stoffe angewendet; in großen Speichern hilft nur ein Vergasen mit Schwefelkohlenstoff, Blausäure, Schwefeldioxyd u. a.

Andere Wege geht die *biologische Schädlingsbekämpfung*. Sie besteht in der Aussetzung der natürlichen Feinde der Schädlinge. Dadurch wird deren Zahl vermindert, und ein neues Gleichgewicht stellt sich ein. Das beste Beispiel liefert Australien mit der Bekämpfung eines Unkrautes durch ein Insekt. Dort hatte sich der aus Amerika eingeschleppte Feigenkaktus *(Opuntia)* ungeheuer vermehrt und Millionen Hektar in ein unbrauchbares Dickicht verwandelt. Von 1925 an setzte man zu Millionen vor allem einen Kleinschmetterling aus, dessen Raupen sich in den Kaktus einbohren, ihn aushöhlen und so vernichten. Im Jahre 1930 waren 90% des früheren Opuntia-Gebietes für Viehzucht und Landwirtschaft zurückgewonnen.

Gewisse Pflanzenkrankheiten werden nicht durch Schädlinge, sondern durch *Ernährungsstörungen* hervorgerufen, die auf Mangel an Nährstoffen oder Spurenelementen zurückzuführen sind (s. S. 51).

Wirtschaftlichen Schaden können auch die *Viruserkrankungen* (Virosen, s. S. 76) anrichten. Durch sie wandelt sich das normale Zelleiweiß der gesunden Pflanze in Viruseiweiß um. Das Virus breitet sich in der Pflanze aus und befällt immer weitere Teile. Viruskrankheiten werden durch Berührung gesunder Pflanzen mit kranken oder durch saugende Insekten übertragen. Bei Kartoffeln begegnet man Viruserkrankungen durch die Einführung der Sommerkultur.

II. Pflanzen als Nahrung und Rohstoff

a) Die Pflanze in der menschlichen Ernährung

Infolge der Speicherung von Kohlenhydraten, Fetten und Eiweiß besitzt die Pflanze einen Stoff- und Energievorrat für die Zeiten schnellen Wachstums. Pflanzen, die diese Nahrungsstoffe in größerer Menge und in einer für den Menschen leicht verdaulichen Form enthalten, wählte sich der Mensch als *Nahrungspflanzen* aus. Oft liegt auch ihr Wert im *Vitamin-* und *Mineralstoffgehalt.*

1. Brotgetreidepflanzen

Unter den Nahrungspflanzen nehmen die *Getreidearten* die erste Stelle ein. Sie bilden die Grundlage für Ackerbau und Viehzucht, die ihrerseits Voraussetzung für die kulturelle Entwicklung der Menschheit sind (Tab. XIV, XV).

TABELLE XIV: **Welt-Getreideerzeugung** (jährlicher Durchschnitt)

Getreidearten	Anbaufläche in Mill. ha			Ernte in Mill. dz		
	1909–1913	1925	1935–1939	1909–1913	1925	1935–1939
Weizen	79,8	89,6	145,7	822,2	902,2	1426,0
Roggen	19,6	18,7	41,7	261,3	256,2	463,6
Gerste	23,6	24,5	38,0	287,1	309,4	423,0
Hafer	41,1	45,6	56,7	521,2	582,2	639,7
Mais	69,9	71,0	81,5	1029,3	953,6[2])	1058,3
Reis	48,3	55,8[1])	59,4	778,0	875,9[1])	914,1

[1]) 1928. — [2]) 1924.

TABELLE XV: **Nährstoffgehalt des Getreides**

Roggenkorn.....	rund 63 % Stärke	10–11 % Eiweiß	1,5–2,5 % Fett
Weizenkorn.....	rund 65 % Stärke	12 % Eiweiß	1,6–2,8 % Fett
Roggenkeimlinge..	rund 25 % Stärke	40 % Eiweiß	12 % Fett

Unsere **Brotgetreidearten** sind Weizen und Roggen. Der Weizen ist dem Roggen durch bessere Backfähigkeit überlegen, die auf seinem höheren Klebergehalt beruht. Für die Ernährung ist es an sich gleichgültig, ob wir Weizen- oder Roggenbrot essen. Daß wir die eine oder andere Getreideart im Anbau bevorzugen, ist volkswirtschaftlich bedingt und hängt vom Boden und vom Klima ab. Roggen stellt an Boden und Klima geringe Ansprüche; er gedeiht auch auf leichten „Roggenböden". Der Weizen dagegen braucht schwere, humusreiche und bindige „Weizenböden". Ähnlich anspruchsvoll ist die Gerste. Der Hafer wächst zwar auch auf geringerem Boden, hat aber von allen bei uns angebauten Getreidearten den höchsten Wasserbedarf. Mais nimmt mit jeder Bodenart

vorlieb, braucht jedoch warme Sommer mit viel Licht und entzieht dem Boden viel Nährsalze.

Die Getreidekörner haben ein geringes Gewicht. Ein Roggenkorn wiegt im Durchschnitt 23 mg, ein Weizenkorn 35 mg. Auf 1 kg Weizen gehen rund 30000 Körner, auf 1 dz 3 Millionen. Die Samen des Getreides sind die nährstoffreichsten aller pflanzlichen Nahrungsmittel; sie enthalten Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate und lassen sich dank ihrer Haltbarkeit lange aufbewahren.

Getreide wird je nach Getreideart und Gewohnheit in Form von Brot, Fladen und Brei verzehrt.

Unter **Brot** verstehen wir ein durch Gärung gelockertes, mit zahlreichen Hohlräumen durchsetztes Gebäck. Beim *Roggenbrot* ist von alters her die Sauerteig-, beim *Weizenbrot* die Hefegärung üblich. In ihrem Verlauf bilden sich Geschmacks- und Aromastoffe, die dem Brot seinen würzigen Geschmack verleihen. Damit das entstehende Kohlendioxyd nicht entweicht, sondern den Teig auftreibt, muß dieser eine gewisse Zähigkeit haben. Er erhält sie durch die kolloiden Eigenschaften bestimmter Eiweißstoffe (Kleber), die nur im Roggen- und Weizenmehl in genügender Menge vorhanden sind. Als vor $1\frac{1}{2}$ bis 2 Jahrtausenden unsere Vorfahren Brot zu backen begannen, wurden deshalb Weizen und Roggen im Anbau bevorzugt und die anderen Getreidearten zurückgedrängt. Hafer und Gerste werden trotz ihres hohen Nährwertes auch deshalb nicht mehr zur Brotbereitung benützt, weil die mit der Fruchtwand verwachsenen Spelzen vor dem Mahlen entfernt werden müssen. *Hafer* wird jetzt hauptsächlich als Pferdefutter angebaut, liefert jedoch für die menschliche Ernährung die nahrhaften (7 % Fett, 13 % Eiweiß) und leicht verdaulichen Haferflocken und Hafermehle. Die Gerste wird vor allem als Braugerste verwendet; außerdem werden aus ihr Graupen und Kaffee-Ersatz bereitet.

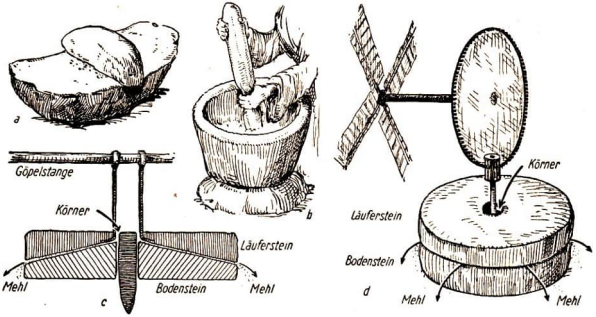
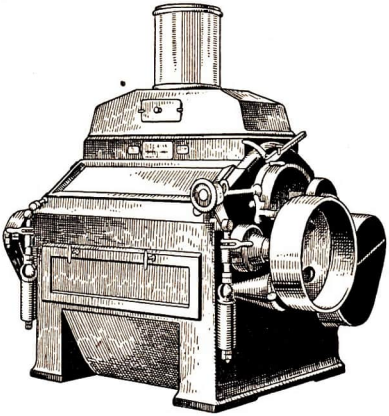


Abb. 241. Zur Geschichte der Müllerei.
a Quetschmühle, *b* Getreidestampfe, *c* Querschnitt durch eine Drehmühle, *d* Schema einer Windmühle

Zur Verarbeitung des Getreides hat sich eine ausgedehnte Industrie entwickelt. Ihr Schwerpunkt ist die Müllerei, ihr Hauptprodukt das *Mehl*. Ursprünglich wurde das Getreide mit *Reibsteinen* oder in mörserähnlichen *Getreidestampfen* zerkleinert. Bei einigen Völkern Afrikas und Indonesiens sind solche Mahlgeräte heute noch in Gebrauch. Später verwendete man größere Mahlsteine, die durch Zugtiere bewegt wurden. Vor etwa 2000 Jahren lernten die Menschen, *Wassermühlen*, vor einigen Jahrhunderten auch *Windmühlen* zu benutzen (Abb. 241). In den modernen *Dampfmühlen* sind die Mahlsteine durch *Walzenstühle* ersetzt, in denen sich geriffelte Walzen entgegengesetzt und verschieden schnell drehen (Abb. 242). Bei der *Flachmüllerei* wird das Korn in einem Mahlgang bei eng aneinander („flach") gehaltenen Mahlsteinen oder Walzen sofort stark zerkleinert; sie liefert ein dunkles Mehl und wird vornehmlich bei der Vermahlung von Roggen angewendet. Die *Hochmüllerei* trennt in mehreren Arbeitsgängen Schale, Keim und Nährgewebe (Mehl) voneinander (Abb. 243). Zuerst werden die Körner zwischen



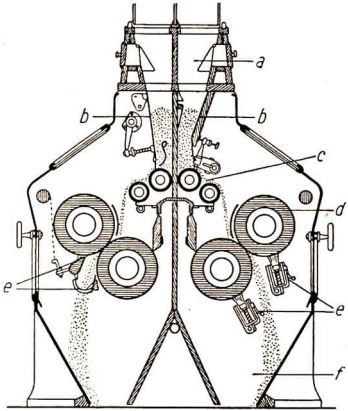


Abb. 242. Doppelwalzenstuhl. Ansicht von außen und schematischer Durchschnitt. *a* Einschütttrichter, *b* verstellbare Wandung, *c* Speisewalzen zum Verteilen des Getreides, *d* geriffelte Mahlwalzen, *e* Abstreifvorrichtungen, *f* Austritt des gemahlenen Getreides

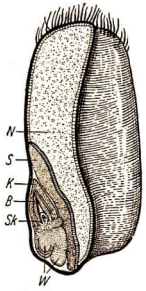


Abb. 243. Längsschnitt durch ein Weizenkorn. *B* erstes Blatt, *K* Keimscheide, *N* Nährgewebe, *S* Schildchen, *Sk* Vegetationspunkt, *W* Würzelchen. Vergr. 8

„hoch"stehenden Walzen geschält, dann wird der Mehlkörper grob zu Schrot und Grieß zerkleinert, die schließlich zwischen enggestellten Walzen feingemahlen werden. (Abb. 244). Der „Plansichter" siebt das Mehl nach dem Feinheitsgrad (Mehlauszug). In Deutschland wird der Weizen meist nach einem mittleren Verfahren (der Halbhochmüllerei) vermahlen.

Das dunkle *Vollkornmehl* hat durch gewisse Keimlingsstoffe einen bitteren Geschmack und wird durch den Fettgehalt des Keimes während des Lagerns ranzig, daher ist das weiße *Mehl* zum Hauptnahrungsmittel

Vermahlung des Weizens (Hochmüllerei)

Ausmahlungsgrad	100%	98,5%	93%	89%	80%	75%	70%	55,8%	30%
Mahlerzeugnis:	Ganzes Korn	Entkeimt, einmal geschält	Geschält	Grobe Kleie, entkeimt	Feine Kleie, entkeimt, grobes Mehl	Dunkles Mehl	Weißbrotmehl	Semmelmehl	Feinstes Mehl
Es gehen verloren vom ganzen Korn:									
Eiweiß	3,03	3,96	7,90	21,60	28,20	34,40	49,40	73,60	
Fett	6,08	14,05	21,05	33,30	43,30	52,10	64,30	84,90	
Kohlenhydrate	0,54	5,95	7,28	11,25	15,30	20,15	36,80	65,00	
Rohfaser	3,65	17,10	35,30	68,00	75,20	78,30	83,50	92,10	
Mineralstoffe	4,34	8,73	26,70	58,80	67,50	73,70	81,00	92,20	

Abb. 244. Getreidekorn im Mahlprozeß (Verluste in Prozenten des ursprünglichen Gewichtes der einzelnen Bestandteile)

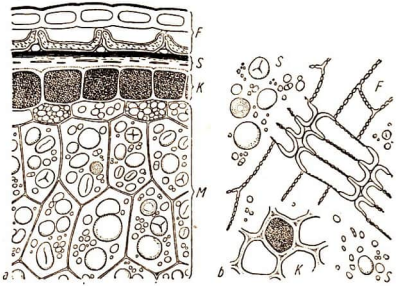


Abb. 245. Vollkornroggenmehl.
a Schnitt durch ein Roggenkorn. *F* Fruchthülle, *K* Eiweißzellen, *M* Mehlkörper mit Stärkekörnern verschiedener Größe, *S* Samenschale.
b Bestandteile des Mehls. *F* Zellen der Fruchthülle, *K* Eiweißzellen (Aleuronschicht), *S* Stärkekörner. (Vergr. 200)

geworden. Die Bewertung des Mehles richtet sich u. a. nach der Höhe seiner Ausmahlung, d. h. danach, wieviel Prozent des Getreides als Mehl gewonnen werden. Die Backfähigkeit des Mehles hängt in erster Linie von den Eigenschaften des Klebers ab, der – besonders beim Weizen – in geringer Menge im Mehlkörper vorhanden ist. Der Kleber kann nachgewiesen werden, wenn wir etwas Mehl in einem Tuch unter dem Wasserstrahl kneten: er bleibt als fadenziehende Masse zurück. Das Eiweiß der festwandigen Zellen der Aleuronschicht verbleibt in der Kleie.

Die älteste Form des Brotes sind die dünnen, tellergroßen, nicht aufgegangenen und ungelockerten **Fladen.** Sie werden noch heute in vielen Ländern verzehrt, vor allem in Afrika und Asien. Bei uns lebt das Fladengebäck in Form des Knäckebrotes wieder auf.

Ausgesprochene **Breifrüchte** sind Hirse, Mais und Reis. Die *Hirse* hatte einst weltweite Bedeutung. Aus der Ernährung Mitteleuropas ist der süße Hirsebrei fast verschwunden, doch zeigen uns Sagen und Märchen, welche große Rolle er einst gespielt hat. In großen Gebieten Afrikas wird aber die verwandte Mohrenhirse, „*Durrha*", noch heute angebaut. Der Hirse in der Verwendung ähnlich ist der *Buchweizen,* ein Knöterichgewächs, das hier und da auf sandigen und moorigen Böden der norddeutschen Heide angebaut wird. Die dreikantig zugespitzten bucheckerähnlichen Früchte sind mehlhaltig. In den letzten Jahrzehnten hat der Anbau von *Mais* bei uns zugenommen. Maismehl und Maisgrieß werden zu Suppen, Puddings usw. verwendet. Ein steifer Maisbrei (Polenta) ist die Nationalspeise der Italiener.

