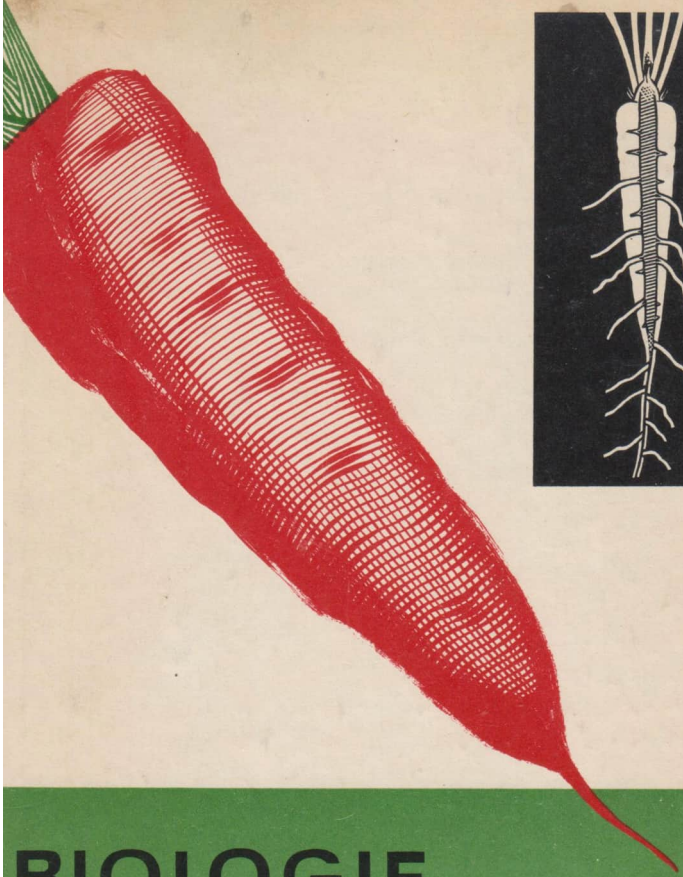


BIOLOGIE UND LANDWIRTSCHAFT

Biologie und Landwirtschaft

EIN LEHRBUCH FÜR DEN BIOLOGIEUNTERRICHT
DER 8. UND 9. KLASSE

Mit 123 Abbildungen und 8 Farbtafeln

VOLK UND WISSEN
VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN
1964

Das Lehrbuch wurde verfaßt von Dr. Gerhard Lerch (Die Pflanze),
Heinz Falkenberg (Der Wald) und Jochen Krüger (Biologie und Landwirtschaft)

An der Bearbeitung wirkten erfahrene Lehrer und Wissenschaftler mit

Redaktion: Manfred Gemeinhardt, Hannelore Ploog

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik
als Lehrbuch für die allgemeinbildende polytechnische Oberschule bestätigt.

Ausgabe 1962 · 3., durchgesehene Auflage
Redaktionsschluß: August 1963

Einband: Günther Klaus
Ausstattung: Atelier Volk und Wissen, Berlin
ES 11 H · Bestell-Nr. 01805-3 · 2,55 DM · Lizenz Nr. 203 · 1000/63 (DN)
Satz und Druck: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)

INHALTSÜBERSICHT

Die Pflanze

Zellen und Gewebe 5
Die Zellen als Bausteine der Blütenpflanzen 5
Die Gewebe 7
Die Organe der Blütenpflanzen 7
Die Wurzel 8
Der Sproß 18
Die Lebensvorgänge in der Pflanze (Stoffwechsel der Pflanze) 42
Die stoffliche Zusammensetzung der Pflanzen 42
Die Kohlenstoff-Assimilation 46
Die Energieversorgung der grünen Pflanzen (Bau- u. Betriebsstoffwechsel) 51
Vom Kreislauf der Stoffe 57
Die Fortpflanzung der Blütenpflanzen 58
Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung 58
Der Bau der Blüte 60
Die Funktion der Blüte 65
Von blütenlosen Landpflanzen 70
Wachstum und Entwicklung der Pflanzen 74
Keimung 74
Wachstum 76
Umwelt und Entwicklung 80

Der Wald

Einzelpflanze, Pflanzengemeinschaft und Lebensgemeinschaft . 84
Die Schichten des Waldes 85
Das biologische Gleichgewicht 92
Die Zusammensetzung unserer Wälder 93
Die Forstwirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik 97
Die Bedeutung des Waldes für die Landschaft 103
Der Naturschutz 104
Exkursionen in den heimatlichen Wald 108

Biologie und Landwirtschaft

Der Boden 117
Entstehung des Bodens 117
Bestandteile des Bodens 118
Eigenschaften des Bodens 125
Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit 133

Kulturpflanzen 145
Die Hackfrüchte 147
Das Getreide 152
Die Ölpflanzen 155
Die Faserpflanzen 157
Die Futterpflanzen 159
Der Gemüseanbau 163
Der Obstbau 165
Die ausländischen Kulturpflanzen 167
Die Viehhaltung 171
Die allgemeinen Voraussetzungen für die Haltung von Haustieren 171
Die Ernährung der Tiere 173
Die Pflege der Tiere 178
Die Haltung der Tiere 179
Die Tierkrankheiten 182

Anhang

Übersicht über das Reich der Pflanzen 185
Moospflanzen 185
Farnpflanzen 185
Familien der Bedecktsamer mit wichtigen Kulturpflanzen . 187

Abbildungsnachweis

Farbtafeln
Martin Krauß, Potsdam

Fotos
Werner Achterberg, Eberswalde (Abb. 84); Bauernbild, Berlin (Abb. 85); aus „Brot für alle hat die Erde", Sondernummer der Broschürenreihe „Die Wahrheit dem Volke" (Abb. 88); E. Ehwald, Ilmenau (Abb. 80); Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. 30, 57); Dr. Wilfried Kramer, Leipzig (Abb. 112); Dr. H. Merkert, Dresden (Abb. 83); „Neue Deutsche Bauernzeitung", Berlin (Abb. 122, 123); Horst Ruffer, Leipzig (Abb. 89); Helmar Schiller, Niesky O/L. (Abb. 86); Vereinigung Volkseigener Saatzucht- und Handelsbetriebe, Zentrale Werbestelle, Erfurt (Abb. 19, 46); Zöblitzer Versuchswirtschaft (Abb. 79).

Zeichnungen
Hans-Joachim Behrendt, Möllensee (Abb. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 15, 16 bis 18, 20 bis 29, 32, 38, 43, 63, 64, 66, 67, 69, 71, 72, 111, 114, 115, 116); aus Fitting u. a.: Lehrbuch der Botanik (Abb. 117); Franz Frank-Renée, Berlin (Abb. 120); Linde Fukarek, Greifswald (Abb. S. 114a bis i); Eberhard Graf, Berlin (Abb. 13, 14, 31, 34 bis 36, 39, 40, 45, 49, 60, 68, 70, 82, 91 bis 93, 97 bis 103, 105); Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. 3, 8, 11, 37, 41, 42, 44, 50 bis 52, 54, 56, 58, 59, 61, 62, 65, 74, 75, 94, 95, 118); Martin Krauß, Potsdam (Abb. 33, 47, 53, 76, 90 untere Reihe, 96, 104, 106 bis 110); Elena Panzig, Berlin (Abb. 48, 55, 73, 77, 78, 87, 90 obere Reihe); Willy Schulz-Kabbe, Berlin (Abb. 119, 121); Brunhilde Stein, Halle/Saale (Abb. 113); B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig (Abb. 81).

Zellen und Gewebe

Die Zellen als Bausteine der Blütenpflanzen

Wie alle Lebewesen, so bestehen auch die Blütenpflanzen aus kleinsten lebenden Bausteinen, den Zellen. Entsprechend ihrer vielseitigen Lebenstätigkeit sind die Pflanzenzellen verschieden gestaltet und erfüllen unterschiedliche Funktionen.

Form und Größe der Zellen

Form. Zellen sind vielfältig geformte Körper (s. Farbtafel 1). Sie haben kugelige, unregelmäßig vieleckige, würfel- oder plattenförmige Gestalt. Zellen können auch die Form von langgestreckten Fasern oder Röhren haben.