Für mehr als die Hälfte aller Menschen ist der *Reis* das Hauptnahrungsmittel. Seine Vorzüge bestehen in seinem hohen Nährwert, der großen Haltbarkeit und seiner geschmacklichen Indifferenz, durch die er auf mannigfache – noch dazu leichte Art – zubereitet werden kann. Beim Polieren der Reiskörner geht das Silberhäutchen mit seinem Gehalt an Vitamin B_1 verloren. Einseitige

Ernährung mit poliertem Reis verursacht die durch Vitamin-B_1-Mangel hervorgerufene Beriberi-Krankheit.
Eine Zusammenstellung zeigt, was unsere Getreidepflanzen und die anderen wichtigen Kulturpflanzen an Ernten ergeben. Sie läßt zugleich erkennen, welchen Nährstoffbedarf diese Pflanzen haben (s. Tab. XVI).

TABELLE XVI: **Ernteertrag und Nährstoffentzug wichtiger Kulturpflanzen**

Pflanze	Ernteertrag dz/ha mittlerer Boden		Nährstoffentzug kg/ha			
	Früchte, Samen usw.	Stroh, Heu, Kraut	N	P_2O_5	K_2O	CaO
Roggen	20	40	50	30	60	20
Weizen	25	50	70	30	60	30
Gerste	30	40	70	30	75	20
Hafer	30	40	75	35	80	40
Mais	50	—	100	50	150	50
Kartoffel	200	—	90	40	180	75
Zuckerrübe	400	200	150	60	180	80
Erbse, Bohne, Lupine	20	20	70*)	30	70	60
Luzerne	—	100	200*)	60	150	200
Wiesenpflanzen	—	60	90	40	120	80
Tabak	—	20	100	30	160	120
Kohl	—	300	100—250	30—90	100—400	100—400

*) N der Luft!

2. *Die Kartoffel*

Neben dem Brotgetreide ist bei uns die *Kartoffel* infolge ihres leichten Anbaus, ihres Stärkereichtums (s. Tab. XX, S. 206), ihrer Haltbarkeit und mannigfachen Zubereitungsmöglichkeit ein weitverbreitetes Nahrungsmittel (Tab. XVII).

TABELLE XVII: **Speisekartoffelverbrauch in verschiedenen Ländern**

in Gramm je Person und Tag			
Deutschland	520	USA	95
UdSSR	405	Italien	80
England	275	Japan	20
Ungarn	200		

Die Kartoffel wurde bei den Inkas und Majas seit Beginn unserer Zeitrechnung kultiviert. In Europa beginnt die Geschichte der Kartoffel erst um die Mitte des

16. Jahrhunderts, als sie aus ihrer Heimat nach Spanien und England, von Spanien nach Italien und von dort als trüffelähnliche „Tartufoli" nach Deutschland kam. Sie ist dann in einigen europäischen Ländern zu einem wichtigen Nahrungsmittel geworden. Seitdem haben die nach schlechten Getreideernten regelmäßig auftretenden Hungersnöte ihr Ende gefunden. Die Anbaufläche der Kartoffel ist stetig gestiegen. Vor 1939 betrug sie in Deutschland durchschnittlich 15% des Ackerlandes. Zielbewußte Kartoffelzüchtung und die Anwendung von Handelsdünger steigerten den Hektarertrag von 1870 bis heute um 144% und übertrafen die Ertragssteigerung bei den Getreidearten (Tab. XVIII).

TABELLE XVIII: **Hektarerträge in Deutschland in dz**

Erntejahre	Kartoffeln	Brotgetreide	Futtergetreide
1890—1892	79,3	12,79	13,18
1912—1914	147,8	20,05	20,97
1937—1939	183,1	21,77	22,94

Die Kartoffel ist mancherlei Krankheiten ausgesetzt. In trockenen und heißen Lagen erleiden viele Kartoffelsorten bei wiederholtem Anbau einen Ertragsrückgang und müssen durch neue ersetzt werden. Dieser *Abbau* der Kartoffel beruht auf einer Viruserkrankung. Sie kann durch die Einführung der Sommerkultur verhindert werden. Der aus Amerika nach Westeuropa eingeschleppte, immer weiter nach Osten vordringende *Kartoffelkäfer* ist ein schwer zu bekämpfender Schädling. Gründliches Absuchen der befallenen Äcker und Bestäuben mit Gesarol sind die sicherste Abwehr. (Kartoffelkrebs und Kartoffelfäule s. S. 91, 92.)

3. Zucker liefernde Pflanzen

Ein unentbehrliches Nahrungsmittel ist heute in aller Welt der *Zucker*. Bis zur Einführung der Rübenzuckerfabrikation war er in Deutschland ein teurer, nur Wohlhabenden zugänglicher Luxusartikel. Das einzige heimische Süßungsmittel war der nur in beschränkten Mengen zur Verfügung stehende Bienenhonig.

Als Assimilations- und Speicherstoff ist Zucker in vielen Pflanzen vorhanden, aber nur zwei von ihnen kultivierte der Mensch zur Zuckergewinnung: das Zuckerrohr und die Zuckerrübe.

Das in den Tropen angebaute, zu den Gräsern gehörende **Zuckerrohr** liefert etwa zwei Drittel der Welternte an Zucker. Aus dem Mark der 4 bis 5 m hohen, armstarken Halme wird der Saft ausgepreßt und zu Zucker verarbeitet. Der Sirup des Zuckerrohrs kann zu Rum vergoren werden.

Die Stammpflanze der **Zuckerrübe** ist der Mangold. Seine Kultur in weiß-, gelb- und rotwurzeligen Rassen reicht weit ins Altertum zurück. 1747 entdeckte der Berliner Chemiker *Marggraf*, daß der weißwurzelige Mangold (Runkelrübe)

denselben Zucker enthält wie das Zuckerrohr. Von da an begann der Anbau der Zuckerrübe. Seit man die Auslese nach dem Zuckergehalt mit wissenschaftlichen Mitteln vorgenommen hat, stieg dieser rasch an: von ursprünglich 6% war er 1880 auf 8,5%, um die Jahrhundertwende auf 16%, 1908 auf 18% gebracht worden und erreicht heute 20%. Die Zuckerrübe ist eine zweijährige Pflanze. Sie erzeugt im ersten Jahre eine große Wurzelknolle und einen Schopf großer herzförmiger Blätter. Die in der Wurzel aufgespeicherten Stoffe, in erster Linie der Rohrzucker, dienen – wenn man Pflanzen zur Samenerzeugung überwintern läßt – im zweiten Jahre zum Aufbau des oft meterhohen, holzigen Stengels, der mit nach oben immer kleiner werdenden Blättern und zahlreichen grünen Blüten besetzt ist.

Die Verwertung der Zuckerrübe geschieht in der *Zuckerindustrie*. Zur Zeit der Rübenkampagne wird Tag und Nacht gearbeitet, da der Zuckergehalt durch die Atmung der Rübe mit jedem Tag abnimmt (s. S. 57). Der ungereinigte „rohe" Zucker wird gelegentlich als brauner Zucker benutzt. Die Hauptmenge dieses Rohzuckers wird jedoch in den Raffinerien gereinigt und zu weißem Zucker umkristallisiert. Aus ausgepreßtem und eingedicktem Saft der Zuckerrübe entsteht der Sirup.

4. Obstpflanzen

Unter den Nahrungspflanzen der Erde nehmen die *Obstpflanzen* eine wichtige Stellung ein. In Deutschland bedeckt das Baum- und Strauchobst nur 1% der landwirtschaftlichen Nutzfläche, bringt aber 10% aller Einnahmen aus der Landwirtschaft. Sein an sich geringer Nährwert (Tab. XIX) beruht auf dem Gehalt an *Kohlenhydraten*, die in löslicher Form als Zucker, in unlöslicher als Stärke im Obst enthalten sind.

TABELLE XIX: **Obst als Nahrungsmittel**

Obstart	In 100 g Obst sind enthalten in g			
	Wasser	Eiweiß	Zucker	sonst. Stoffe (Säuren, Rohfaser u. a.)
Äpfel	83,9	0,4	10,0	5,7
Birnen	82,8	0,4	10,3	6,5
Pflaumen	80,4	1,0	9,2	9,4
Kirschen, süß	81,7	1,2	10,7	6,4
Pfirsiche	82,7	1,2	7,8	8,3
Johannisbeeren	83,8	0,5	5,3	10,4
Stachelbeeren	85,5	0,5	6,0	8,0
Erdbeeren	85,4	0,6	5,8	8,2
Heidelbeeren	83,6	0,8	5,6	10,0
Preiselbeeren	83,6	0,1	8,7	7,6
Weinbeeren	79,1	0,7	15,0	5,2
Hagebutten	25,5	3,0	19,4	52,1

Mit fortschreitender Reife und Nachreife nehmen die löslichen Kohlenhydrate auf Kosten der unlöslichen zu. Der Wert des Obstes wird dadurch erhöht, daß in ihm immer *Mineralstoffe* und *Vitamine* enthalten sind. Alle Obstarten besitzen *Pektine*, kolloide Stoffe, die beim Kochen quellen und das Gelieren herbeiführen. Der Gehalt des Obstes an *Säuren* gibt ihm den erfrischenden Geschmack, wirkt durststillend und regt zugleich die Darmtätigkeit an. *Aromastoffe*, die sich vielfach erst in der Hochreife bilden, erhöhen den Genuß.
Auf Grund dieser Eigenschaften ist Obst ein wertvolles zusätzliches Nahrungsmittel und wird auch in der Krankendiät verwandt. Die alkoholfreien Obstsäfte sind sehr erfrischend und bekömmlich. Obst wird auch zu Marmelade, Kompott usw. verarbeitet.
Der *Wein* besitzt große wirtschaftliche Bedeutung. Die Weintrauben aus südlichen Ländern sind süßer als unsere deutschen. Gepreßt und vergoren liefern die Trauben die verschiedensten Weinsorten. In Deutschland wird Wein im Südwesten, am Rhein und seinen Nebenflüssen, in geringerem Umfange auch in Mitteldeutschland, an Saale und Unstrut und an der Elbe (Meißen), angebaut.
Südfrüchte sind die aus dem Mittelmeergebiet eingeführten vitaminreichen Orangen und Zitronen, auch Feigen, Datteln und Bananen, die wichtige Nahrungsmittel warmer Länder sind. Die Banane, eine ehemals tropische Urwaldpflanze, bildet an einer mehr als einen Meter langen Ähre etwa 150 Früchte. Die Dattelpalme ermöglicht es den Wüstenvölkern Afrikas und Arabiens, in den Oasen zu leben. Als Hauptnahrungsmittel dient ihnen die Mehldattel, eine Abart, die Stärke statt Zucker speichert; die Zuckerdattel ist Ausfuhrartikel.

5. *Gemüsepflanzen*

Der Wert der *Gemüsepflanzen* beruht weniger auf ihrem meist geringen Kaloriengehalt (Tab. XX) als auf dem hohen Gehalt an *Mineralstoffen* und *Vitaminen* (C, B_1, Provitamin A). Dazu kommen noch *Geschmacks-* und *Aromastoffe*. Manche Arten sind reich an Oxalsäure (Rhabarber), andere an Eisen (Grünkohl, Kopfsalat, Spinat). Aus Weißkohl wird das an Vitamin C reiche Sauerkraut hergestellt. Wir unterscheiden *Wurzelgemüse* (Möhre, Rettich), *Blattgemüse* (Kohl, Spinat) und *Stengelgemüse* (Kohlrabi, Spargel, Radieschen). Als *Gemüsefrüchte* gelten Kürbis und Gurke, die in ihrem Wärmebedürfnis die südliche Heimat verraten. Die Gurke wird in zahlreichen Sorten auf Feldern gebaut oder in Gewächshäusern „getrieben". In subtropischen und tropischen Ländern ist die *Melone* ein Volksnahrungsmittel. Die für uns wichtigste Gemüsefrucht ist die *Tomate*, die viel Vitamine enthält. Sie wird in jeder Form gegessen, roh oder gekocht, als Hauptgericht oder als Würze, als ganze Frucht oder als Saft. In Peru und Mexiko wurde sie seit langem kultiviert. In Europa ist sie zunächst als Zierpflanze gezogen worden; erst seit kaum hundert Jahren wird sie auch hier gegessen. Die letzten Jahrzehnte brachten ihre allgemeine Verbreitung. Im Jahre 1948 wurden etwa 500mal soviel Tomaten angebaut als im Jahre 1913. Eine neuere

Züchtung ist die Buschtomate. Sie bietet den Vorteil, daß für den feldmäßigen Anbau das Anbinden und Entgeizen (Entfernen der Seitentriebe) wegfällt.
Die Gemüsepflanzen gehören den verschiedensten Familien an. Die wichtigsten sind Kreuzblütler mit der Gattung Kohl, die Gänsefußgewächse mit Spinat und rotwurzeligem Mangold, die Korbblütler mit Gartensalat, Endivie und Schwarzwurzel und die Doldengewächse mit Mohrrübe, Pastinake und Sellerie.
Wie sich die Gemüsepflanzen unter dem züchtenden Einfluß des Menschen verändert haben, zeigt sich am Gemüsekohl. Die Römer kannten nur *Blätter-* und *Krauskohl.* Der *Kopfkohl* (Weiß- und Rotkohl) entstand in dem kühleren Klima nördlich der Alpen und wird Anfang des 12. Jahrhunderts zum ersten Male genannt. Seine Sproßachse ist stark verkürzt, „gestaucht", und um diesen Strunk bilden die glatten, fleischigen Blätter einen kugligen Kopf. Beim *Wirsing* oder *Welschkohl* (wahrscheinlich aus Savoyen) bestehen die lockeren Köpfe aus krausen Blättern. Der *Kohlrabi* hat einen verdickten Stengel, der *Blumenkohl* einen gestauchten Blütenstand. Am *Rosenkohl* entwickeln sich im Herbst die Blattachselknospen des langen Stengels zu kleinen „Röschen"; er erschien erstmalig gegen Ende des 18. Jahrhunderts in Belgien.
Die schon früh kultivierte Mohrrübe (Möhre) enthält in der dicken eßbaren Wurzel Zucker und Stärke, deren Gehalt seither wesentlich erhöht wurde. Eine Züchtung neueren Datums ist die kurze, stumpfe Karotte.

6. Hülsenfrüchte

Geringer Wassergehalt, aber Reichtum an Eiweiß und Kohlenhydraten kennzeichnen die *Hülsenfrüchte,* die Samen von Erbse, Bohne, Sau-, Pferde- oder Puffbohne und Linse. Sie vermögen Fleisch einigermaßen zu ersetzen, doch

TABELLE XX: **Nahrungsstoffgehalt von Kartoffeln, Gemüse, Hülsenfrüchten in %**

	Wasser	Eiweiß	Fett	sonst. Stoffe (Kohlenhydrate, Rohfaser u. a.)
Kartoffeln	75,0	1,5	0,1	23,4
Blumenkohl	90,7	1,7	0,4	7,2
Kohlrabi	92,8	1,0	0,1	6,1
Rosenkohl	83,6	3,2	0,5	12,7
Rotkohl	93,1	0,9	0,2	5,8
Weißkohl	94,1	0,7	0,1	5,1
Grünkohl	81,0	3,4	0,9	14,7
Möhren	89,6	0,7	0,3	9,4
Spinat	93,3	2,1	0,3	4,3
Gurken	97,3	0,5	0,2	2,0
Kopfsalat	95,4	1,1	0,2	3,3
Grüne Bohnen	89,4	1,7	0,2	8,7

ist ihr Eiweiß schwer verdaulich und nicht vollwertig; auch sind Hülsenfrüchte meist vitaminarm. Immer größere Bedeutung gewinnt die ostasiatische *Sojabohne*. Sie enthält außer Eiweißen und Kohlenhydraten eine beachtliche Menge Öl, alle drei Stoffe in einer bei Pflanzen besonders günstigen Zusammensetzung, dazu noch Mineralstoffe und Vitamine. Dem Jenaer Universitätsgut Dornburg ist es gelungen, eine für unser Klima geeignete und ertragreiche Sorte zu schaffen.

7. *Ölpflanzen*

Der energiereichste und konzentrierteste Reservestoff der Pflanze ist das *Öl*. Es ist flüssiges Fett und meist als feine Emulsion, nur selten in größeren Tröpfchen in den Zellen vorhanden. Öl findet sich in erster Linie in den Samen. Doch nur wenige Pflanzen speichern es in einer Menge, die den Anbau lohnt (Tab. XXI).

TABELLE XXI: **Die wichtigsten Ölpflanzen Deutschlands**

Pflanzenart	Körnerertrag dz/ha	Ölgehalt in %	Ölertrag dz/ha	Eiweißertrag dz/ha
Öllein	17	41	7,0	4,1
Winterraps	16	42	6,7	3,1
Winterrübsen	14	36	5,0	2,7
Mohn	10	45	4,5	2,0
Sommerraps	10	42	4,2	2,0
Sonnenblume	12	32	3,8	1,7
Weißer Senf	12	30	3,6	—
Sommerrübsen	8	36	2,9	1,5
Sojabohnen	16	18	2,9	5,3
Hanf	8	32	2,5	1,5
Faserlein	7	34	2,4	1,8

Fett ist für den Menschen die kalorienreichste Nahrung: 1 g Fett liefert 9,3 kcal, Eiweiß und Kohlenhydrate geben nur 4,1 kcal. Auch als Baustoff und Energiespeicher ist Fett unentbehrlich.

Die Sonnenblume wird in der UdSSR auf riesigen Flächen kultiviert. Hauptproduzenten der Sojabohne sind Süd- und Ostasien, USA, Südamerika, Afrika und Australien. Die Ölpflanze der Mittelmeerländer ist der Ölbaum (Olivenöl); die wichtigste Ölpflanze der Südseeinseln ist die Kokospalme, im tropischen Afrika die Ölpalme und neuerdings die Erdnuß. Die Blütenstiele der Erdnuß krümmen sich nach dem Verblühen abwärts und drücken die heranreifenden Früchte in die Erde (Abb. 246). Viele Millionen Tonnen Öl liefern die Baumwollsamen.

Der Anteil der hauptsächlichsten Pflanzenöle an der Weltproduktion betrug um 1935 in Prozenten ausgedrückt:

Erdnuß 20%	Soja 13%
Baumwollsamen 20%	Oliven 0,2%
Lein 16%	Palmen 7,5%
Kokosnuß 15%	

Abb. 246. Erdnuß

Um das Öl zu gewinnen, werden die Samen der Ölpflanzen kalt oder heiß ausgepreßt. Aus den Rückständen werden die Ölreste mit chemischen Lösungsmitteln „extrahiert", die Preßkuchen werden als Kraftfutter verwendet (s. S. 212).
Durch den verstärkten Anbau von Ölfrüchten wird die Fetterzeugung am raschesten erhöht; denn die Aufzucht von Vieh erfordert viel Zeit und setzt voraus, daß genügend Futter zur Verfügung steht. Die Fettleistung des Tieres ist auch geringer als die der Pflanze, weil das Tier einen wesentlichen Teil der mit der Pflanzennahrung aufgenommenen Kalorien für seine eigene Lebenstätigkeit verbraucht.

8. Gewürz- und Genußmittelpflanzen

Die **Gewürzpflanzen** werden im ganzen oder nur teilweise als *Gewürz* verwendet. Sie fördern die Verdauung, verbessern den Geschmack und sind insofern unentbehrlich, als eine gewürzlose Nahrung auf die Dauer nicht genossen werden kann. Die wirksamen Bestandteile sind leicht flüchtige, aromatische Substanzen in den Blättern, vor allem aber in den Früchten, meist *ätherische Öle.* Die Pflanzen oder Pflanzenteile werden frisch oder getrocknet in Küchen, Bäckereien und zur Bereitung von Likören („Kümmel") verwendet.
Die *einheimischen* Gewürze entstammen verschiedenen Pflanzenfamilien: Doldengewächse (Anis, Dill, Fenchel, Kerbel, Koriander, Kümmel, Petersilie, Sellerie) – Kreuzblütler (Meerrettich, Rettich, Senf) – Lippenblütler (Basilikum, Salbei, Thymian, Majoran, Bohnenkraut) – Liliengewächse (Knoblauch, Porree, Schnittlauch, Zwiebel) – Schwertliliengewächse (Safran) – Korbblütler (Beifuß, Estragon) –, dazu kommen aus anderen Familien Borretsch, Waldmeister, Wacholder.
Eine Reihe bekannter Gewürze stammt aus anderen Ländern. Pfefferkörner sind die Steinfrüchte des kletternden Pfefferstrauches *(Piper nigrum)*, der besonders in Indien und auf den Sundainseln an Stangen gezogen wird. Paprika wird

aus schotenähnlichen Früchten des vor allem in Ungarn angebauten Spanischen Pfeffers *(Cápsicum)* hergestellt. Die Rinde des auf Ceylon beheimateten Zimtbaumes *(Cinnamómum ceylánicum)* wird zu Zimt gemahlen. Der getrocknete Wurzelstock der tropischen einkeimblättrigen Staude *Zíngiber officinále* kommt als Ingwer zu uns. Zu Muskat wird der steinharte Samen, die Muskatnuß, einer walnußgroßen Frucht zerrieben, deren roter Samenmantel die Muskatblüte liefert. Der Muskatnußbaum *(Mýristica frágrans)* stammt von den Molukken, ebenso der Gewürznelkenbaum *(Eugénia caryophylláta)*, dessen getrocknete Blütenknospe wir als Gewürznelke bezeichnen. Vanille sind die bleistiftlangen, schotenförmigen Früchte der tropischen Orchidee *Vanílla planifólia*, die mit Haftwurzeln an anderen Pflanzen emporklettert. Einer der in ihr enthaltenen wohlriechenden Stoffe, das Vanillin, wird jetzt künstlich hergestellt. Ein verbreitetes Gewürz sind schließlich die Lorbeerblätter; der in den Mittelmeerländern heimische Lorbeerbaum *(Láurus nóbilis)* wird bei uns oft in Kübeln gezogen.

Die **Genußmittelpflanzen** werden angebaut, weil sie Stoffe enthalten, die die Geschmacksorgane oder das Gefäß- und Nervensystem reizen und anregen. Diese Wirkung geht von Alkaloiden aus, organischen Verbindungen, die in stärkerer Dosis giftig sind. Das angenehme Aroma der Genußmittel ist meist an ätherische Öle gebunden.

Die Sitte, *Kaffee* zu trinken, übernahmen im 15. Jahrhundert die Araber von Abessinien. Sie bauten den Kaffeestrauch zuerst in Mokka an. Die kirschenähnlichen Früchte umschließen mit ihrem süßen Fruchtfleisch zwei Samen, die „Kaffeebohnen", die 1 bis 1,75 % Koffein enthalten (Abb. 247a).

Abb. 247. *a* Kaffeebaum, Zweig mit Früchten, a_1 mit Blüten, *b* Kakaobaum mit Früchten am Stamm, b_1 Einzelblüte, *c* Teestrauch, blühender Zweig

Der *Kakao* war ein Getränk der Azteken und Inkas. Er wurde zu Beginn des 16. Jahrhunderts durch die Spanier in Europa eingeführt. In Deutschland gewann der Kakao erst im 19. Jahrhundert größere Bedeutung. Die Blüten des Kakaobaumes entspringen in Büscheln dem Stamm; die gurkenähnlichen 20 cm langen Früchte bergen 40 bis 60 bohnenförmige Samen (Abb. 247b). Zur Verarbeitung werden diese geröstet, von der Schale befreit, entkeimt und gemahlen. Nach dem Auspressen des Kakaofettes, der „Kakaobutter", bleibt das Kakaopulver übrig. Eine Mischung aus Kakaopulver, Zucker, Kakaobutter, Vanille und anderen Gewürzen ist die Schokolade.

Aus Ost- und Südostasien, wo das Teetrinken seit einigen Jahrhunderten allgemein gebräuchlich ist, kam der *Tee* zu uns. Die Blätter des 1 bis 2 m hohen Teestrauches (Abb. 247c) enthalten als anregenden Stoff das mit dem Koffein chemisch identische Tein. Hauptanbaugebiete sind China, Japan, Südasien und der Südkaukasus.

Ein Genußmittel Ostasiens ist das *Opium*, der getrocknete Milchsaft der unreifen Kapseln des Schlafmohns *(Papáver somniferum)*. Opium enthält eine Reihe von Alkaloiden, darunter das Morphin, das als Morphium ein schmerzstillendes und schlafbringendes Arzneimittel ist. Die Gewöhnung an Morphium ist gefährlich. Sie macht „süchtig", d. h., sie führt zu einem krankhaften Verlangen nach immer höheren Dosen dieses Arzneimittels (Morphinismus), das dann die Gesundheit schnell zerstört.

Ein über die ganze Erde verbreitetes Genußmittel ist der *Tabak*. In seiner amerikanischen Heimat war er den Indianern seit langem bekannt. Im Tabak findet sich das Alkaloid Nikotin durchschnittlich zu 2%. Reines Nikotin ist eine schwach gelbliche Flüssigkeit, von der 0,05 g tödlich wirken. Eine 5 g schwere Zigarre enthält 0,1 g Nikotin, von dem jedoch beim Rauchen 95% in den Rauch bzw. in den Stummel übergehen. Der Raucher nimmt eine merkliche Menge des Gesamtnikotins in sich auf. Fortgesetzter starker Tabakgenuß kann daher zu schweren Erkrankungen führen.

b) Futterpflanzen

Der Mensch ist ein Allesesser. Der weitaus größte Teil der Menschen nimmt neben pflanzlichen auch tierische Nahrungsmittel zu sich, die ihm in der Hauptsache das Nutzvieh liefert. Das Nutzvieh verwertet die Futterpflanzen sowie die Abfälle von Küche und Wirtschaft und von landwirtschaftlich-technischen Gewerben und wandelt die *Erzeugnisse des Ackerbaues in Fleisch, Fett, Milch, Eier* u. a. um. Die zur menschlichen Ernährung nicht geeigneten Pflanzen bzw. Pflanzenteile, wie Wiesenpflanzen, Heu, Stroh, Strünke usw., erfahren dabei eine Veredlung zu leicht verdaulichen Nahrungsstoffen.

Die Futterpflanzen werden im *Dauerfutterbau* (Wiese, Weide) oder im *Feldfutterbau* gewonnen. Am häufigsten werden angebaut die Leguminosengattungen Klee, Luzerne, Serradella, Wicke, Erbse, Lupine (s. Tab. IV, S. 120); die Kreuzblütler

Raps, Rübsen, Senf, Kohl; die Runkelrübe; als Zwischenfrucht der Spark *(Spérgula arvénsis)*, ein Nelkengewächs; die Getreidegräser und viele andere Süßgräser (s. S. 146). Zur Fütterung werden auch fast alle für die menschliche Ernährung angebauten Pflanzen verwendet.

Der Feldfutterbau kam erst Ende des 18. Jahrhunderts auf. Bis dahin boten Grasland und Wald die Futtergrundlage für die Viehzucht (s. S. 184). Der Acker gab, solange die Dreifelderwirtschaft herrschte (s. S. 166), nur eine karge Brach- und Stoppelweide und bei den geringen Ernten nur wenig Stroh, Spreu und Körner. Mit Anbruch des Winters mußte darum im allgemeinen das Vieh geschlachtet werden, denn mit der Winterfütterung war es schlecht bestellt. Der Bauer konnte nur eine geringe Anzahl Haustiere mühselig und ohne Nutzung bis zum Beginn der nächsten Vegetationsperiode am Leben erhalten.

Eine grundlegende Änderung trat erst um die Wende des 18. Jahrhunderts mit der „Besommerung" der Brache ein, indem man sie mit Futterpflanzen bebaute. Das ermöglichte eine **Futtervorratswirtschaft** für den Winter und den Übergang zur Stallfütterung. Dadurch vermehrte sich der Viehbestand und durch den erhöhten Düngeranfall der Ernteertrag. Raps und Rübsen gewannen an Bedeutung; Mais, Luzerne, Esparsette, Rotklee und Kartoffel wurden als neue Futterpflanzen eingeführt.

Den entscheidenden Anteil am Aufblühen der Futtervorratswirtschaft hatte die *Kartoffel* (s. S. 202). Ihr Anbau kam in erster Linie der Schweinezucht zugute. Brauchte man früher 3 bis 4 Jahre, um ein Schwein bis zu einem Gewicht von 100 bis 200 kg zu mästen, so sind heute nur 7 Monate nötig; dadurch hat sich der Schweinebestand im 19. Jahrhundert vervielfacht. Die Kartoffel ist für die Viehfütterung unentbehrlich geworden (Tab. XXII).