Größe. Zellen sind etwa 0,01 bis 0,1 mm, einige bis 1 mm lang. Ausnahmen bilden zum Beispiel Lein- und Baumwollfasern (bis 5 cm lang) und Fasern des Sisalhanfes (bis 20 cm lang).

Hauptbestandteile der Zelle

Zellwand. Die Zellwand ist das Gerüst der Zelle. Sie besteht aus Zellulose (chemische Verbindung aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff). Die Baustoffe der Zellwand werden vom Zellplasma ausgeschieden (s. Farbtafel 1). Manche Zellwände enthalten Kork- oder Holzstoff und sind dadurch undurchlässig. Diese Zellen stehen miteinander durch Tüpfel in Verbindung (Abb. 2).

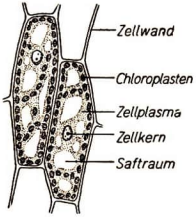


Abb. 1 Bau der Pflanzenzellen (etwa 300fach vergrößert)

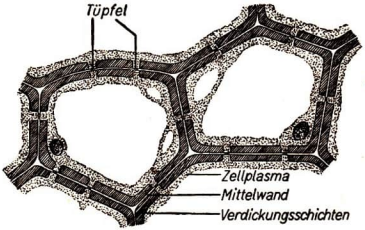


Abb. 2 Tüpfel in der Zellwand (Querschnitt)

Protoplast. Der Protoplast bildet den lebenden Inhalt der Zelle; er besteht aus Zellplasma, Zellkern und Farbstoffträgern (Abb. 1).

Bei tierischen Zellen gleichen Zellplasma und Zellkern im Aufbau den Pflanzenzellen, es fehlen jedoch Farbstoffträger und Zellwand.

Das **Zellplasma** strömt oft an den Zellwänden entlang oder fließt in Strängen zwischen den Zellsafträumen. Es ähnelt dem Eiklar des Hühnereies.

Der **Zellkern** ist meist kugelig oder linsenförmig. Er liegt im Zellplasma, ohne das er nicht lebensfähig ist.

Die **Farbstoffträger** sind meist Blattgrünkörperchen (Chloroplasten) oder orangerote Farbstoffträger (Chromoplasten, z. B. in der Möhrenwurzel, in Tomatenfrüchten oder Blütenblättern der Kapuzinerkresse).

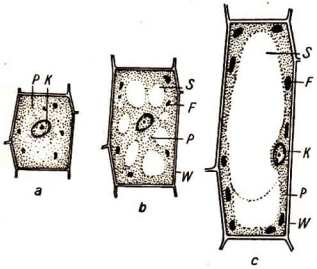


Abb. 3 Wachstum der Zelle und Bildung der Safträume
a junge, *b* wachsende, *c* ausgewachsene Zelle
F Farbstoffträger, *K* Zellkern, *P* Zellplasma, *S* Saftraum, *W* Zellwand

Safträume. In älteren Zellen bilden sich im Zellplasma Hohlräume, sogenannte Vakuolen, die mit Zellsaft gefüllt sind (Abb. 3). Der Zellsaft besteht aus Wasser, in dem verschiedene Stoffe, wie Salze, Säuren, Zucker und Vitamine, gelöst sind. Auch rote und blaue Farbstoffe sind im Zellsaft enthalten (z. B. in Blütenblättern der Rose, in Früchten der Pflaume und Kirsche, in Rotkohlblättern, in Rübenkörpern der Roten Rüben).

Bei den Zelleinschlüssen (Inhaltskörpern) unterscheidet man Reservestoffe, wie Stärkekörner, Eiweißkörner, Fetttröpfchen, sowie Abfallstoffe. Abfallstoffe sind Ausscheidungen des Zellplasmas in den Saftraum. Wir finden sie beispielsweise in Form von Kristallen oder bei vielen Korbblütengewächsen, Wolfsmilchgewächsen und bei den Kautschukbäumen als Milchsaft (eine Mischung von Zellsaft und Tröpfchen harzähnlicher Stoffe).

Zellteilung

Die Zellen vermehren sich, indem sie sich teilen. Bei den Blütenpflanzen finden Zellteilungen nur in ganz bestimmten Pflanzenteilen statt, vor allem in den Spitzen der Sprosse und Wurzeln.

Jedes Lebewesen ernährt sich, wächst und vermehrt sich. Es ist auch den vielseitigen Einwirkungen der Umwelt (Kälte, Hitze, Wind, Einfluß anderer Lebewesen u. a.) ausgesetzt und reagiert auf Veränderungen der Umweltbedingungen. Bei den einzelligen Lebewesen führt der Protoplast einer einzelnen Zelle alle Lebensfunktionen aus.

Im Laufe der Höherentwicklung der Protisten zu den vielzelligen Pflanzen differenzierten sich die Zellen immer mehr und übernahmen unterschiedliche Funktionen. Durch diese Arbeitsteilung entstanden die Gewebe.

Gewebe sind Verbände von Zellen mit gleichem Bau und gleicher Lebenstätigkeit.

Gewebe der Blütenpflanzen

Gewebetyp	Funktion
Bildungsgewebe	Neubildung von Zellen durch Zellteilung
Dauergewebe (sie gehen aus dem Bildungsgewebe hervor):	
Hautgewebe	Abschluß der Pflanze gegen die Umgebung
Grundgewebe	Ernährung der Pflanze, Speicherung von Reservestoffen
Festigungsgewebe	Festigung des Pflanzenkörpers
Leitgewebe	Transport von Wasser und Nährstoffen innerhalb der Pflanze

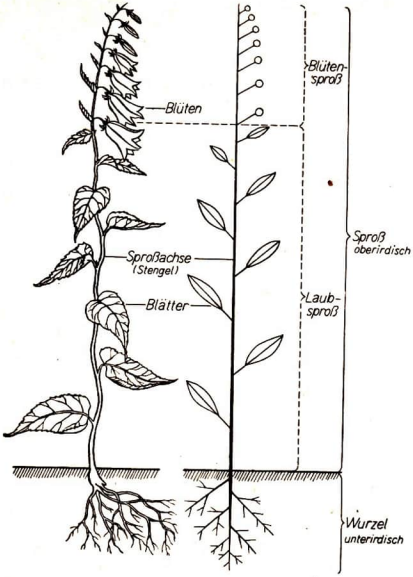
Die Organe der Pflanzen (Wurzeln, Sproßachse, Blätter und Blüten) setzen sich aus verschiedenen Geweben zusammen.

Die Zellen der einzelnen Gewebe haben Formen und Eigenschaften, die für ihre Leistungen besonders geeignet sind (z. B. Wasseraufnahme, Wasserleitung, Verdunstung). Damit verlieren sie in der Regel die Fähigkeit, andere Funktionen auszuüben. Die einzelnen Gewebe sind aufeinander angewiesen. Sie sind auf die Dauer nicht lebensfähig, wenn man sie aus einem Pflanzenkörper heraustrennt.

Die Pflanze lebt nur im engen, gegenseitigen Zusammenwirken aller Gewebe.

Die Organe der Blütenpflanzen

In den Wäldern und Fluren unserer Heimat finden wir kaum ein Stück Boden, das nicht von Blütenpflanzen bewachsen ist. Auf den ersten Blick erscheinen uns die zahlreichen Pflanzenarten ganz verschieden, denken wir beispielsweise an die viel-



gestaltigen Blätter der Laubbäume oder an die bunten, verschieden geformten Blüten einer Wiese. Trotz dieser vielen Unterschiede sind alle Blütenpflanzen – kleine Kräuter und mächtige Bäume – einheitlich aufgebaut und bestehen aus nur wenigen Organen (Abb. 4).

Wurzel. Die Wurzel verankert die Pflanze im Boden und nimmt von dort Wasser und Nährsalze auf.

Sproß. Die **Sproßachse** (Stengel oder Stamm) trägt die Blätter und Blüten und leitet Wasser und Nährstoffe.

Die **Blätter** erzeugen Bau- und Betriebsstoffe und tauschen Gase aus.

Die **Blüten** dienen der Vermehrung der Pflanze.