TABELLE XXII: **Verwendung der durchschnittlichen Vorkriegskartoffelernte**

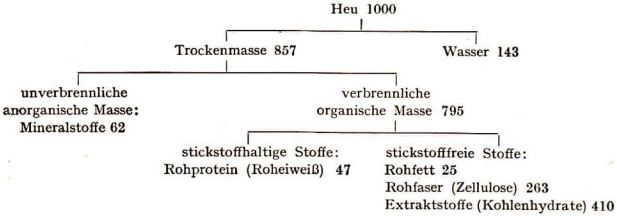
Durchschnittsernte	45 000 000	Tonnen,	100 %,	davon:
Speisekartoffeln	13 050 000	Tonnen,	29 %	der Ernte
Pflanzkartoffeln	6 750 000	„	15 %	„ „
Futterkartoffeln	17 550 000	„	39 %	„ „
Fabrikkartoffeln	3 150 000	„	7 %	„ „
Schwund	4 500 000	„	10 %	„ „

Der Anbau der Futterpflanzen wirkte sich auch verbessernd auf den Boden aus. Die meisten Futterpflanzen sind Tiefwurzler, die auch die tieferen Schichten aufschließen und den Boden durch ihr stärkeres Wurzelwerk mit Humus anreichern. Die Leguminosen unter ihnen erhöhen, besonders bei Gründüngung, den Stickstoffgehalt des Bodens. Das dichte Blätterwerk erzeugt eine ausgezeichnete „Schattengare". Die sowjetische Agrobiologie fügt in ihrem **Trawopolnajasystem** auch die Futtergräser in den Fruchtwechsel ein (s. S. 167).

Die Bauern bewerten die Futterpflanzen nach der Art ihrer Verwendung: 1. Das **Grünfutter** (Gras, Klee, Rübenblätter, Wicke, Luzerne) wird frisch von Feld und Wiese gewonnen; es ist wasser- und vitaminreich. 2. Als **Rauhfutter** bezeichnet der Landwirt getrocknetes Grünfutter, also Heu, Stroh und die beim Dreschen abfallende Spreu. 3. **Saftfutter** sind die Knollen und Wurzelfrüchte (Kartoffel, Rübe), die gewerblichen Abfälle der Zuckerfabrikation (Schnitzel), der Spiritusfabrikation (Schlempe) und das Gärfutter. Bei diesem unterliegen fest eingestampfte Pflanzen in Gruben oder Türmen einer Milchsäuregärung. Milchsäurebakterien spalten den Traubenzucker der Futterkräuter in Milchsäure, die das Gedeihen von Fäulnisbakterien verhindert und das Futter konserviert. 4. **Kraftfutter** enthält viel Eiweiß und Kohlenhydrate, zum Teil auch Öl. Als Kraftfutter gelten Getreide, Hülsenfrüchte, Abfälle der Müllerei (Kleie), der Brauerei (Trester), der Zuckergewinnung (Melasse), der Ölgewinnung (Ölkuchen) und die Trockenhefe.

Der *Nährwert* eines Futtermittels beruht auf seinem Gehalt an verdaulichen Eiweißen, Kohlenhydraten und Fetten. Er wird in der Landwirtschaft als *Stärkewert* angegeben. Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate werden dabei auf den Nährwert reiner Stärke umgerechnet, die Summe wird als Stärkewert des Futtermittels bezeichnet. Zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes werden die Futtermittel analysiert und in Stoffgruppen zerlegt:

Zusammensetzung und Gehalt von mittelgutem Wiesenheu



38 g des Roheiweißes sind für das Vieh verdaulich. Der Stärkewert von 1 kg Heu ist 310 g, d. h., 1 kg Heu hat denselben Wert wie 310 g Stärke.

c) Pflanzliche Rohstoffe

Nicht nur aus der Ernährung des Menschen, sondern auch aus seinem gesamten wirtschaftlichen und kulturellen Leben ist die Pflanze nicht wegzudenken. Im *Feuer* nutzt der Mensch die Sonnenenergie, die durch die photosynthetische Leistung der Pflanze in den organischen Verbindungen gespeichert wird (Holz) bzw. vor Jahrmillionen gespeichert worden ist (Kohle, Erdöl). Auf diese Sonnenenergie gründet sich die Wärme- und Energiewirtschaft in Küche, Haus und Industrie.

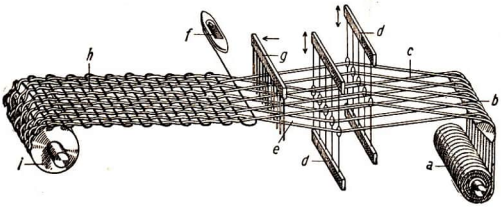


Abb. 248. Schema des Webvorganges. Vom Kettbaum *a* laufen über den Streichbaum *b* die Kettfäden *c*. Mit Hilfe der Schäfte *d* werden sie gegeneinander abgehoben. Durch die so entstehende Öffnung, das Fach *e*, wird mit dem Schützen *f* der Schußfaden eingetragen und mit dem Weberkamm *g* gegen die bereits abgebundenen Schüsse angeschlagen. Das fertige Gewebe *h* wird auf den Warenbaum *i* aufgewickelt.

Der ursprünglichste energiespendende Pflanzenstoff ist das **Holz,** in rohem, getrocknetem Zustande oder in der Köhlerei für spezielle Zwecke zu Holzkohle umgewandelt (sie wird z. B. zur Herstellung von Schwarzpulver und zur chemischen Gewinnung von Metallen gebraucht). Die unmittelbare Verwendung von Holz als Heizstoff ist im Grunde genommen Vergeudung. Denn neben Metallen und mineralischen Naturprodukten (Steinen, Erden) ist es dank seinem Feinbau (s. S. 28) der wertvollste Rohstoff der menschlichen Wirtschaft. Unentbehrlich ist es als *Baumaterial* (Latten, Stangen, Bretter, Balken, Pfosten) und als *Gruben-* und *Schwellenholz.* Auch für die Arbeit vieler Industrien (Möbeltischlerei, Bootsbau, Wagenbau, Spielzeugindustrie) und vieles andere ist Holz das Ausgangsmaterial. Durch Veredlung zu Furnieren und Sperrhölzern erhöhen wir seinen Wert. Ein Blick in eine Küche, eine Wohnung oder ein ganzes Haus zeigt uns, wie viele Gegenstände des täglichen Lebens aus Holz gefertigt sind.

Holz ist auch der wichtigste Rohstoff für die Industrie zur Gewinnung von Zellulose (Zellstoff), Pappe und Papier. Manche Sorten von Kunstseide und die Zellwolle werden durch Veredlung der Holzzellulose gewonnen.

Die Möglichkeit, Kleidung herzustellen, gaben in erster Linie die **Faserpflanzen.** Die wichtigste Gespinstfaserpflanze unserer geographischen Breiten ist der *Lein* oder *Flachs.* Die bis 5 cm langen, dickwandigen Bastfasern (s. S. 20) sind durch Pflanzenleim zu Bündeln, den *Flachsfasern,* verbunden (Abb. 24). Sie werden nach der üblichen Aufbereitung (Röste) gewonnen, zu Garn versponnen und zu Leinwand verwebt. Durch Jahrtausende gebrauchte der Mensch die Handspindel. Im 16. Jahrhundert wurde sie durch das Spinnrad ersetzt, so wie im letzten Jahrhundert die Handwebstühle von den mechanischen der Fabriken abgelöst wurden (Abb. 248).

Den ersten Platz unter allen Textilfasern der Welt nehmen die *Samenhaare* der *Baumwolle* ein. Sie stellen das hauptsächlichste Ausgangsmaterial für die **Textilindustrie** dar.

Kaum weniger wichtig ist die Verwendung der pflanzlichen Faser in der **Seilerei.** Manche Faserpflanzen geben dafür besonders geeignetes Material ab. Neben Flachs verarbeitet der Seiler vor allem die wesentlich längeren, dafür aber härteren und steiferen Fasern vom Hanf. Für derbere und festere Seilerwaren und für Säcke werden aus Südostasien die langen Stengelfasern der Jute und der Ramiepflanze eingeführt. Sehr haltbare Seilerwaren werden aus den Blattfasern der Sisalagave, des Manilahanfes und des neuseeländischen Flachses hergestellt.

Im Laufe der Zeit hat der Mensch gelernt, sich immer mehr pflanzliche Produkte nutzbar zu machen. Mit **Gerbstoffen** wandelt er Häute in Leder um, d. h., er macht aus den leicht zersetzlichen Eiweiß-Stoffe, die nicht von Bakterien und Pilzen angegriffen werden. Die Gerbstoffe werden vor allem aus der Rinde von Fichte und Eiche, die im Mittel 11,5 % bzw. 10 % enthalten, gewonnen. Auch Birken- und Erlenrinde und das Holz von Eiche und Edelkastanie liefern Gerbstoffe.

Farbstoffe und **Duftstoffe** spielten schon immer eine große Rolle. Die Duftstoffe sind ätherische Öle (s. S. 127) in Früchten, Samen, Blättern und anderen Pflanzenteilen (Gewürznelke, Lavendel, Mandel, Orangenschalen, Rosenblätter, Thymian, Zimt usw.). Farbstoffe können sich in allen Pflanzenteilen finden. Der blaue natürliche Indigo wird aus dem Holz von *Indigófera tinctória* hergestellt. Alle bei uns angebauten Farbstoffpflanzen (Waid, Krapp, Färbeginster) sind durch die Herstellung von billigeren, synthetischen Farbstoffen bedeutungslos geworden.

Daß viele Pflanzen eine gesundheitsfördernde Wirkung ausüben, hat der Mensch von alters her beobachtet; als **Arzneipflanzen** hat er sie gesammelt und manche bei seiner Wohnstätte angebaut. Mit den aus ihnen gewonnenen Arzneimitteln ging er an die Aufgabe der Schmerzlinderung und Heilung von Krankheiten heran. Die wirksamen Bestandteile der Arzneimittel sind entweder *Alkaloide* – Morphium als Betäubungs- und Schlafmittel aus dem Mohn, Chinin aus dem Chinarindenbaum *(Cinchona succirúbra)* gegen Malaria und andere Fieber, Kokain als narkotisches Mittel aus Kokablättern *(Erythróxylon cóca)* – oder zuckerähnliche *Glukoside* – das Herzmittel Digitalis aus dem Roten Fingerhut *(Digitális purpúrea)* und das Abführmittel Aloe aus der gleichnamigen Pflanze. Zahlreiche Arzneimittel aus Heilkräutern sind zu bewährten Hausmitteln geworden.

Das Quellungsvermögen mancher pflanzlicher Stoffe nutzt man in den **Klebemitteln.** Stärke und Stärkeprodukte, wie *Dextrin,* sind die Grundlage vieler Kaltleime. Das *Gummi arábicum* ist ein Pflanzenschleim aus Arten der Gattung *Acácia.* Zur Erhöhung der Gelierfähigkeit der Obstsäfte dienen die *Pektine* aus Rübenschnitzeln und Obstschalen (s. S. 205).

Seit dem 19. Jahrhundert wird der **Kautschuk** industriell verwertet. Er ist zu rund 30 % in dem als Latex bezeichneten Milchsaft gewisser Arten der Wolfsmilchgewächse *(z. B. Hevéa brasiliénsis)*, Maulbeergewächse *(z. B. Fícus elástica*, unser „Gummibaum") u. a. wie Fetttröpfchen in der Milch verteilt. Durch Anritzen der Rinde läuft der Milchsaft aus einem verzweigten Röhrensystem (s. S. 22) heraus,

wird zum Gerinnen gebracht, getrocknet und durch Rösten konserviert. Dieser klebende Rohkautschuk wird mit Schwefel zu elastischem Gummi vulkanisiert. Wie vielseitig er verwendet wird, ist uns aus dem täglichen Leben bekannt.
In der *Sowjetunion* untersuchte man über tausend Wildpflanzen planmäßig auf ihren Gehalt an Kautschuk. Im Jahre 1931 fand man in Zentralasien in 2000 m Höhe eine Löwenzahnart *(Taráxacum kok-saghys)*, die besonders in ihrer Pfahlwurzel viel Kautschuk enthält. Sie wird heute auf über 60000 ha angebaut und liefert je Hektar 150 bis 250 kg reinen Kautschuk, fast ebensoviel, wie in den tropischen Plantagen gewonnen wird. Dadurch ist der Kautschukversorgung in der Sowjetunion eine neue Grundlage gegeben worden.
Die pflanzlichen **Fette und Öle** werden zu etwa einem Drittel industriell verwendet als Schmieröl (Rüböl, Rizinusöl), zur Herstellung von Seifen, Kerzen, Firnissen und Lacken (Leinöl, Holzöl, chinesisches Tungöl aus Wolfsmilcharten).
Wo dem Menschen die Naturstoffe nach Quantität und Qualität nicht genügten, hat er auf dem Wege chemischer Synthesen Kunststoffe geschaffen, die den Naturprodukten nicht nur gleichwertig sind, sondern sie häufig an Qualität übertreffen. So gibt es neben jeder der genannten pflanzlichen Stoffgruppen entsprechende Produkte der chemischen Industrie. Es ist den Forschern u. a. gelungen, die bescheidene Skala von vielleicht 20 natürlichen Farben mit den Teerfarbstoffen auf Hunderte von Farbtönen zu erweitern. Auch Gerbstoffe, Duftstoffe, Kautschuk, Öle usw. werden heute synthetisch hergestellt.

III. Pflanzenzüchtung

a) Grundlagen und Ziele

Seitdem die Menschen Ackerbau betreiben, haben sie die Pflanzen durch Veränderung des Bodens und der Umgebung der Pflanzen ständig verändert. Sie steigerten in ihrem Interesse die Leistungen der Pflanzen. Die ersten Anfänge dazu liegen Jahrtausende zurück. Wir können daher über die Methoden, nach denen die **Wildformen** zu Kulturpflanzen entwickelt wurden, nur Vermutungen äußern. Vielleicht hat sich der Anbau von Pflanzen so vollzogen, daß zufällig einmal Körner in der Nähe der menschlichen Behausungen auf den durch das menschliche Dasein veränderten Boden fielen und dort besser wuchsen. Dann ging der Mensch dazu über, gerade an diesen Stellen immer wieder Körner dem Boden anzuvertrauen. Beim Sammeln werden die Menschen nicht einzelne Körner, sondern Ähren genommen haben. Wenn sie Pflanzen mit brüchiger Ährenspindel nahmen, werden die Körner verlorengegangen sein. Die vorzeitig ausgefallenen Körner konnten nicht mitgeerntet werden. So ging von vornherein eine für den Menschen sehr wichtige Eigenschaft von der Wildform auf die Kulturform über: die zähe Ährenspindel. Die Menschen verstanden es immer besser, den Boden zu bearbeiten. Aus Wildformen wurden allmählich immer höherwertigere Kulturformen.