Abb. 4 Hauptorgane der Blütenpflanzen
Links Glockenblume, rechts Schema

Die Wurzel

Bau und Funktion der Wurzel

Aufgaben

1. Lasse Erbsensamen und Getreidekörner einen Tag lang in Wasser quellen! Lege sie in Petrischalen auf feuchtem Filterpapier aus! Beobachte täglich, etwa eine Woche lang!
2. Säe gequollene Erbsen und Weizenkörner in Blumentöpfe, die mit feuchten Sägespänen oder Sand gefüllt sind! Ziehe nach zwei Wochen die Jungpflanzen heraus! Spüle mit Leitungswasser vorsichtig die Wurzeln ab! Vergleiche die Wurzeln!
3. Grabt den Strunk einer ausgewachsenen Maispflanze und einer Tabakpflanze oder Sonnenblume aus! Spült das Erdreich ab! Vergleicht die Wurzeln!

Aus einem keimenden Samen durchbricht zuerst die Keimwurzel die Samenschale und wächst abwärts in den Boden. In den meisten Fällen wird die Keimwurzel zu einer kräftigen, langen **Hauptwurzel** mit **Seiten-** und **Nebenwurzeln.**

In anderen Fällen, beispielsweise beim Getreide, stirbt die Keimwurzel bald ab. An ihrer Stelle treten aus dem Stengelgrund neue Wurzeln hervor. Weil sie nicht einer Wurzel, sondern dem Sproß entspringen, werden sie **sproßbürtige Wurzeln** oder **Beiwurzeln** genannt (Abb. 5).

Die zweikeimblättrigen Pflanzen besitzen in der Regel eine Hauptwurzel mit weitreichenden, gut verzweigten Seitenwurzeln (Abb. 6, rechts).

Beiwurzeln treten vor allem bei den einkeimblättrigen Pflanzen auf. Wir können sie am Stengelgrund einer Maispflanze gut erkennen. Bei den anderen Gräsern entstehen besonders viele Beiwurzeln nebeneinander. Sie bilden ein dichtes Büschel feiner, fadenförmiger Würzelchen (Abb. 5 u. 6, links).

Auch zweikeimblättrige Pflanzen können unter bestimmten Bedingungen Beiwurzeln bilden. Diese Eigenschaft macht sich der Gartenbau zunutze. Fast jedes Stengel- oder

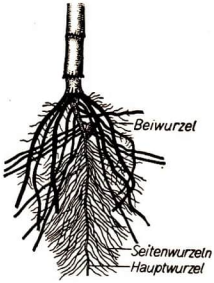
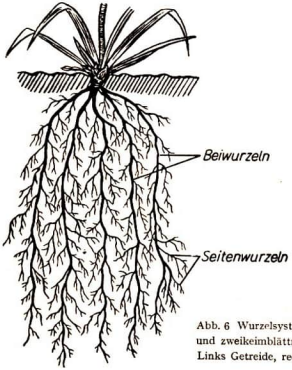


Abb. 5 Stengelgrund einer Maispflanze mit Beiwurzeln (Beiwurzeln schwarz hervorgehoben)



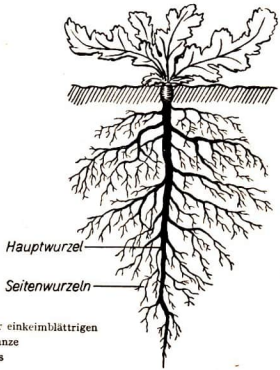


Abb. 6 Wurzelsysteme einer einkeimblättrigen und zweikeimblättrigen Pflanze
Links Getreide, rechts Raps

Zweigstück, sogar manche Blätter (z. B. bei Begonien), können Wurzeln schlagen, wenn man sie in feuchte Erde steckt. Viele unserer Nutzpflanzen, vor allem Bäume und Sträucher, werden nur durch solche Stecklinge vermehrt.

Wurzelsysteme

Alle Wurzeln einer Pflanze zusammen ergeben das Wurzelsystem. Die Wurzelsysteme der einzelnen Pflanzenarten durchdringen ganz unterschiedlich den Boden (Abb. 7).

Tiefwurzler. Tiefwurzler besitzen eine tiefgehende, oft mehrere Meter lange Haupt- oder Pfahlwurzel mit zahlreichen weitreichenden Seitenwurzeln (z. B. Eiche, Buche, Kuhblume). Sie können Wasser und Nährstoffe aus größeren Tiefen aufnehmen. Tiefwurzler wachsen besonders gut in Gegenden, in denen der Boden bis in größere Tiefen locker und feucht ist.

Flachwurzler. Das Wurzelsystem der Flachwurzler breitet sich flach unter der Erdoberfläche aus (z. B. Pappel, Fichte, Gräser). Insbesondere die Gräser, zu denen auch die Getreidearten gehören, haben ein dichtes Büschel kurzer, dünner Beiwurzeln. Damit können sie jedes Stückchen Erdreich einer dünnen Bodendecke über hartem Gestein oder auch das spärliche Regenwasser in den Steppen nutzen.

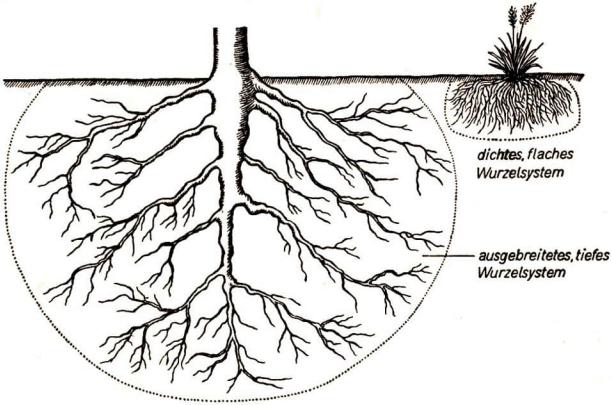


Abb. 7 Wurzelraum einer Buche und eines Grasbüschels (····· Grenze des Wurzelraumes)

Aufgaben

1. Versucht, den ganzen Wurzelballen einer Luzernepflanze und eines Grasbüschels auszugraben und die Wurzeln durch Abspülen mit Wasser freizulegen! Vergleicht die Wurzelsysteme! Stellt fest, bis zu welcher Bodentiefe die Wurzeln vordringen! Ordnet sie nach Tief- oder Flachwurzlern!
2. Sumpfpflanzen haben meist sehr flachliegende, Wüstenpflanzen dagegen sehr tiefgehende Wurzeln. Erkläre!

Die Wurzel wächst

Aufgabe

Lasse gequollene Weizenkörner, Kressesamen oder Senfkörner auf feuchtem Filterpapier in einer Petrischale keimen! Schneide nach zwei Tagen ein Wurzelstück ab! Betrachte es unter dem Mikroskop von der Spitze bis zum Wurzelgrund! Welche Abschnitte lassen sich unterscheiden?

Die Wurzeln wachsen an der Spitze.

Bildungszone. Die Wurzelspitze wird von der Wurzelhaube überzogen, deren äußerste Zellen absterben und sich in eine schleimige Masse auflösen. Die wachsende Wurzelspitze schiebt sich dadurch leichter zwischen den Bodenteilchen vorwärts.

In der Wurzelspitze bilden sich durch Zellteilungen ständig neue Zellen. Dabei wächst die Wurzel geringfügig in die Länge. Man bezeichnet dieses Wachstum als **Bildungswachstum** oder Zellteilungswachstum. Die kegelförmige Wurzelspitze wird daher Bildungszone (Teilungszone) oder Wachstumskegel genannt. Die entstehenden Zellen sind gleichförmig gebaut (Abb. 9). Sie werden in ihrer Gesamtheit als Bildungsgewebe bezeichnet.

Streckungszone. Etwa 1 bis 2 mm hinter der Wurzelspitze strecken sich die jungen Zellen. Dabei können sie ein Vielfaches ihrer ursprünglichen Länge erreichen. Man bezeichnet dieses Längenwachstum als **Streckungswachstum** und diese Zone als Streckungszone (Abb. 8 u. 9).