Erst später lernten die Menschen bewußt zu züchten, indem sie bestimmte Formen, die ihnen wertvoll erschienen, in mühseliger Arbeit auslasen und unter besonderem Schutz vermehrten. Später gingen die Menschen dazu über, die Pflanzen durch Schaffung neuer Umweltbedingungen bewußt in bestimmte Entwicklungsrichtungen zu treiben. Auf diese Weise haben die Menschen aus Wildformen allmählich die verschiedensten Kulturformen gezüchtet. Heute ist für eine planmäßige Züchtung ein klares **Zuchtziel** nötig. Im Getreidebau erstreben wir Sorten mit hohem Körnerertrag, schneller Reife zur Verkürzung der Vegetationsperiode, Widerstandsfähigkeit (Resistenz) gegen Frost, Standfestigkeit der Halme zur Erleichterung der Ernte, vor allem aber Resistenz gegen Schädlinge aller Art (z. B. Rostkrankheit des Weizens). Im Obstbau bemühen wir uns, die Bäume resistent gegen Frost und Pilzbefall zu machen und geeignete Sorten für die verschiedenen Böden und klimatischen Verhältnisse zu finden. Weiter versuchen wir, krebs- und kartoffelkäferfeste Kartoffelsorten, reblausfeste Weinsorten zu gewinnen u. a. m.

b) Wege der Züchtung

1. Auslese

Die Variabilität der Pflanzen benutzt der Züchter dazu, die seinem Zuchtziel nahekommenden Formen *auszulesen* und zur Fortpflanzung zu bringen. So entstand eine unserer jüngsten Kulturpflanzen, die Süßlupine, durch planvolle Auslese: unter 1,5 Millionen bitteren Lupinen fand man bis zum Jahre 1929 fünf Pflanzen, die fast bitterstofffrei waren; aus ihnen wurden die Süßlupinen gezüchtet.
Als *Auslesematerial* dienen dem Züchter im allgemeinen die heimischen Pflanzensorten, die **Landsorten.** Sie sind durch langjährige Einwirkung der jeweiligen Klima- und Bodenfaktoren den Verhältnissen ihrer Standorte besonders gut angepaßt: nicht geeignete Pflanzen sind zugrunde gegangen, und nur die passendsten sind am Leben geblieben und haben sich vermehrt. In Eigenschaften, die einer natürlichen Auslese *(Selektion)* nicht unterliegen, wie Körnergröße, hoher oder geringer Stärkegehalt, gute oder schlechte Druschfähigkeit des Getreides usw., sind die Landsorten jedoch uneinheitlich. Sie stellen also ein mehr oder weniger kompliziertes Gemisch mannigfacher erblicher Formen dar, zwar gleichmäßig im Ertrag, aber ohne Spitzenleistung.
Aus diesen Landsorten züchtet der Mensch – in Anlehnung an den Naturvorgang der *Selektion* – nach und nach einzelne erblich einheitliche Sorten heraus. Das einfache Auslesen ist ein altes Verfahren, Pflanzen zu züchten; es war bis zur Jahrhundertwende die ausschließliche Züchtungsmethode und ist auch weiterhin unentbehrlich. Es gibt zwei Arten der Auslese: die Massenauslese und die Individualauslese. Bei der **Massenauslese** sucht der Züchter die seinem Zuchtziel entsprechenden Formen aus dem Bestand heraus (z. B. Halme mit großen Körnern) und vermehrt sie gemeinsam. Unter dem ausgelesenen Material können aber – ihrer Erblichkeit nach – ungeeignete Individuen sein. Diese Unsicherheit der Massenauslese sucht die **Individualauslese** zu vermeiden: der Züchter prüft

die ausgelesenen Pflanzen auf ihre Erbfestigkeit in ähnlichen Umweltverhältnissen, indem er von jeder Pflanze die Nachkommen gesondert aufzieht und nur die hochwertigsten für die weitere Zucht verwendet. Das Ergebnis eines solchen **Hochzuchtverfahrens** ist ein *Elitesaatgut* bzw. eine *Eliterasse*. Diese Arbeit wird bei uns vor allem von der Deutschen Saatzucht-Gesellschaft und den volkseigenen Saatzuchtgütern geleistet.

2. *Züchtung durch Kreuzung*

Ein zweiter Weg, neue Sorten der Kulturpflanzen zu züchten, ist die *Kreuzung*. Der Züchter bestäubt dabei die Narben einer Pflanzensorte mit Blütenstaub einer anderen, verwandten, die sich in bestimmten erblichen Merkmalen von der ersten unterscheidet. Die daraus hervorgehenden Pflanzen haben Eigenschaften beider Sorten und werden als **Bastarde** oder **Hybriden** bezeichnet. Die Kreuzung heißt deshalb auch *Bastardierung* oder *Hybridisation*. Der Züchter kann auf diese Weise nützliche Eigenschaften, die bisher auf zwei verschiedene Rassen verteilt waren, in *einer* neuen, erbbeständigen Rasse vereinen. Dieses Verfahren wird **Kombinationszüchtung** genannt.

Einen der ersten großen Erfolge dieser Züchtungsweise erzielte um 1910 der schwedische Botaniker *Nilsson-Ehle*, als er die Winterfestigkeit des schwedischen Landweizens mit der Ertragfähigkeit des in England gebauten Dickkopfweizens kombinierte (Panzerweizen).

Um jederzeit für Kreuzungen Material, d. h. Kreuzungseltern mit züchterisch wertvollen Eigenschaften, zur Verfügung zu haben, greift der Züchter nicht nur zu den heimischen Landsorten, sondern er sammelt aus allen Verbreitungs- und Ursprungsgebieten (s. S. 192) der Kulturpflanzen möglichst viele Arten und Sorten. Diese sind eine Fundgrube zur Schaffung neuer Sorten unter neuen Umweltbedingungen. Das Institut für Kulturpflanzenforschung in Gatersleben verfügt bis jetzt über etwa 13400 Kulturpflanzensorten verschiedener Herkunft, davon allein rund 7800 Getreide- und 3000 Leguminosensorten. Das größte Sortiment der Welt besitzt die Sowjetunion.

Ein Beispiel, bei dem Faktoren der Bodenpflege nicht berücksichtigt worden sind, zeigt, wie durch Auslese und Kreuzung der Ertrag gesteigert werden kann (Tab. XXIII).

TABELLE XXIII:
Erhöhung der schwedischen Getreideernte durch die Ergebnisse der Pflanzenzüchtung

Getreideart	Mittlere Jahresernte in dz pro Hektar		
	1886—1890	1944—1948	% Erhöhung
Winterweizen .	15,0	21,2	41,3
Sommerweizen	13,6	16,2	19,1
Winterroggen .	14,4	17,1	18,8
Hafer	12,9	14,1	9,3
Gerste	15,0	19,3	28,7

Eine besondere Bedeutung der Kreuzung wurde erstmalig durch I. W. Mitschurin erkannt und praktisch angewandt. Er zeigte, daß ein wesentlicher Vorteil bei der Kreuzung die Lockerung der Erbfestigkeit ist. Durch Kreuzung kann man die im Laufe langer Zeiträume unter gleichbleibenden Umweltbedingungen stabil gewordene Erbfestigkeit so stark lockern, daß die jungen Kreuzungsprodukte sich unter dem Einfluß neuer Umweltbedingungen besonders stark verändern. Am deutlichsten tritt das bei der sogenannten Fernkreuzung in Erscheinung, die von Mitschurin an Obstsorten entwickelt wurde. Er kreuzte ostasiatische Wildäpfel mit westeuropäischen Kulturäpfeln und zog die Kreuzungsprodukte in dem rauhen Klima Mittelrußlands auf. Die Bastarde vereinigten in sich nicht nur Merkmale der Ausgangssorten, sondern zeigten auch neu erworbene Eigenschaften, die sich unter dem Einfluß der neuen Umweltbedingungen gebildet hatten.

3. *Vegetative Hybridisation*

Fast alle Obstsorten sind vielfache Hybriden, weil im Laufe der Zeit immer wieder andere Sorten eingekreuzt worden sind. Bei der Aussaat von Hybridensamen stellt sich immer wieder heraus, daß die Samen von ihrer Ausgangssorte stark abweichende neue Formen ergeben. Nur unter besonders günstigen Umweltverhältnissen erhält man wieder eine gute Kultursorte. Um eine einmal gewonnene Sorte schneller zu vermehren, gehen die Züchter daher andere Wege. Sie vermehren die Obstsorten vegetativ durch Pfropfung (Okulieren, Kopulieren). Dabei wird ein **Edelreis** auf eine **Unterlage** gesetzt. Das Edelreis bestimmt die Sorte, die Unterlage die Wuchsform. So ergibt z. B. Birne auf Holzbirne starkes Wachstum (Hochstamm) und späte Fruchtbarkeit, auf Quitte schwächeres Wachstum (Zwerg-, Spalierobst) und frühe Fruchtbarkeit. Doch ergeben sich bei der Pfropfung ständig Wechselwirkungen zwischen Reis und Unterlage, so daß Eigenschaften gegenseitig ausgetauscht werden können. Früher nahm man allgemein an, daß die Eigenschaften des Edelreises durch die Pfropfung nicht verändert werden; das ist aber, wie Mitschurin nachgewiesen hat, nur bedingt der Fall. Alte Obstsorten sind zwar durch vieljährige Kultur in ihren erblichen Eigen-

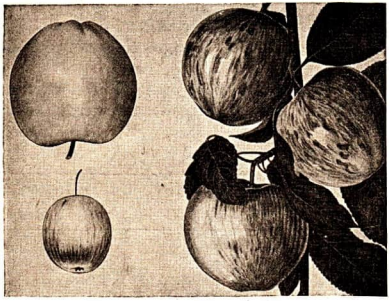


Abb. 249. Mitschurinsche Züchtung Bellefleur-Kitaika (rechts mit ihren beiden Stammformen (links)

schaften so gefestigt, daß eine Änderung ihrer Eigenschaften durch die Umwelt (zu der auch die Unterlage bzw. das Pfropfreis gehört) nur unter bestimmten Bedingungen erfolgen kann. Mitschurin fand aber, daß sich bei der Pfropfung Reis und Unterlage gegenseitig beeinflussen, wenn ihre Erbfestigkeit gelockert ist. Diese Lockerung tritt nämlich nicht nur durch Kreuzung ein, sondern kann auch durch die Einwirkung der Umwelt auf junge Pflanzenorgane stattfinden. Diese Erfahrung benutzte Mitschurin dazu, die Entwicklung und Erblichkeit von Obstsämlingen zu lenken. Als er, in dem Bestreben, für Mittelrußland eine wohlschmeckende, große, frostbeständige Apfelsorte zu schaffen, z. B. die aus Amerika stammende Sorte „Bellefleur" (große, gelbe Äpfel, aber frostempfindlich) mit der aus Nordchina stammenden „Kitaika" (kleine, wenig schmackhafte Früchte, aber sehr frostbeständig) kreuzte, entsprach das Ergebnis dieser Kreuzung, die Apfelsorte „Bellefleur-Kitaika", nicht ganz seinem Zuchtziel. Sie vereinigte zwar Größe und Wohlgeschmack des Bellefleur mit der Frostbeständigkeit der Kitaika, unbefriedigend war jedoch, daß die Früchte bereits im August reiften und sich nur wenige Wochen hielten. *Mitschurin* pfropfte deshalb Reiser des Bellefleur in die Krone eines Bellefleur-Kitaika-Sämlings und erreichte, daß die Reifezeit verschoben und die Haltbarkeit auf 75 Tage verlängert wurde. Außerdem erhöhte *Mitschurin* auf diese Weise das durchschnittliche Fruchtgewicht der Bellefleur-Kitaika von 134 auf 222 g (Abb. 249). Das Bellefleurreis hatte auf den Sämling gleichsam als „Erzieher" (Mentor) gewirkt und ihn so beeinflußt, daß auch die Nachkommen die neuen Eigenschaften besaßen. Durch die *Mentor-Methode* werden also auf ungeschlechtlichem Wege Eigenschaften der einen Sorte auf die andere übertragen und die Entwicklung und Erblichkeit in die vom Züchter gewünschte Richtung gelenkt. Das künstlich hervorgerufene Verwachsen von Teilen verschiedenartiger Pflanzen zu einem Organismus bezeichnet man als *vegetative Hybridisation* (s. auch Lehrb. d. Biologie f. d. 8. Schulj., S. 77 ff.).

4. *Jarowisation*

Weitere Erfolge brachte der Pflanzenzüchtung die von dem sowjetischen Biologen *Lyssenko* entwickelte *Stadienlehre*.

Während man bisher glaubte, daß mit der Befruchtung der Eizelle erbliche Anlagen festgelegt seien, hat *Lyssenko* gezeigt, daß unter dem Einfluß der Umwelt vererbbare Eigenschaften auch im Ablauf der Einzelentwicklung neu entstehen können. Besonders im Jugendstadium einer Pflanze können nach *Lyssenko* durch Einwirkung äußerer Einflüsse die Eigenschaften

Abb. 250. Zwei Pflanzen des Winterweizens, im Frühjahr gleichzeitig ausgesät. Links nicht jarowisiert, ohne Halm- und Ährenbildung, grasähnlich (Winterform); rechts jarowisiert, mit Ähren (Sommerform)

des Organismus wesentlich verändert werden. Die Möglichkeit der Veränderungen wird in der Zeit von der Keimung bis zur Samenreife immer geringer.

Die Stadienlehre hat sowohl züchterische als auch agrotechnische Bedeutung, wie folgendes Beispiel zeigt. Sät man im Frühjahr gleichzeitig Sommer- und Winterweizen, so gehen beide auf. Während sich jedoch der Sommerweizen rasch entwickelt, Halme treibt, blüht und fruchtet, weist der Winterweizen bis zum Herbst nur Blätter auf und bildet keine Halme und Ähren (Abb. 250). Der Winterweizen verlangt in einem bestimmten Stadium Kälteeinwirkung. Erfüllt man diese Anforderung, indem man vor der Aussaat die eingequollenen Samen etwa 35 Tage – je nach der Sorte – bei 0° C hält, sie *jarowisiert*, dann entwickeln sie sich bei Frühjahrsaussaat ebenso rasch wie Sommerweizen. Der Weizen ist nach wie vor Winterweizen. Wiederholt man die Jarowisation bei der nächsten und übernächsten Generation, so kann die erworbene Eigenschaft erblich werden: aus dem seit Jahrhunderten beständigen Winterweizen kann Sommerweizen werden.

Umgekehrt hat man auch *Sommerweizen in Winterweizen* umgewandelt. Solche Sorten sind dann besonders widerstandsfähig. Durch die Jarowisation ist es möglich geworden, sogar in Nordsibirien Getreide anzubauen (Abb. 251).