Dauergewebe. Mit zunehmender Entfernung von der Wurzelspitze beginnen sich die Zellen umzubilden. Es entstehen unterschiedlich gestaltete Zellgruppen mit ver-

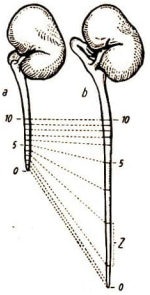


Abb. 8 Streckungswachstum in der Wurzelspitze einer Saubohne
a Markierung vor, *b* nach der Streckung
Z Zone des stärksten Streckungswachstums

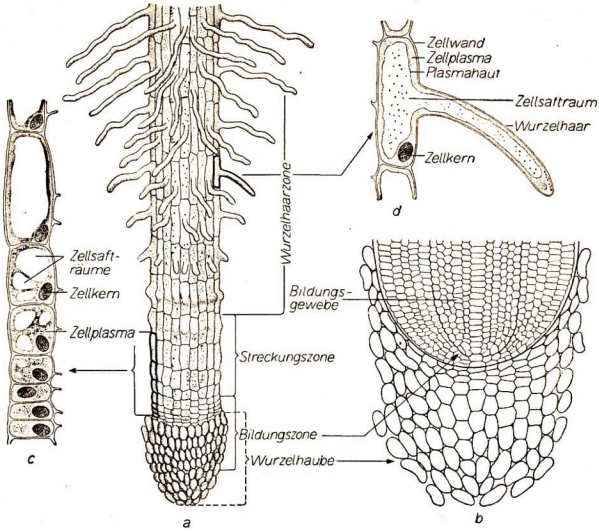


Abb. 9 Längsaufbau der Wurzel (stark vergrößert)
a Spitzenteil der Wurzel von außen, *b* Längsschnitt durch die Mitte der Bildungszone und der Wurzelhaube, *c* Längsschnitt durch Oberhautzellen aus der Streckungszone, *d* Längsschnitt durch eine Oberhautzelle mit Wurzelhaar

schiedenartigen Funktionen. Sie behalten ihre Form und Tätigkeit für dauernd bei. Es bilden sich die Dauergewebe (Abb. 9 u. 10).

Wasser- und Nährstoffaufnahme durch die Wurzel

Aufgabe

Betrachte junge Wurzelhaare einer Weizenkeimpflanze oder eines Senfkeimlings unter dem Mikroskop! Beachte die Verteilung von Zellplasma, Zellkern und Zellsaftraum! Vergleiche mit Abbildung 9!

In der Oberhaut der Wurzel bilden sich hinter der Streckungszone schlauchartige Ausstülpungen, die **Wurzelhaare** (Abb. 9 u. 10). Sie leben meist nur wenige Tage

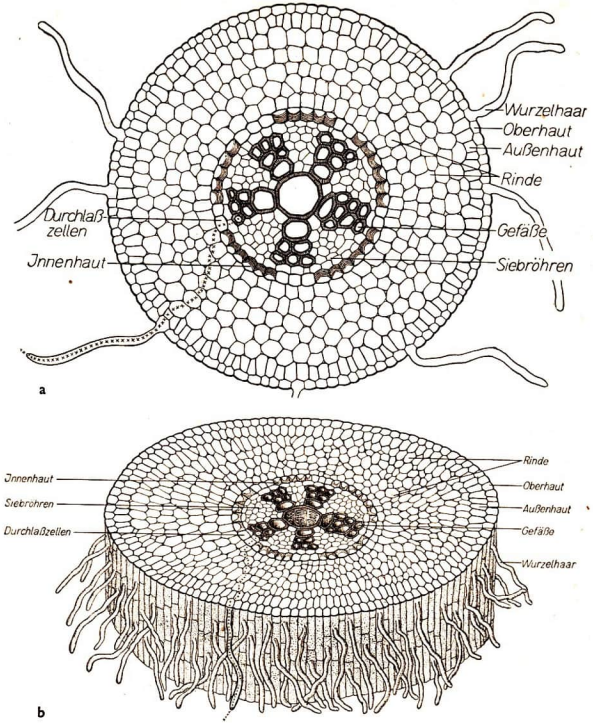


Abb. 10 Innenbau einer jungen Wurzel in der Wurzelhaarzone
a mikroskopisches Bild eines Wurzelquerschnittes, *b* Schrägbild einer herausgeschnittenen Wurzelscheibe (stark vergrößert; ····· Weg des Bodenwassers)

und sterben dann ab. Inzwischen wachsen dicht hinter der Wurzelspitze wieder neue Wurzelhaare heran, die in neue Bodenbereiche eindringen.

Wasser und Nährstoffe werden fast ausschließlich von den Wurzelhaaren aus dem Boden aufgenommen.

Um die Wasser- und Nährstoffaufnahme durch die Wurzel zu verstehen, müssen wir einige Eigenschaften von Lösungen kennenlernen.

Diffusion. Unterschichten wir mit Hilfe einer Pipette in einem Becherglas reines Wasser mit konzentriertem Himbeersaft und lassen das Ganze ruhig stehen, so beginnt sich das Wasser vom Himbeersaft aus zu färben (Abb. 11). Zugleich wird der Himbeersaft heller, und schließlich ist die gesamte Flüssigkeit gleichmäßig gefärbt.

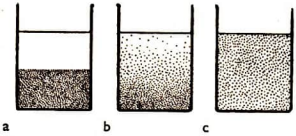


Abb. 11 Diffusion
Wasser, mit Himbeersaft unterschichtet
a geschichtet; *b*, *c* Stadien der Mischung

Die Vermischung der beiden Flüssigkeiten erfolgte durch die Eigenbewegung der Wassermoleküle und der verschiedenen Moleküle des Himbeersaftes (z. B. Zuckermoleküle). Wasser und Himbeersaft wandern von einem Ort mit hoher Konzentration zu einer Stelle mit niedriger Konzentration. Der Himbeersaft zum Beispiel ist in das Wasser diffundiert.

Diffusion ist ein ungehinderter Konzentrationsausgleich zwischen einander benachbarten Flüssigkeiten oder Gasen.

Derselbe Vorgang findet statt, wenn wir zwischen die Flüssigkeiten eine durchlässige Wand bringen. Wir können beispielsweise an das eine Ende eines kurzen Glasrohres einen etwa fingergroßen mit Kochsalz gefüllten Leinenbeutel binden. Das andere Ende des Glasrohres wird mit einem Gummistopfen verschlossen, durch den ein Steigrohr nach oben führt.

Hängt man das Ganze bis zur halben Höhe des Glasrohres in ein Glasgefäß mit reinem Wasser, dann diffundiert sehr schnell Wasser in den Beutel, gleichzeitig diffundiert Salz in die Außenflüssigkeit. Nach einiger Zeit sind Salz und Wasser gleichmäßig innerhalb und außerhalb des Beutels verteilt. Die anfangs unterschiedliche Konzentration ist infolge der Diffusion ausgeglichen. Der Wasserspiegel ist in beiden Gefäßen gleich hoch.

Osmose. Verwenden wir an Stelle des durchlässigen Leinenbeutels ein Stück entfettete Schweinsblase und füllen diese mit einer konzentrierten Kochsalzlösung, dann steigt bei gleicher Versuchsanordnung innerhalb weniger Minuten die Lösung im Steigrohr. In der Außenflüssigkeit läßt sich kein Salz nachweisen (Abb. 12).

Diese Erscheinung ist so zu erklären: Das Wasser wandert mit großer Kraft in die Kochsalzlösung. Die Kochsalzteilchen können aber durch die sehr kleinen Poren in der Wand der Schweinsblase nicht hindurchdringen. Daher wird nur Wasser aufgenommen.

Im Innern der Schweinsblase entsteht ein starker Überdruck, durch den das Wasser im Steigrohr hochgetrieben wird.

Wände, die zwar Wassermoleküle, aber keine größeren Moleküle hindurchlassen, nennt man halbdurchlässig. Die einseitig gerichtete Wanderung von Wasserteilchen durch eine halbdurchlässige Wand beispielsweise in eine Salz- oder Zuckerlösung nennt man Osmose. Der hierbei in der Lösung entstehende Überdruck ist der osmotische Druck.

Osmose ist eine durch halbdurchlässige Wände einseitig behinderte Diffusion. Es wandern hierbei Wasser oder schwache Lösungen durch die halbdurchlässige Wand in eine stärkere Lösung ein.

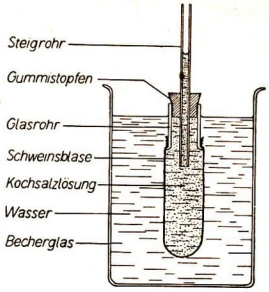


Abb. 12
Versuchsanordnung für die Darstellung der Osmose

Osmotische Vorgänge spielen auch bei der Wasser- und Nährsalzaufnahme der Pflanzen durch die Wurzelhaare eine Rolle. Wurzelhaare sind lebende, dünnwandige Zellen, die etwa 0,2 bis 8 mm lang werden. An der Zellwand zieht sich ein Plasmaschlauch entlang, der auch den Zellkern enthält. Das Zellplasma umschließt einen sehr großen Zellsaftraum, gegen den es durch eine feine, halbdurchlässige Plasmahaut abgegrenzt ist. Im Wasser des Zellsaftraumes sind verschiedene Salze und andere Stoffe gelöst (vgl. Abb. 9d).

Vergleichen wir mit unserem Versuch über die Osmose, so entspricht das Zellplasma mit seiner halbdurchlässigen Plasmahaut der Schweinsblase, der Zellsaft entspricht der Kochsalzlösung, die Bodenlösung dem Wasser im Versuchsgefäß.

Da die Salzkonzentration im Zellsaft der Wurzelhaare höher ist als die Salzkonzentration im Bodenwasser, wird Wasser mit Nährsalzen aus dem Boden aufgesaugt. Dabei ist die halbdurchlässige Plasmahaut nicht so dicht, daß nur reines Wasser eindringen kann. Sie enthält vielmehr kleinere und größere Poren, durch die auch bestimmte Salze in die Zelle aufgenommen werden können.

Die Wurzelhaare können nur Wasser aus dem Boden aufnehmen, wenn ihr Zellsaft eine höhere Konzentration besitzt als die umgebende Bodensalzlösung. In sehr trockenen Böden besitzt die Bodensalzlösung eine so hohe Konzentration, daß die Wurzelhaare dem Boden nur wenig oder überhaupt kein Wasser mehr entreißen können. Die Pflanze geht dann an Wassermangel zugrunde.

Der Wassertransport in der Wurzel

Die inneren Zellen der Wurzel haben eine größere osmotische Saugkraft als die Oberhaut mit ihren Wurzelhaaren. Dadurch dringt das von den Wurzelhaaren auf-

genommene Bodenwasser von Zelle zu Zelle in das Innere der Wurzel. Dort gelangt es in die Leitgewebe und steigt darin im Stengel hoch.

Die Kraft, mit der das Wasser in die Gefäße der Wurzel hinein- und bis in den Sproß emporgedrückt wird, heißt **Wurzeldruck.** Er ist im Frühjahr besonders groß. Diese Erscheinung führt zu dem sogenannten Bluten bei verletzten Birken und beschnittenen Weinreben.

Der Wurzeldruck reicht im allgemeinen nicht aus, das Wasser bis in die obersten Teile einer Pflanze zu transportieren. Hier wirken noch andere Kräfte mit, sie beruhen vor allem auf der Verdunstung von Wasser durch die Blätter (s. S. 34).

Die Wurzel als Vorratsspeicher

Ein Teil der in den Blättern gebildeten Stoffe wird in den Zellen der Wurzelrinde gespeichert, am häufigsten in Form von Stärke oder Zucker.

Überwinternde Kräuter, deren oberirdische Teile absterben, speichern oft ihre gesamten Reservestoffe in der Wurzel. Dabei verdicken sich bestimmte Seiten- oder Beiwurzeln zu Wurzelknollen (z. B. bei der Dahlie, Abb. 13), oder die ganze Hauptwurzel wird zu einer Rübe (z. B. bei der Möhre, Abb. 14).

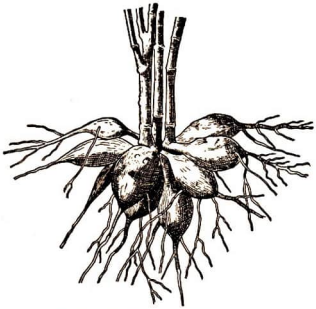


Abb. 13 Wurzelknollen einer Dahlie im Herbst

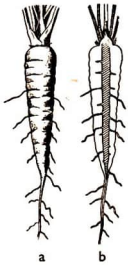
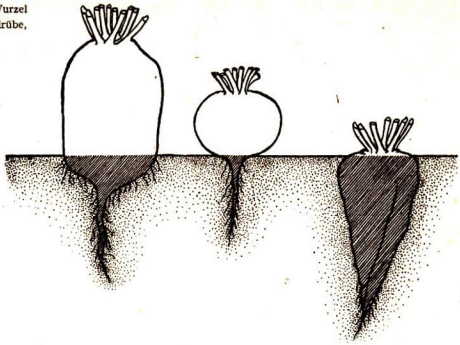


Abb. 14 Rübenwurzel der Mohrrübe
a Gesamtansicht, *b* Längsschnitt (Zentralzylinder schraffiert)

An der Bildung von Rüben ist meist auch die Sproßachse beteiligt (z. B. bei Runkelrübe, Roter Rübe und Zuckerrübe). Der Anteil von Sproß und Wurzel am Aufbau der Rübe ist unterschiedlich (Abb. 15).

Abb. 15 Anteil von Sproß und Wurzel am Rübenkörper von Runkelrübe, Roter Rübe und Zuckerrübe (Wurzelanteil schraffiert)



Rüben finden wir bei vielen zweijährigen Pflanzen. Im ersten Jahr werden die von der Pflanze gebildeten Nährstoffe gespeichert. Im darauffolgenden Jahr werden diese Nährstoffe beim Aufbau der Blüten, Früchte und Samen verbraucht. Die Rübe schrumpft und geht mit der gesamten Pflanze am Ende des zweiten Jahres zugrunde.

Der Mensch nutzt die Speicherwurzeln mancher Pflanzen, indem er beispielsweise Pflanzen mit besonders großen Rübenkörpern züchtet und die gespeicherten Nährstoffe für sich und die Tiere als Nahrung verwendet.

Aufgaben und Fragen

1. An einer Keimpflanze ist zunächst die Wurzel größer und besser entwickelt als Stengel und Blätter. Erkläre!
2. An den älteren Wurzelteilen fehlen Wurzelhaare. Erkläre!
3. Wasserpflanzen besitzen gewöhnlich keine Wurzelhaare. Erkläre!
4. Warum kann Regenwasser normalerweise nicht direkt in Stengel und Blätter einer Pflanze eindringen, sondern muß erst in den Boden gelangen und hier von den Wurzeln aufgenommen werden?
5. Was geschieht, wenn man eine Schweinsblase mit Zuckerlösung füllt, oben fest zubindet und in ein Glas mit Wasser hängt? Was geschieht, wenn man die Schweinsblase mit Wasser füllt, zubindet und in eine Zuckerlösung hängt?
6. Warum platzen Tomaten und andere weiche, fleischige Früchte oft bei nassem Wetter?
7. Die gebräuchlichsten Handelsdünger sind lösliche Salze. Warum dürfen nur bestimmte Mengen dieser Dünger auf den Acker gebracht werden? Welche Folgen könnte eine übermäßige Düngergabe auf die Pflanzenwurzeln haben?
8. Was geschieht, wenn Rettichscheiben oder Weißkraut eingesalzen werden?
9. Nenne Kulturpflanzen, die wegen ihrer Wurzeln für den Menschen nützlich sind! Welche Wurzeln dienen als Speicher für größere Nährstoffvorräte?

Der Sproß

An die Wurzel schließt sich der Sproß an. Er besteht aus der Sproßachse (Stengel oder Stamm), den Blättern (s. S. 28) und den Blüten (s. S. 60).