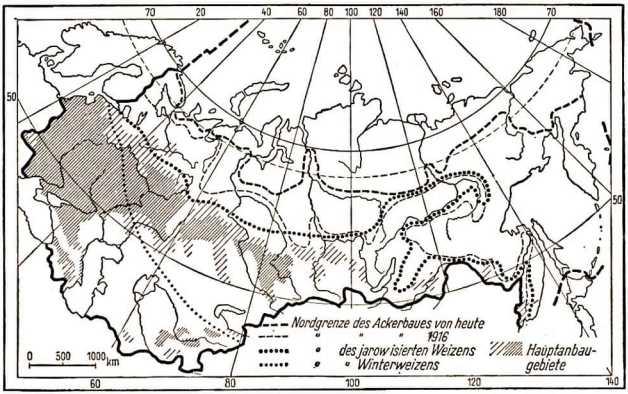


Abb. 251. Nordgrenze des Getreideanbaus in der Sowjetunion

Aus der Geschichte der Botanik

Die Botanik entwickelte sich aus den praktischen Kenntnissen, die sich der Mensch beim Anbau von Kulturpflanzen erwarb. Im Altertum und Mittelalter betrachtete man die Pflanzen besonders als Träger medizinisch wirksamer Kräfte, als „Heilkräuter". Aus dem Bestreben, diese Heilpflanzen zu beschreiben und zu unterscheiden, entstanden im 16. Jahrhundert die *Kräuterbücher*. Die bekanntesten sind das „New Kreuterbuch" von *Hieronymus Bock* 1539 und das „New Kreuterbuch" von *Leonhard Fuchs* 1543. Die bis dahin geltende, auf *Aristoteles* (384–322 v.u.Z.) zurückgehende Einteilung in drei große Pflanzengruppen: Bäume, Sträucher und Kräuter, erwies sich als zu grob, um die feineren Unterschiede und Ähnlichkeiten im Bau der Pflanzen zu erfassen. Es bildeten sich die ersten Anfänge einer neuen *Systematik;* den Höhepunkt ihrer systematischen Periode erreichte die Botanik 1735 mit dem „Systema naturae" des schwedischen Naturforschers *Carl von Linné* (1707–1778). In diesem Werk werden 7300 Arten von Pflanzen beschrieben. Die Einteilung Linnés beruhte auf der Übereinstimmung bzw. dem Unterschied der Pflanzen in einzelnen, willkürlich herausgegriffenen Merkmalen, z. B. in der Zahl der Staubgefäße; sein System war ein *künstliches System.*

Parallel zur Systematik entwickelte sich die *Pflanzenanatomie*, die sich mit dem inneren Bau der Pflanzen beschäftigte. Ihre Entwicklung nahm durch die Erfindung des Mikroskops im 17. Jahrhundert einen bedeutenden Aufschwung. Der Engländer *Robert Hooke* (1635–1703) erkannte, daß sich Kork aus kleinen Kämmerchen, den Zellen, zusammensetzt. Der Holländer *Antonius van Leeuwenhoek* (1632–1723) sah im Mikroskop zum ersten Male einzellige Lebewesen. Der Engländer *Nehemiah Grew* (1641–1711) und der Italiener *Marcello Malpighi* (1628 bis 1694) erkannten unabhängig voneinander, daß die Pflanzen aus Geweben aufgebaut sind, und wurden damit die Begründer der Pflanzenanatomie.

Damals wurde auch die Geschlechtlichkeit der Pflanzen entdeckt. Die vom Versuch ausgehenden Arbeiten von *Rudolph Jacob Camerarius* (1665–1721) in Tübingen wiesen im Jahre 1694 an vielen zweihäusigen Pflanzen nach, daß auch bei den Pflanzen zwei Geschlechter bestehen. 100 Jahre später beschrieb *Christian Konrad Sprengel* in seinem 1793 erschienenen Buch „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Bestäubung der Blumen", welche Rolle die Insekten bei der Bestäubung spielen.

Lange Zeit bewegte die Forscher die Frage, wie sich die Pflanzen ernähren, ohne daß man zunächst zu einer Klärung kam. Erst in den Jahren 1779–1798 ent-

deckte der Holländer *Jan Ingenhousz* (1730–1799), daß der gesamte Kohlenstoff des Pflanzenkörpers aus dem Kohlendioxyd der Luft stammt und daß auch die Pflanzen atmen. Der Genfer *Horace Bénédict de Saussure* (1740–1799) stellte fest, daß die in der Pflanze vorhandenen Mineralstoffe dem Boden entnommen werden. Diese Tatsachen wurden jedoch zunächst nicht beachtet. Auch der Begründer der modernen Landwirtschaftswissenschaft, *Albrecht von Thaer* (1752 bis 1823), der die Fruchtwechselwirtschaft in Deutschland einführte, erkannte ihre Bedeutung nicht. Erst *Justus von Liebig* (1803–1873) verhalf ihnen zur allgemeinen Anerkennung und zog daraus praktische Folgerungen für die Landwirtschaft. Er wurde mit seiner 1840 erschienenen Schrift „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie" der Schöpfer der *Agrikulturchemie*.

In seinen „Grundzügen der Botanik" (1842) wies der Jenaer Professor *Matthias Jakob Schleiden* (1804–1881) nach, daß sich die Pflanzen aus den Zellen aufbauen. Damit rückte die Erforschung des Baues, der Funktion und der Entwicklung der Zellen in den Vordergrund. Der Tübinger Botaniker *Hugo von Mohl* (1805 bis 1872) erkannte die Wichtigkeit des Zellinhaltes und nannte ihn Protoplasma. *Kliment A. Timirjasew* (1843–1920), der bedeutendste Vorkämpfer des Darwinismus in Rußland, erwarb sich auch um die Erforschung des Chlorophylls und der Kohlenstoffassimilation große Verdienste. In Deutschland hatte damals das Pflanzenphysiologische Institut von *Julius Sachs* (1832–1897) in Würzburg besondere Bedeutung. Der weitere Ausbau der Pflanzenphysiologie ist mit der Arbeit des Leipzigers *Wilhelm Pfeffer* (1845–1920) verknüpft, der vor allem den Stoffwechsel und die Reizbewegungen der Pflanze erkannte und die osmotischen Erscheinungen der Zelle klären konnte.

Die Erkenntnis *Jean Baptiste de Lamarcks* (1744–1828) und *Charles Darwins* (1809 bis 1882), daß die heute lebenden Organismen im Laufe einer langdauernden Entwicklung aus einfacheren Formen hervorgegangen sind, hatte auch für die *Botanik* eine große Bedeuturg. In mühevoller Kleinarbeit gelang es, die *Abstammungs- und Verwandtschaftsverhältnisse* der einzelnen Pflanzenarten im wesentlichen zu klären und ein auf der Stammesverwandtschaft der Pflanzen beruhendes *natürliches System* aufzustellen. Mit dem Sieg des Darwinismus setzte sich auch die Erkenntnis von der *Veränderlichkeit* der *Pflanzenarten* allgemein durch, aber erst *sowjetische Biologen* machten diese Erkenntnis für die landwirtschaftliche Praxis nutzbar. *Iwan Wladimirowitsch Mitschurin* (1855–1935) bewies durch zahlreiche Versuche, daß die Veränderungen in den Eigenschaften der Pflanzen durch *Umwelteinflüsse* bestimmt werden. Durch die Einwirkung bestimmter Umweltbedingungen gelang es ihm, die Eigenschaften der Pflanzen zu ändern und eine große Zahl neuer, wirtschaftlich wertvoller Pflanzen zu züchten. Seine Lehre wurde von *Trofim Denissowitsch Lyssenko* (geb. 1898), dem Schöpfer des *Jarowisationsverfahrens*, weiter ausgebaut. Die Mitschurinsche Biologie, deren Schöpfer und hervorragendste Vertreter Mitschurin und Lyssenko sind, hat ihre Richtigkeit durch die mit ihrer Hilfe erzielten praktischen Erfolge bewiesen.

SACH- UND NAMENREGISTER

Ackergauchheil 132
Ackerschachtelhalm 111—112
Ackersenf 122
Adlerfarn 110, 160
Adonisröschen 117
Adventivwurzeln 25
Affenbrotbaum 154
Agar-Agar 89
Agave 38, 141, 153—154, 172
Ahorn 22, 29, 41, 125, 173, 192
Ährchen 142, 144, 145, 215
Ähre 135, 142, 145
Ährengras 142
Ährenrispengras 142
Akazie 214
Akelei 116—117
Alant 138
Aleuron 201
Algen 15, 22, 45, 52, 61, 64, 65, 79—89, 92, 102, 152, 160, 170, 180
Algenpilz 91—93
Aloe 172
Alpenrose 132
Alpenveilchen 132
Altern der Pflanzen 38
Amaryllis 141
Ameisenpflanzen 174
Anemone 16, 34, 116, 117, 174, 177
Anis 127, 193, 208
Anisogameten 66, 67, 86
annuelle Kräuter 38
Antheridium 66, 67, 86, 88, 104, 105
Apfel 13, 17, 51, 75, 118, 119, 192, 193, 204, 219
Apfelsine 192, 193
Aprikose 74—75, 119, 192, 193
Archegonium 45, 66, 67, 69, 104, 105
Aristoteles 221
Armleuchteralgen 80, 88, 171, 180
Aronstab 8, 148, 174
Art 74
Arzneipflanzen 214—215
Assimilation 13, 39, 50, 52—55, 56, 63, 79, 90, 114, 161—162, 180, 181, 203, 222
Asche 51
Ast 27
Aster 64, 139
Astmoos 107
Atmung 56—57, 63, 161, 171, 204, 222
Augentrost 59, 135
Ausläufer 64, 65, 133—134
Auslese 216—217
autotroph 50, 59, 181
Auwald 178
Auxin 37—38
Azalea 132

Bakterien 11, 22, 44, 45, 54, 58, 59, 64, 66, 76—78, 95, 121, 156, 160, 173, 177, 181, 194
Bakteriologie 76
Balgfrucht 117
Bambus 145
Banane 146, 205
Bärlapp 67, 113, 150
Basidie 91, 98
Basilikum 208
Bast 20—21
Bastard 75, 217
Bauchpilze 91, 98—99
Baumwolle 124, 154, 192, 193, 207, 213
Baustoffwechsel 50
Bedecktsamige 37, 70—71, 113, 115—149, 151—152
Beere 70—71, 140
Beerentang 89
Befruchtung 65, 69, 72, 85, 86, 104, 149, 174, 219
Begonie 37
Beifuß 137, 208
Beinwell 133
Beizen des Saatguts 101, 195
Berberitze 33, 48, 100
Beriberi-Krankheit 202
Berufskraut 138, 153
Bestäubung 64, 71, 172, 174, 217, 221
Betriebsstoffwechsel 50
Bewässerung 163
Biegungsfestigkeit 27
bienne Kräuter 38
Bildungsgewebe 15
Bilsenkraut 134
Bingelkraut 129
Binse 51, 140, 149, 178, 180, 183
Birke 18, 28, 39, 41, 42, 128, 153, 154, 173, 176, 191, 214
Birne 19, 28, 75, 119, 174, 192, 193, 204, 218
Birnentang 89
Bitterklee 179, 183
Blasentang 88—89

Blatt 30—32, 35—36, 37, 39, 53, 108
Blätterpilz 96
Blattgrund 30
Blatthäutchen 142, 145
Blattlaus 176, 196
Blattrand 30
Blattspreite 30, 32, 145
Blaualgen 11, 66, 78—79, 102, 180
Blaukissen 122
Blaustern 140
Blumenblatt 35—36, 71
Blüte 35, 115, 151
Blütenblatt 35
Blütenboden 35
Blütenstaub 108
Blutweiderich 183
Bock, H. 221
Boden 156—167
Bodenbakterien 160, 165
Bodenbearbeitung 163, 194, 216
Bodengare 158, 163, 192
Bodenkrume 108
Bodenmüdigkeit 165
Bodenorganismen 156, 160—163, 181
Bodenreform 187
Bodentiere 177
Bohne 8, 11, 15, 23, 43, 44, 48, 52, 55, 71, 101, 121, 156, 165, 170, 187, 192, 193, 202, 206
Bohnenkraut 134, 208
Borke 18
Borretsch 133, 208
Bovist 98
Brache 165, 166, 167, 187, 211
Brandpilz 91, 101, 174
Braunalgen 80, 88—89
Brennessel 17, 20, 30, 31, 128, 133
Brombeere 33, 118, 119, 191
Brunnenkresse 123
Brunnenlebermoos 65, 104
Brutbecher 104
Brutknöllchen 65
Brutkörper 65, 104
Brutzwiebel 140
Buche 29, 32, 38, 39, 127, 155, 169, 192
Buchengewächse 127
Buchsbaum 28
Buchweizen 130, 162, 192, 201
Buschwindröschen 16, 34, 116, 117, 174, 177

Camerarius, R. J. 221
Chemosynthese 54—55, 181
Chinin 136, 214
Chlorophyll 7, 8, 13, 32, 45, 53—54, 56, 59, 79, 80, 83, 84, 114, 133, 222
Chloroplasten 8
Cholera 78
Chromatin 7, 11
Chromoplasten 8
Chromosomen 11—12, 72
Chrysantheme 139
Clivia 41, 141
Comfrey 133

Dahlie 34, 65, 139
Darwin, Ch. 74, 222
Dattelpalme 148, 193, 205
Dauergewebe 16
Dauersporen 77
Denitrifikation 161—162
Dextrin 214
Dickenwachstum 27, 38, 115
Diffusion 9, 40
Dill 127, 208
Dinkel 143
diploide Zellen 72, 105
Dissimilation 57, 63, 181
Distel 138
Doldengewächse 22, 126, 206, 208
Dornen 33, 131
Dränage 163
Dreifelderwirtschaft 166—167, 187, 211
Drüsengewebe 22
Düngung 164—165, 216

Eberesche 119
Edelkastanie 214
Edelweiß 139
Efeu 38, 177
Ehrenpreis 134
Eibe 38, 115, 174
Eiche 18, 20, 29, 31, 38, 41, 60, 95, 127, 176, 178, 192, 214
Einbeere 140
Einkorn 143
Einkeimblättrige 25, 26, 37, 115, 139—149
Eisenbakterien 55
Eisenhut 116—117
Eiszeit 151
Eiszeitrelikte 153
Eiweiß 8, 9, 56, 94, 99, 160, 162, 164, 166, 197, 198, 200, 206, 212, 214
Eizelle 11, 45, 67, 69, 86, 104, 105, 219
Elektronenmikroskop 14—15
Elfenbeinpalme 148
Emmer 143
Embryo 69, 70, 105
Embryosack 68, 70, 72—73
endemische Pflanzen 153, 155
Endivie 138, 206
Engelwurz 127
Epidermis 17
Epiphyten 147, 154, 177
Erbse 8, 11, 23, 33, 47, 51, 56, 57, 71, 119, 120, 121, 169, 192, 193, 202, 210
Erbsenrost 174, 194
Erdbeere 65, 118, 119, 204
Erdbirne 138
Erdnuß 121, 207
Erdsproß s. Wurzelstock
Erle 29, 60, 153, 178, 191, 214
Esparsette 120, 211
Esche 28, 29, 132
Espe 128
Estragon 208
Eukalyptus 41, 155