Die Sproßachse

Die Sproßachse kann einfach oder verzweigt sein. Nach ihrer Beschaffenheit unterscheiden wir krautige Pflanzen (Kräuter) und Holzgewächse.

Bei den Kräutern bleibt die Sproßachse weich und saftig. Einjährige Pflanzen sterben im Herbst ab. Bei den mehrjährigen Kräutern gehen die oberirdischen Teile zugrunde. Von den Bäumen und Sträuchern überwintern auch die verholzten oberirdischen Teile der Sproßachse.

Aufgabe

Vergleicht beblätterte Zweige verschiedener Laubbäume und Sträucher! Stellt Abstände, Zahl und Stellung der Blätter an den Zweigen fest! Untersucht den Grund der Blattstiele mit der Lupe!

An den Ansatzstellen der Blätter sind die Stengel und Zweige meist etwas verdickt. Man bezeichnet diese Stellen als **Knoten**; die zwischen den Knoten liegenden Teile sind blattlos und werden **Zwischenknotenstücke** genannt (Abb. 16). An den Knoten finden wir dicht oberhalb des Blattstielgrundes meist kleine Knospen, aus denen später neue Seitensprosse hervorgehen.

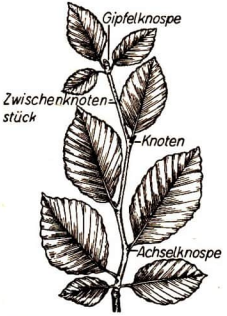


Abb. 16
Sproßgliederung am Zweig einer Rot-Buche

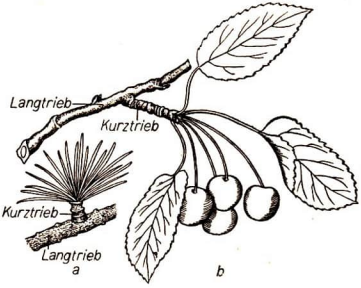


Abb. 17 Kurz- und Langtriebe *a* Lärche, *b* Kirschbaum

Lang- und Kurztriebe. Wir unterscheiden nach der Länge der Zwischenknotenstücke Langtriebe und Kurztriebe. Vor allem die seitlichen Verzweigungen sind vielfach Kurztriebe. Sie haben im Gegensatz zu den Langtrieben meist nur eine begrenzte Lebensdauer und bilden selten weitere Seitenzweige aus. Bei Lärche und Kiefer zum Beispiel sitzen die nadelförmigen Blätter am Ende von Kurztrieben (Abb. 17).

Unsere Obstbäume tragen nur an den Kurztrieben Blüten und Früchte. Beim Pflegeschnitt muß der Gärtner daher darauf achten, daß er nur Langtriebe abschneidet (Abb. 17).

Rosettenpflanzen. Bei den Rosettenpflanzen (z. B. Kuhblume, Schlüsselblume, Runkelrübe, Zuckerrübe, Sellerie) entspringen scheinbar viele Blätter um eine einzige Stelle dicht an der Bodenoberfläche. Die Zwischenknotenstücke sind hier so kurz, daß man sie kaum erkennt. Die Ansatzstellen der Blätter rücken dadurch dicht aufeinander. Man spricht in einem solchen Falle von einer gestauchten Sproßachse.

Die Knospe

Aufgaben

1. Schneide Knospen des Flieders oder der Kastanie längs und quer auf! Betrachte ihren Aufbau mit der Lupe!
2. Betrachte im Spätherbst oder Winter die Knospen dir bekannter Laubbäume und Sträucher! Zeichne verschiedene Knospenformen!

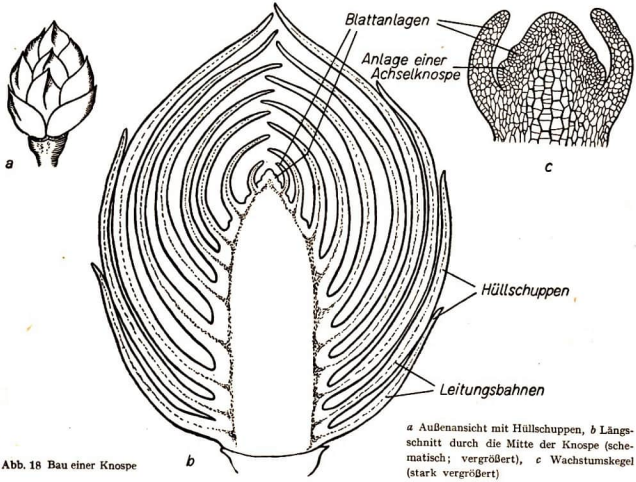


Abb. 18 Bau einer Knospe

a Außenansicht mit Hüllschuppen, *b* Längsschnitt durch die Mitte der Knospe (schematisch; vergrößert), *c* Wachstumskegel (stark vergrößert)

Die Knospen der Bäume und Sträucher werden außen von kleinen Blättern, den Knospenschuppen, geschützt. Sie sind oft braun gefärbt und mit klebrigem Harz überzogen. Die Knospenschuppen umschließen ein dichtes Bündel zarter, kleinster Blätter, die zusammengerollt oder ineinandergefaltet sind und schützend die kegelförmige Sproßspitze umhüllen.

Wachstumskegel. Die Sproßachse wächst wie die Wurzel an den Spitzen der Triebe. Dort entstehen neue Zellen, die sich später strecken. Diese Teile der Sproßachse heißen deshalb Wachstumskegel (Vegetationskegel). Jede Knospe umschließt einen kleinen Wachstumskegel.

Der Wachstumskegel der Sproßachse besteht aus Bildungsgewebe. Seine Zellen vermehren sich ständig durch Zellteilung. Auf diese Weise werden schon im Sommer und Herbst die Zellen der Frühjahrstriebe gebildet, vielfach auch bereits die Zellen der Blüten.

Betrachten wir einen Wachstumskegel unter dem Mikroskop, so erkennen wir deutlich kleine seitliche Ausbuchtungen. Aus ihnen entstehen Blätter oder Seitentriebe (Abb. 18).

In einem nachfolgenden Streckungswachstum strecken sich die Zellen um ein vielfaches in die Länge. Dabei nehmen sie besonders viel Wasser auf.

Der Sproß wächst – wie die Wurzel – an den Spitzen durch Zellteilung im Wachstumskegel aus Bildungsgewebe.
Seitensprosse und Blätter entstehen aus den äußeren Geweben des Hauptsprosses.

Eine Ausnahme bilden die Halme der Gräser. Hier bleiben die Zellen oberhalb jedes Knotens längere Zeit teilungsfähig. Von diesen Stellen aus kann der Halm noch in die Länge wachsen und sich auch aufrichten, wenn er durch ein Unwetter geknickt wurde. Der grüne Halm wächst also an mehreren Stellen zugleich. Darauf beruht das überraschend schnelle Wachstum vieler Gräser, beispielsweise das Schossen des Getreides. Besonders stark wachsen die Schößlinge des Bambus (12 mm in der Stunde).

Manche Kulturpflanzen hat der Mensch so gezüchtet, daß das Streckungswachstum ihrer Zwischenknotenstücke sehr lange verzögert wird, die Blätter aber trotzdem ungehindert wachsen. Auf diese Weise entstehen die großen Köpfe des Kopfkohles (Abb. 19) und des Kopfsalates. Sie stellen nichts anderes als große Knospen dar.

Abb. 19 Kopfkohl (Längsschnitt durch den Kopf) Die Sproßachse reicht als dicker Strunk bis in die Mitte des Kohlkopfes und endet dort mit einem Wachstumskegel. An der gestauchten Sproßachse stehen dicht gedrängt die ineinandergeschachtelten Blätter.

Vom Innenbau des Sprosses

Die jungen Zellen des Sprosses bilden sich während des Streckungswachstums um; sie nehmen ihre endgültige Gestalt an. Es entstehen die

Dauergewebe: Hautgewebe, Leitgewebe, Festigungsgewebe, Grundgewebe.