Familie 75
Farbstoffpflanzen 214
Farne 23, 30, 45, 65, 66, 67, 68, 72—73, 99, 108, 149, 152, 172, 173, 177
Farnpalme 115
Faserpflanzen 213
Fäulnisbakterien 78, 160, 161—162, 212
Fäulnisbewohner 59, 90
Federnelke 17
Feige 128, 154, 192, 193, 205
Feld 185, 187, 210
Fenchel 127, 208
Ferment 94
Festigungsgewebe 18
Fetthenne 17, 35, 173
Fettkraut 61, 135
Fichte 29, 37, 38, 41, 46, 49, 113, 154, 173, 175, 178, 185, 192, 214
Fichtenspargel 173, 177
Fingerhut 135, 176, 214
Fingerkraut 31, 118, 119
Flachmoor 108, 159, 182
Flachs 124, 213
Flechten 20, 22, 61, 79, 102—103, 108, 154, 156, 173, 174, 177
Fleißiges Lieschen 41
Flieder 31, 132
Fliegenpilz 96—98
Fliegentöter 93
Flockenblume 48, 137
Flora 152
Florenreich 153—155
Floristik 152
Flugbrand 101, 195
Flußalge 71—72, 87
Flußmuschel 49
Forst 185, 190—192
Forsythie 132
Fortpflanzung 22, 35, 64—73, 82
Fossilien 149
Frauenfarn 110
Frauenflachs 135
Frauenhaar 105—107
Frauenmantel 41, 119
Frauenschuh 147
Froschbiß 139, 178—179
Froschlöffel 139
Frucht 35, 37, 71, 172
Fruchtblatt 35, 68, 70
Fruchtknoten 35—36, 70
Fruchtwechsel 165—167, 187, 211, 222
Frühlingsblüher 34, 177, 178
Fuchs, L. 221
Fuchsie 121
Fuchsschwanz 146, 176—177
Futterpflanzen 167, 210—212
Futterpflanzen-Anbausystem 167, 211

Gallen 175—176
Gamander 134
Gametangium 66, 67
Gameten 65, 86
Gametophyt 72—73
Gänseblümchen 30, 138, 170, 176—177
Gänsefingerkraut 119
Gänsefußgewächse 130
Gänsekresse 122
Gare 158, 163, 192
Garten 185, 187
Gartenkresse 123
Gärung 56, 58, 59, 63, 78, 94, 160, 198, 212
Gasaustausch 16—17
Gattung 75
Gefäße 20, 28
Geißblatt 174
Geißelalgen 44, 45, 80—82
Gemswurz 139
Gemüse 99, 194, 205—206
Gemüsekohl 123
Generationswechsel 71—73, 87, 106, 110, 112
Gerbstoff 214, 215
Gerste 11, 101, 143—145, 166, 167, 168, 192, 193, 195, 197—198, 202, 217
Geschlechtszellen 64—66, 85
Getreide 25, 39, 43, 143, 164, 166, 167, 170, 187, 193, 194, 197—202, 211, 212, 216, 217
Getreiderost 99—100, 216
Gewebe 14
Gewürznelke 209, 214
Gießkannenschimmel 95
Giftpflanzen 99
Gilbweiderich 132
Ginkgo 115, 151
Ginster 174, 214
Gladiole 141
Glockenblume 136—137, 169
Glockenheide 131
Goldlack 122
Goldnessel 134
Goldregen 48, 121
Goldrute 138—139
Goldstern 140
Grabstock 186
Granne 142
Gräser 30, 41, 51, 59, 142 bis 146, 154, 167, 187
Graswirtschaft 187
Grew, N. 221
Griffel 70
Grünalgen 66, 80, 81, 85—87, 102, 180
Grundgewebe 16
Gründüngung 121, 163, 166, 211
Gummi 56, 214, 215
Gundermann 134
Günsel 134
Gurke 50, 136, 192, 205—206
Guttation 40—41, 42

Haare 17
Habichtskraut 137
Habichtsschwamm 96
Hafer 8, 40, 41, 43, 46, 101, 144, 145, 162, 166, 167, 168, 193, 198, 202, 217
Haftorgane 33
Hagebutte 118

Hahnenfuß 35, 65, 116—117, 118, 121, 153, 160, 177
Hainbuche 31, 41, 127, 173, 178
Hainsimse 140, 174
Halbschmarotzer 60
Halophyten 159
Hanf 20, 128, 192, 193, 207, 214
haploid 72, 106
Hartholz 28
Hartriegel 177
Harz 22, 56, 114—115
Haselnuß 18, 60, 71, 127, 153, 177
Haselwurz 31
Hauswurz 35, 172
Hautgewebe 16
Hautpilze 9, 96—98
Hederich 122, 194
Hefepilz 58, 94, 101
Heidekraut 38, 131, 160, 172
Heidelbeere 38, 132, 204
Herbstzeitlose 139—140, 177
Herzblatt 183
heterotroph 50, 59, 63, 160, 174, 181
Heu 212
Hexenbesen 174
Hexenkraut 175
Himbeere 118, 119, 191
Hirse 144, 145, 169, 192, 193, 201
Hirschzunge 110—111
Hirtentäschelkraut 64, 122, 153
Hochblatt 31, 36, 129, 148
Hochgebirgsregion 153
Hochmoor 62, 108, 159, 182—183
Hoftüpfel 20—21
Holunder 18, 174
Holz 20, 22, 27—29, 212—213
Honigblatt 116
Honigdrüse 126
Hooke, R. 7, 221
Hopfen 17, 95, 128, 177, 195
Hornblatt 171
Hornkraut 131
Hornzahnmoos 106
Huflattich 138
Hülse 71, 119
Hülsenfrüchte 164, 166, 193, 206, 212
Hülsenfrüchtler 119, 162, 163, 174
Humus 154, 156, 157, 159, 160, 164—165, 178, 183, 185, 211
Hundspetersilie 127
Hundszunge 175
Hungerblümchen 38, 122
Hyazinthe 140
Hybride 217, 218
Hydrophyten 171
Hygrophyten 171—172
Hygroskopische Bewegungen 49
Hyphen 90, 94, 98

Igelkolben 149, 179
Immergrüne Pflanzen 154
Indigo 214
Infektionskrankheiten 78
Ingenhousz, J. 222
Ingwer 146, 209
Insektenfressende Pflanzen 61, 135
Internodien 25
Interzellulare 16, 32, 40
Isogameten 66, 67, 85

Jahresringe 29
Jarowisation 144, 170, 219—220
Jochalgen 80, 84—85
Johannisbeere 71, 75, 119, 204
Jute 124, 214

Kaffeebaum 136, 193, 209
Kaiserkrone 140
Kakaobaum 124, 192, 193, 209—210
Kakteen 33, 35, 130—131, 154, 172, 176
Kalkboden 159—160
Kalmus 149
Kambium 11, 15—16, 18, 27
Kamille 138, 160
Kannenpflanze 61—62
Kapillare 158
Kapsel 71, 105, 109, 121, 134
Kapuzinerkresse 40, 41
Karotte 206
Kartoffel 8, 34, 40, 45, 51, 57, 64, 65, 92, 134, 162, 164, 166, 167, 168, 187, 192, 193, 194, 202—203, 206, 211, 212, 216
Kartoffelabbau 196, 203
Kartoffelfäule 92, 195, 203
Kartoffelkrebs 91, 203, 216
Kastanie 214
Kautschuk 22, 129, 139, 193, 214
Keim 64, 65
Keimblatt 8, 35, 115
Keimling 9, 23, 65, 69, 143
Keimmund 68
Keimscheide 143
Keimung 11, 23, 49, 170, 219
Keimzelle 44, 45, 82
Kerbel 176, 208
Kernholz 29
Kernobst 96, 119
Kernphasenwechsel 72
Kernspindel 12
Kernschleifen 11
Kernteilung 11—12
Keulenpilz 97, 98
Kiefer 18, 30, 38, 49, 68, 69, 113—115, 173, 176, 178, 185, 192
Kieselalgen 44, 51, 80, 82—83, 170, 180
Kieselboden 160
Kieselgur 83
Kirsche 18, 28, 30, 71, 118—119, 174, 193, 204
Klappertopf 60, 135

Klebkraut 136
Klee 31, 47, 48, 120, 133, 164, 167, 177, 210, 212
Kleeseide 59, 60, 133
Klette 138, 174, 175
Kletterpflanzen 177
Knabenkraut 146—147
Kniebeulenalge 85
Knoblauch 140, 193, 208
Knöllchenbakterien 161—163, 174
Knollen 38, 54, 140, 146, 212
Knollenblätterpilz 99
Knopfkraut 138, 153
Knospe 31
Knoten 25, 130, 142
Knöterich 130, 201
Koch, R. 76
Kohl 91, 122, 170, 192, 202, 205, 206, 211
Kohlhernie 91—92
Kohlrübe 123
Kokain 214
Kokospalme 148, 207
Koleoptile 143
Kollenchymzellen 18
Kolloid 157
Kompost 164
Königsfarn 110—111
Königskerze 17, 134, 174
Konjugation 85, 93
Kopfschimmel 92, 98
Korallenwurz 146
Korbblütler 22, 48, 56, 137—139, 206, 208
Koriander 193, 208
Kork 7, 17, 18, 40, 221
Korkeiche 18
Kormophyten 23
Kormus 23, 76, 108
Kornblume 9, 137, 138
Kornelkirsche 28
Korngröße 157
Kornrade 131
Körperzellen 82
Korrelation 37
Kratzdistel 138
Kraushaaralge 85
Krebsschere 139, 178—179
Kreuzblütler 36, 122—123, 206, 208, 210
Kreuzkraut 138
Kreuzung 217, 219
Krokus 48, 65, 141
Krümelstruktur 158, 159, 163, 165, 166, 167
Krümmungsbewegung 43—45
Krustenflechte 102—103
Kugelalge 81—82
Kuhschelle 117
Kulturpflanzen 39, 75, 101, 156, 164, 165, 167, 183, 185, 192—196, 215
Kümmel 127, 208
Kürbis 19, 21, 25, 33, 47, 136, 168, 170, 192, 205
Kurztagspflanzen 169
Kutikula 17, 40, 171, 172

Labkraut 136, 175
Lackmusflechte 103
Lager 22
Lagerpflanzen 67, 79—103
Laichkraut 139, 171, 178, 180
Landwirtschaft (Entwicklung) 185—192
Langtagspflanzen 168—169
Lärche 41, 113, 154, 170, 176, 178
Laubblätter 30
Laubfall 32
Laubflechte 102, 103
Laubmoose 71, 105—108
Laubwald 154, 178, 184
Läusekraut 183
Lavendel 214
Lebensdauer 38
Leberblümchen 117, 177
Lebermoose 104
Leeuwenhoek, A. v. 76, 82, 221
Leguminosen 119, 210, 211, 217
Lehm 159
Lein 19, 124, 133, 192, 193, 207, 213
Leinkraut 135
Leitbündel 21, 108, 115
Leitgewebe 20, 22
Lerchensporn 174
Leuchtmoos 106
Leukoplasten 8, 9, 54
Levkoje 122
Liane 20, 149, 154
Lichtnelke 131
Liebig, J. v. 51, 222
Lieschgras 146
Liguster 132
Lilie 65, 139—140, 208
Linde 21, 22, 28, 29, 31, 38, 124, 173
Linné, C. v. 74, 221
Linse 121, 192, 193
Lippenblütler 25, 31, 133, 208
Lohblüte 89
Lorbeer 209
Lorchel 96
Löwenmaul 71, 135
Löwenzahn 22, 44, 137, 138, 173, 176—177, 193, 215
Luftsporen 65, 67, 90, 94
Lungenkraut 133, 177
Lupine 120, 162, 163, 166, 192, 202, 210, 216
Luzerne 39, 120, 160, 192, 202, 210, 211, 212
Lyssenko, T. D. 144, 219—220, 222

Mahonie 100
Maiglöckchen 34, 65, 140, 174
Mais 11, 14, 26, 39, 144, 145, 154, 170, 187, 192, 193, 197—198, 201, 202, 211
Majoran 134, 208
Makrospore 67, 68, 72—73, 111
Malpighi, M. 221
Malve 123—124
Mammutbaum 38, 41, 151
Mandarine 193
Mandel 119, 192, 214
Mangold 130, 203, 206
Mangrovebaum 154, 171

Mannaflechte 103
Marggraf 203
Mark 26
Markstrahl 26, 29
Märzenbecher 141
Maschinen, landw. 187—190
Maschinen-Traktoren-Station 187, 190
Mauerpfeffer 35, 172
Mauerraute 110—111
Maulbeerbaum 128—129, 192
Mäuseschwanz 116
Meerrettich 123, 208
Mehltau 92, 95, 195
Melde 31, 130, 194
Melioration 163
Melisse 134
Melone 136, 154, 205
Mentormethode 219
Metamorphose 32, 35
Mikropyle 68
Mikrosporen 67, 68, 72—73, 111
Milchsaft 22, 121, 129, 139, 210, 214
Milchstern 140
Minze 134
Mischling 217
Mischwald 154, 178
Mispel 118
Mistel 59, 174, 177
Mitschurin, I. W. 194, 219, 222
Mohl, H. v. 222
Mohn 22, 35, 71, 121, 192, 193, 207, 210, 214
Möhre 11, 23, 38, 64, 127, 170, 192, 205—206
Moniliakrankheit 96
Moosbeere 183
Moose 20, 22, 45, 49, 65, 66, 67, 72—73, 103—108, 153, 156, 173, 177, 180, 185
Moosfarn 67, 68, 73, 113
Morchel 96
Morphium 210, 214
Morphologie 6
Müllerei 198—200, 212
Mummel 117, 178
Muskatnuß 209
Mutterkornpilz 95—96
Mycelium 90, 93, 97, 98
Mykorrhiza 61, 132, 146

Nachtkerze 121, 153
Nachtschatten 134, 153
Nachtviole 122
Nacktsamige Pflanzen 68, 69, 73, 113—115, 116, 150—152
Nadelhölzer 16, 22, 28, 101, 113—115, 151, 154, 192
Nadelwald 154, 178, 184
Nährlösung 52
Nährsalz 41, 52, 55, 56, 61, 62, 99, 102, 161, 164—165, 171, 176, 198
Nährstoff 13, 50—55
Narbe 70
Narzisse 140
Nastien 45, 47—48, 49
Nebenblatt 30
Nektar 116, 126, 131, 174
Nektarien 30, 129, 174
Nelke 31, 130
Nelkenwurz 119
Nestwurz 61, 146
Niederblatt 31, 34
Nieswurz 36, 117
Nilsson-Ehle 217
Nitrifikation 161—162, 164
nitrifizierende Bakterien 55, 161—163
Nucellus 68, 70
Nuß 71
Nußbaum 28, 29, 71, 192, 207

Oberhaut 17
Obst 194, 195, 204—205, 216, 218
Obstbaumkrebs 96
Odermennig 175
Ökologie 6, 153, 156
Öl 9, 22, 56, 123, 127, 132, 138, 148, 174, 193, 207, 208, 209, 212, 214, 215
Ölbaum 132, 154, 207
Ölpalme 148, 207
Ölpflanzen 207—208
Oogonium 66, 67, 86, 87
Opium 210
Opuntia 153, 196
Orange 154, 205, 214
Orchideen 146—147, 173, 177, 209
Ordnung 75
Ortsbewegung 44, 45
Osmose 9—11, 39, 41, 42, 55