Hautgewebe. Das Hautgewebe schließt die Pflanze weitgehend gegen die Außenwelt ab und schützt die empfindlichen Innenteile vor Verletzungen. Seine Zellen bilden im allgemeinen eine lückenlose Deckschicht (Abb. 20). Die nach außen gerichteten Zellwände sind meist etwas verdickt. Sie sind von einer dünnen Schicht aus wachsähnlichen Stoffen überzogen (Abb. 21). Diese Schicht ist wasserundurchlässig, sie verhindert, daß den Oberhautzellen durch die Luft zuviel Wasser entzogen wird.

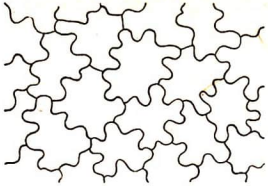


Abb. 20
Hautgewebe der Oberseite eines Blattes (schematisch)

Die Innenräume von Stengeln und Blättern sind mit der Außenwelt oft durch zahlreiche Spaltöffnungen in den Hautgeweben verbunden (s. S. 36).

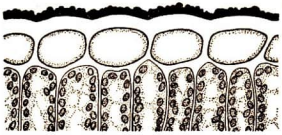


Abb. 21 Querschnitt durch das Hautgewebe an der Blattoberseite. Schwarz: wachsähnliche Deckschicht

Zuweilen wird von den Zellen der Oberhaut Wachs abgeschieden. Aus diesem Wachs besteht der abwischbare „Reif" auf manchen Kohlblättern, auf Pflaumen, manchen Äpfeln und Weinbeeren. Von Wachsüberzügen perlt das Wasser ab, sie erschweren das Eindringen von Bakterien und Pilzen und bilden einen Verdunstungsschutz. Äpfel mit einer gut ausgebildeten Wachsschicht eignen sich als Lagerobst.

Oft wachsen die Zellen der Oberhaut zu ein- oder mehrzelligen Haaren aus, die sehr verschiedene Gestalt und Funktion annehmen können.

Grundgewebe. Die Hauptmasse des Pflanzenkörpers besteht aus Grundgewebe, besonders alle weichen und fleischigen Teile. Die meist vieleckigen bis kugeligen Zellen haben dünne Wände. Zwischen benachbarten Zellen bleiben Zwischenräume frei, die die Pflanze wie ein System von Luftkanälen durchziehen (Abb. 22).

Abb. 22 Grundgewebe mit Zwischenzellräumen
Der Inhalt der lebenden Zellen ist nicht gezeichnet

Festigungsgewebe. Der Festigung des Pflanzenkörpers dienen besondere Gewebe mit Zellen, deren Wände mehr oder weniger stark verdickt sind. Wir unterscheiden zwei Gruppen von Festigungsgeweben.

1. **Lebendes Festigungsgewebe:** Die Zellwände sind nur stellenweise verdickt. Durch dünne Stellen stehen die Protoplasten benachbarter Zellen noch mit-

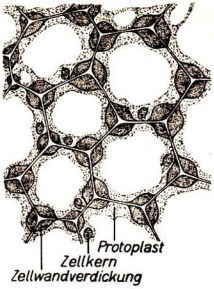


Abb. 23 Lebendes Festigungsgewebe mit Zellwandverdickungen an den Kanten (Querschnitt). Diese Verdickungen erhöhen die Festigkeit des Pflanzenkörpers

Abb. 24 Steinzellengewebe eines Kirschkerns (Querschnitt). Die allseitig verdickten Zellwände dieser toten Zellen sind von zahlreichen feinen Tüpfeln durchzogen. Steinzellen geben vielen Samen- und Fruchtschalen ihre Festigkeit.
T Tüpfel

einander in Verbindung (Abb. 23). Gewebe dieser Art treten vor allem in jungen, noch wachsenden Pflanzenteilen auf.

2. **Totes Festigungsgewebe:** Die Zellwände sind allseitig stark verdickt, der Protoplast ist abgestorben. Zum toten Festigungsgewebe gehören Fasergewebe und Steinzellen.

Fasergewebe bestehen aus schmalen, sehr langen Zellen. Wir finden sie vor allem im Leitgewebe (s. S. 24). Sie sind fast so zugfest wie Stahl. Wenn diese Fasern biegsam und

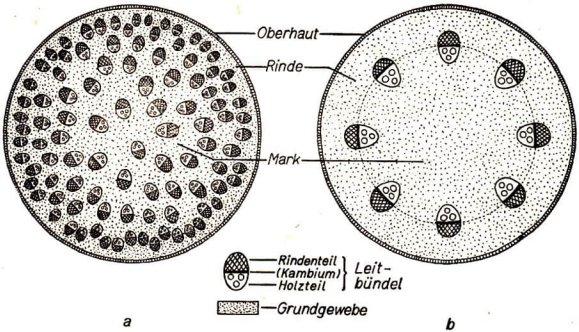


Abb. 25 Bau des Stengels ein- und zweikeimblättriger Pflanzen (Querschnitt)
a Leitbündel der einkeimblättrigen Pflanzen verlaufen im Stengel verstreut; sie häufen sich nach außen und werden kleiner;
b Leitbündel der zweikeimblättrigen Pflanzen sind in einem Ring angeordnet; sie sind alle gleich groß

wenig verholzt sind (z. B. beim Lein und Hanf) können sie aus der Pflanze herausgelöst und zu Gespinsten verarbeitet werden.

Steinzellen entstehen aus normalen, grundgewebeähnlichen Zellen durch nachträgliche Verdickung der Zellwand. Aus Steinzellen bestehen beispielsweise die harte Schale der Nüsse und Kirschkerne (Abb. 24) sowie die harten Stellen im Fruchtfleisch der Birne.

Leitgewebe. In den Leitgeweben der Sproßachse gelangt das von den Wurzeln aufgenommene Wasser mit den darin gelösten Nährsalzen zu den Blättern. Umgekehrt werden die in den Blättern gebildeten Stoffe in alle Teile der Pflanze geleitet. Die Leitgewebe bilden im Stengel und in den Blättern Leitbündel.

Bau und Verteilung der Leitbündel unterscheiden sich bei ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen (Abb. 25).

Bau der Leitbündel

Wir betrachten den Bau der Leitbündel zweikeimblättriger Pflanzen. Man unterscheidet drei ungleich große Hauptabschnitte: den Holzteil, den Rindenteil und das Kambium (Wachstumsschicht).

Die Abbildung 26 zeigt den Aufbau eines Leitbündels im Stengel einer Pflanze, wie man es bei starker Vergrößerung unter dem Mikroskop sieht.

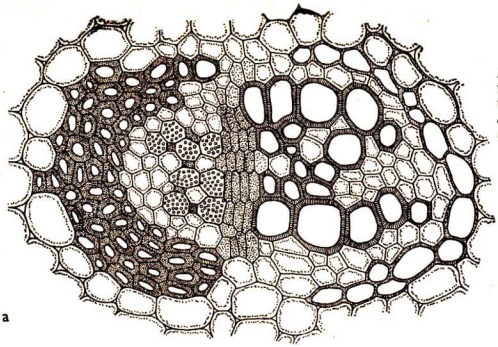
Holzteil. Der Holzteil ist der größte Abschnitt eines Leitbündels, er ist zur Stengelmitte gerichtet. Hier fallen zunächst die **Gefäße** auf. Ein Querschnitt zeigt große, dickwandige Zellen, tot und ohne Inhalt (Abb. 26). Der Längsschnitt läßt erkennen, daß diese Gefäße aus vielen aneinandergereihten röhrenförmigen Zellen bestehen, die durch Auflösung ihrer Querwände miteinander verschmolzen sind. Auf diese Weise entstanden durchgehende, lange und weite Röhren, in denen das Wasser mit großer Geschwindigkeit nach oben befördert werden kann.

Die Wände dieser Röhren sind innen durch unterschiedlich angeordnete Leisten versteift (Abb. 26) und enthalten zur weiteren Festigung Holzstoff; dadurch werden sie gegen Druck besonders widerstandsfähig.