Paläobotanik 6, 149—152
Paläontologie 74
Palisadenschicht 32
Palme 148, 154
Pappel 28, 30, 128, 178, 191
Paprika 208
Papyrusstaude 193
Parasiten 59, 78, 177
Parenchym 16, 29
Pasteur, L. 77—78
Pastinak 206
Pektin 214
Pelargonie 17, 124, 155
Penicillin 95, 218
perennierende Pflanzen 38
Perigon 37
Pest 78
Pestwurz 138
Petersilie 38, 127, 170, 208
Petunie 134
Pfaffenhütchen 174
Pfahlwurzel 25, 172, 215
Pfeffer, W. 222
Pfeffer 208
Pfefferminze 134, 193
Pfeifenkraut 172
Pfeilkraut 31, 139, 171, 179
Pfennigkraut 132
Pfingstrose 117
Pfirsich 74—75, 119, 192, 193, 204
Pflanzengesellschaften 176
Pflanzenschutz 190, 194—196
Pflanzenzüchtung 215—220

Pflaume 28, 71, 74—75, 119, 193, 204
Pflug 187, 188, 189
Pfropfung 219
Photosynthese 53, 56, 61, 168, 181, 212
Physiologie 6
Pillenwerfer 46, 93
Pilze 13, 15, 22, 58, 59, 61, 65, 79, 90—102, 156, 160, 173, 177, 181, 194, 195
Pilzwurzel 61
Pinie 154
Pinselschimmel 95
Pippau 138
Plankton 79, 81, 83, 180
Platane 18
Platterbse 31, 121
Polarität 38
Pollenanalyse 108
Pollenkorn 68, 69, 72—73, 108, 114, 149
Pollensack 68
Pollenschlauch 69
Porree 140, 208
Preiselbeere 131—132, 204
Primel 132
Prothallium 67, 68, 109—112
Protoplasma 13, 53, 222
Purpurbakterien 181

Quecke 65, 146, 194
Queller 159
Quitte 119, 192, 218

Rachenblütler 134
Radekrankheit 194
Radieschen 123, 205
Ramiepflanze 20, 214
Ranken 33, 47, 136
Raps 36, 39, 71, 123, 166, 207, 211
Rauschbeere 183
Reblaus 195, 216
Reduktionsteilung 72
Regeneration 37
Regenwurm 160
Region 153
Reifeteilung 72, 86
Reiherschnabel 49, 124
Reis 144, 154, 193, 197, 201
Reizbewegung 43
Reizleitung 43, 49
Rentierflechte 103
Rettich 123, 205, 208
Rhabarber 130, 192, 205
Rhizoid 22, 86, 88, 104, 105
Rhizom 34, 178
Riedgras 141
Rinde 27
Ringelblume 139
Rippenfarn 67, 110—111
Rispengräser 142, 144, 145
Rittersporn 116, 117
Rizinus 54, 129, 193, 215
Robinie 28, 29, 31, 33, 48, 121
Roggen 26, 51, 95, 144—145, 166, 167, 168, 170, 192, 193, 197—199, 201, 202, 217
Röhrenblüte 137
Röhrenpilze 96, 98
Rohrkolben 149, 179
Rose 9, 31, 33, 36, 38, 75, 118—119, 175, 214
Rosmarinheide 183
Roßkastanie 8, 13, 32, 125
Rostpilz 59, 91, 99—101
Rotalgen 80, 88—89
Rotäugelein 80—81
Rotbuche 18, 22, 28, 61, 127, 177, 178
Rotklee 166, 174, 192, 211
Rote Rübe 130
Rübe 38, 123, 166, 167, 170, 212
Rübsen 39, 123, 166, 211
Rudbeckia 139
Ruderalpflanzen 130
Runkelrübe 101, 130, 203, 211
Rüster 128

Sachs, J. 222
Safran 208
Sagopalme 148
Salat 22, 25, 138, 169, 205—206
Salbei 134, 174, 208
Salomonssiegel 140
Salzpflanzen 159—160
Same 11, 50, 54, 64, 65, 69 113, 170, 172, 201, 213
Samenanlage 68—70, 149
Samenpflanzen 23, 67, 68, 72, 113
Samentierchen 66
Sanddorn 17
Sandknöpfchen 137
Saprophyten 59, 177
Saubohne 24, 119, 120, 167
Sauerampfer 130
Sauergräser 108, 141, 178, 180, 182
Sauerklee 172, 177
Sauerteig 94
Säuregrad 165
Saussure, H. B. de 222
Savanne 154
See 178—181
Seegras 139
Seerose 36, 117, 178—180
Segge 51, 141, 183
Seidelbast 34, 176
Seifenkraut 131
Sellerie 127, 206, 208
Senf 46, 52—53, 123, 160, 166, 207, 208, 211
Serradella 120, 210
Siebröhren 21
Siegelbaum 150
Silur 149
Simse 141, 179
Sinnpflanze 48
Sisalagave 141, 214
Sklerenchymzellen 19
Sojabohne 121, 165, 169, 192, 207
Sommerwurz 60
Sommerwurzgewächse 135
Sonnenblätter 168—169
Sonnenblume 8, 38—40, 45, 54, 138, 192, 193, 207
Sonnenpflanzen 168
Sonnentau 61, 123, 183
Sorte 75

Soziologie 156
Spaltalgen 76, 78—79
Spaltöffnungen 16—17, 32, 40—41, 53, 92, 171, 172, 178
Spaltpflanzen 67, 76
Spaltpilze 76
Spargel 31, 140, 205
Speicherorgane 33
Spelt 143
Spelze 142, 143
Spergel 166, 167, 211
Spermakern 69
Spermatozoid 66, 67, 69, 104, 105
Spierstrauch 118
Spinat 51, 130, 169, 192, 205—206
Splintholz 29
Sporangium 65, 66, 67—68, 71, 92, 93, 112
Sporen 11, 65, 66, 67, 69, 90, 98, 109, 170, 172—173, 195
Sporenträger 65
Sporophyll 67—68
Sporophyt 72—73
Sprengel, Chr. K. 221
Springfrucht 71
Springkraut 41, 172
Sproß 23, 35, 38, 76, 108
Sproßachse 25, 35
Sproßknolle 34, 64, 65
Sprossung 94
Südfrüchte 205
Sukkulente 35, 154, 159, 172
Sumpfdotterblume 117, 183
Sumpfpflanzen 108, 149, 171
Sumpfwurz 147
Sumpfzypresse 151
Süßgräser 142—146, 180, 211
Süßlupine 216
Symbiose 61, 102, 121, 132, 146, 162, 163, 174
Synergiden 70
Systematik 6, 74, 221

Schachblume 140
Schachtelhalm 51, 67, 111—112, 149, 183
Schädlinge 194—196
Schafgarbe 138
Scharbockskraut 65, 116, 117
Schattenblätter 168—169
Schattenblume 140
Schattenpflanzen 168
Scheinfrucht 119
Schierling 127
Schilf 146, 171, 178, 180, 182, 183
Schimmelpilz 58, 94—95, 218
Schlafbewegung 44, 48
Schlangenmoos 113
Schlangenwurz 148—149
Schlauchalge 15, 71, 86
Schlauchpilz 72, 91, 93—96, 102
Schlehe 33, 119, 177
Schleiden, M. J. 7, 222
Schleifenblume 122
Schleimpilz 44, 45, 79, 89—90
Schließfrucht 71, 117, 118
Schlüsselblume 132, 177
Schmarotzer 59—61, 78, 90, 91, 95, 99, 101, 133, 135, 174, 194
schmarotzende Tiere 176
Schmetterlingsblütler 119, 167, 172
Schneeglöckchen 31, 48, 141
Schnittlauch 140, 208
Schöllkraut 121, 174
Schötchen 122
Schote 71, 122
Schraubenalge 8, 15, 22, 84, 93
Schuppenbaum 150
Schuppenwurz 60, 135, 177
Schwadengras 183
Schwammschicht 32
Schwanenblume 139
Schwärmspore 65, 66, 67, 85, 86, 88, 149
Schwarzdorn 28
Schwarzrost 99—100, 194
Schwarzwurzel 138, 173, 206
Schwefelbakterien 54
Schwellkörper 142
Schwerkraft 46—47
Schwertlilie 8, 34, 65, 141, 208
Schwimmblatt 111, 171, 178
Schwingalge 79
Schwingel 146

Stachelbeere 71, 75, 119, 195, 204
Stacheln 33, 98
Stachelpilz 96, 98
Stamm 27
Ständerpilz 72, 91, 93, 96—101, 102
Stärke 8, 9, 53—54, 84, 202, 212, 214
Staubblatt 35—36, 68
Staubbrand 101
Stäubling 98
Staude 38, 154
Stechapfel 134
Steckling 37, 38, 65
Steinbrand 101
Steinbrech 75, 119
Steinfrucht 70—71, 119, 132
Steinkraut 122
Steinobst 96, 119
Steinpilz 96
Steinzelle 19
Stengel 25—27
Steppenregion 153, 154
Sternmiere 131
Sternmoos 106
Stiefmütterchen 8, 9, 17, 123
Stinkbrand 101
Stinkmorchel 98
Stockrose 124
Stoffwechsel 50—63
Stoppelrübe 166
Storchschnabel 35, 36, 124
Strandhafer 146
Strauchflechte 102—103
Straußfarn 111
Streckungswachstum 13, 24, 37
Strohblume 49
Studentenblume 139

Tabak 134, 165, 169, 170, 192, 193, 202, 210
Tang 88, 152, 171
Tanne 22, 29, 113, 177, 178, 192
Taubenkropf 131
Taubnessel 26, 133
Tausendblatt 171
Taxien 45, 49
Teakholzbaum 154
Teestrauch 209—210
Teich 178—181
Teichrose 117, 171, 178, 179
Teichsimse 179
Teufelskralle 137
Thaer, A. v. 166, 187, 222
Thallus 22, 67, 76, 86, 104, 171
Thymian 208, 214
Tierfraß, Schutz gegen 174 bis 176
Timirjasew, K. A. 222
Tollkirsche 134
Tomate 11, 50, 71, 134, 156, 187, 192, 205—206
Ton 157, 159
Topinambur 138
Torf 108, 182—183
Torfmoos 107—108, 183
Toxin 78
Tracheen 20, 28
Tracheiden 20—21, 28
Transpiration 39, 42, 172, 173
Traubenzucker 53—54, 56—58
Trespe 146
Trockenfäule 92
Trockenmasse 50
Trollblume 117
Tropismen 45—47, 49
Trüffel 96
Tulpe 36, 44, 48, 139—140
Tüpfel 14, 19
Tüpfelfarn 110—111
Turgor 10, 39, 44, 93
Turgorbewegung 44, 48
Türkenbund 140, 174

Ulme 18, 28, 29, 96, 128
Unkraut 193, 194, 196
Urzeugung 76

Vakuole 7, 9, 13
Vanille 147, 209
Variabilität 215
Varietät 75
Vegetationspunkt 15, 23, 25, 38
Veilchen 31, 123, 174
Venusfliegenfalle 62
Verbreitung der Samen 172, 173
Veredlung 37
Vererbung 215
Vergeilung 168
Vergißmeinnicht 133
Verlandung 182
Versteinerung 149, 150
Verwesung 59, 160
Vielzeller 81—92
Vierfelderwirtschaft 166
Virose 196, 203
Virus 76, 196
Vitamine 99, 201, 205, 212
Vogelbeerbaum 119
Vogelmiere 131, 153
Vorkeim 106

Wacholder 38, 113, 115, 208
Wachtelweizen 60, 135, 177
Wachsschicht 17, 40, 172, 178
Wachstum 11, 23, 30, 37—38, 170, 174, 178
Wachstumsbewegung 44, 47, 48
Wachstumszone 24
Wald 173, 176—178, 183—185, 195, 196, 211
Waldmeister 136, 168, 172, 208
Waldrebe 116, 117, 173, 177
Waldregion 153—154
Waldschmiele 160
Waldvögelein 147
Walnuß 28, 29, 71, 192
Wandflechte 102
Wasserabgabe 39, 131
Wasseraufnahme 39
Wasserbewegung 41, 42
Wasserblüte 79
Wasserfarn 67
Wassergehalt 50
Wasserhahnenfuß 117, 171
Wasserhaushalt 39—42
Wasserkultur 52, 55, 56
Wasserlinse 149, 178
Wasserpflanzen 53, 171
Wasserpest 7, 53, 139, 153, 171
Wasserspalte 40—41
Wasserspeicher 35
Wasserschimmel 92
Wasserschlauch 61, 135
Wasserstoffbakterien 55
Wasserverbrauch 39
Wegerich 135
Wegwarte 137
Weichholz 28
Weide 38, 128, 133, 153, 173, 177, 178
Weidenröschen 30, 121
Wein 33, 38, 41, 92, 94, 95, 125—126, 192, 193, 194, 195, 204, 216
Weinhefe 94
Weißbuche 28, 29, 127, 174
Weißdorn 28, 33, 119, 174
Weiße Nachtnelke 174
Weißmoos 106
Weizen 25, 41, 101, 143—145, 154, 166, 167, 168, 170, 192—195, 197—198, 200, 202, 217, 219
Welken 11
Wicke 167, 210, 212
Wiese 176, 185, 210
Wiesenbocksbart 173
Wiesenknopf 119, 177
Wiesenschaumkraut 36, 37, 122
Wiljams, W. R. 167
Windblütler 114, 149, 172, 173
Winde 132—133
Windröschen s. Anemone
Winterstern 117
Wirkstoff 37, 50, 56

Wirtschaftsdünger 164
Wohlverleih 138
Wolfsmilch 22, 129, 172, 174, 194, 214
Wollgras 141, 173, 183
Wucherblume 138, 139
Wuchsstoffe 37
Wurmfarn 67, 108—110, 173
Wurmfäule 194
Wurzel 23—25, 34, 38, 39, 47, 55, 76, 105, 108, 172
Wurzeldruck 42
Wurzelhaare 24, 39, 41, 55, 61
Wurzelhaube 23
Wurzelknolle 65
Wurzelstock 31, 34, 38, 65, 108, 111, 133, 140, 209

Xerophyten 154, 172

Yucca 154

Zapfen 114
Zaunrübe 46, 47, 136
Zelle 7, 10, 14, 221, 222
Zellfaden 83
Zellkern 7, 8, 11, 76, 84
Zellplasma 7, 9, 10
Zellsaft 7, 8, 10
Zellteilung 11—12
Zellwand 7, 9, 12
Ziegenbart 97
Zieralgen 84
Zimt 209, 214
Zinnie 139
Zirbelkiefer 178
Zitrone 154, 192, 205
Zuckerrohr 144, 192, 193, 203—204
Zuckerrübe 34, 58, 101, 130, 161, 169, 192, 194, 202, 203—204
Zugfestigkeit 25
Zungenblüte 137
Zweiblatt 147
Zweikeimblättrige 25, 26, 35 115—139
Zweizahn 175
Zwergbirke 153
Zwiebel 34, 38, 54, 65, 140, 193, 208
Zwischenzellraum 16, 171
Zwitterblüte 71
Zygote 65, 69, 70, 72, 82, 85, 86
Zymase 94
Zymbelkraut 135
Zypresse 154