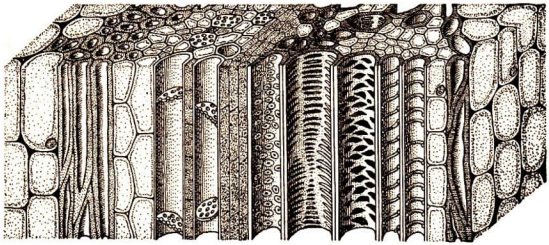
In den größten Gefäßen sind die dicken Wände von vielen kleinen Löchern, den **Tüpfeln**, durchbrochen. Über die Tüpfel stehen die Gefäße miteinander in Verbindung (Abb. 2).

Die Gefäße werden von lebenden **Grundgewebezellen** eingeschlossen und bilden mit ihnen zusammen den Holzteil. Die Holzteile der Leitbündel liegen im krautigen Stengel meist eingebettet in ein großzelliges Grundgewebe, das Mark (Farbtafel 2).

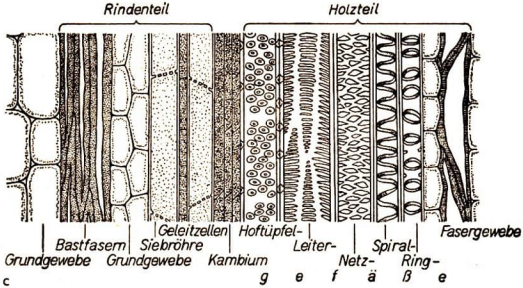
Farbtafel 2 zeigt die Anordnung der festigenden Teile (Festigungsgewebe, Holzteile der Leitbündel) in Wurzel und Sproßachse. Die festigenden Teile sind in der Wurzel auf den Zentralzylinder beschränkt, die Wurzel wird dadurch biegsam und zugfest wie ein Kabel. In der Sproßachse liegen die festigenden Teile am Außenrand, dadurch wird der Stengel druck- und biegungsfest wie ein Rohr. Ein äußerst biegungsfestes Rohr bildet der Getreidehalm mit einem geschlossenen Ring von Fasergewebe entlang der Außenfläche des innen hohlen Stengels.



a



b



c

Abb. 26 Bau des Leitbündels einer zweikeimblättrigen Pflanze
a Querschnitt, *b* Schrägansicht, *c* Längsschnitt

Rindenteil. Die nach außen gerichteten Abschnitte der Leitbündel enthalten als wichtigste Bestandteile die **Siebröhren.** Sie bestehen gleichfalls aus zahlreichen aneinandergereihten röhrenförmigen Zellen, aber ihre Querwände sind nicht aufgelöst, sondern nur wie ein feines Sieb durchlöchert (Abb. 27). Im Gegensatz zu den Gefäßen sind die Siebröhren lebende Zellen.

Durch die Siebröhren werden die in den Blättern gebildeten Stoffe, vor allem Zucker, abwärts in den Stengel und in die Wurzel geleitet. Die Siebröhren werden meist von einer Reihe kleinerer Zellen, den **Geleitzellen**, begleitet.

Siebröhren, Geleitzellen und zugehöriges Grund- und Fasergewebe bilden zusammen den Rindenteil. Die Rindenteile der Leitbündel bilden zusammen mit dem umgebenden Grundgewebe die Rinde des krautigen Stengels, die außen von der Oberhaut umschlossen wird (Farbtafel 2).

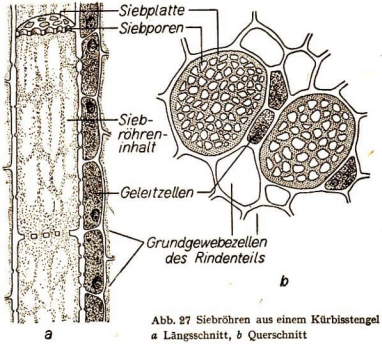


Abb. 27 Siebröhren aus einem Kürbisstengel
a Längsschnitt, *b* Querschnitt

Kambium. Zwischen Rindenteil und Holzteil liegt das Kambium. Es ist ein Bildungsgewebe, dessen Zellen sich teilen und dadurch vermehren können. Auf diese Weise wachsen die Leitbündel und mit ihnen die gesamte Sproßachse in die Dicke (Farbtafel 3).

In den Leitbündeln der einkeimblättrigen Pflanzen sind Rinden- und Holzteil ähnlich gebaut wie in den zweikeimblättrigen Pflanzen. Sie grenzen aber hier unmittelbar aneinander. Ein Kambium zwischen Rinden- und Holzteil ist nicht vorhanden.

Aufgaben

1. Vergleiche Querschnitte durch einen Maisstengel und durch einen Bohnenstengel unter dem Mikroskop!
2. Untersuche dünne Längs- und Querschnitte durch ein Leitbündel eines jungen Kürbisstengels unter dem Mikroskop! Zeichne Gefäße und Siebröhren!
3. Betrachte den Querschnitt eines Holzstückchens! Versuche die Gefäße mit dem bloßen Auge zu erkennen!

4. Stelle frisch abgeschnittene Sprosse des Kleinen Springkrautes oder einer Balsamine in Wasser, das mit roter Tinte gefärbt wurde! Beobachte, in welchen Teilen und mit welcher Geschwindigkeit das Wasser in den Stengeln und Blättern aufsteigt! Untersuche Querschnitte mit dem Mikroskop und suche die Wasserleitungsbahnen! Versuche dasselbe mit einem Fliederzweig!

Die Entwicklung des Stammes

Bei Bäumen und Sträuchern erhöhen sich mit dem Längenwachstum auch die Anforderungen an die Festigkeit und Tragfähigkeit der Sproßachsen. Der weiche, krautige Sproß der Keimpflanze entwickelt sich zu einem Holzkörper.

Dickenwachstum der Sproßachse

Im jungen Stengel unserer Holzgewächse bilden Holzteil und Rindenteil meist zwei ineinanderliegende Ringe, getrennt durch einen schmalen Gürtel von Kambium (Farbtafel 3).

Die Zellen des Kambiums teilen sich während der warmen Jahreszeiten unausgesetzt. Von den neu entstehenden Zellen bilden sich die nach innen gelegenen zu Geweben des Holzteiles um, die äußeren werden zu Bestandteilen des Rindenteiles. Dazwischen bleibt stets ein schmaler Ring teilungsfähiger Bildungszellen des Kambiums erhalten. Holz- und Rindenteil werden dadurch dicker und breiter (Abb. 28).

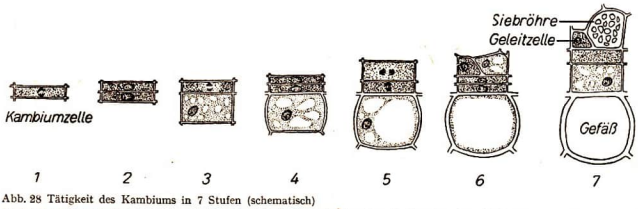


Abb. 28 Tätigkeit des Kambiums in 7 Stufen (schematisch)
1 Die Kambiumzelle beginnt sich zu teilen, *2* zwei Kambiumtochterzellen sind entstanden, *3* die äußere Tochterzelle beginnt sich erneut zu teilen; die innere vergrößert sich unter Bildung von Saftträumen, *4* die Kambiumzelle hat sich wieder geteilt; die große Zelle wächst weiter, wird zum Gefäß, *5* von den beiden Kambiumzellen wächst nun die äußere weiter, dagegen teilt sich die innere; die Gefäßzelle hat ihre endgültige Größe fast erreicht, *6* die vom Kambium nach außen abgegebene Zelle hat sich in zwei ungleiche Teile gespalten, von denen der rechte Teil weiterwächst; in der Gefäßzelle beginnen sich die Querwände aufzulösen, *7* im Gefäß sind Querwände und lebender Inhalt nicht mehr enthalten. Auf der Gegenseite ist eine Siebröhre mit Geleitzelle entstanden; dazwischen bleibt teilungsfähiges Kambium erhalten.

Vom Kambium gebildete Gewebegruppen sind Holz und Rinde.

Holz – Alle Zellen, die durch die Teilung des Kambiums nach innen abgegeben

werden. Gefäße dienen mehrere Jahre der Wasserleitung. Holzfasern geben der Sproßachse Festigkeit.

Rinde – Alle Zellen, die durch die Teilung des Kambiums nach außen abgegeben werden. Siebröhren dienen der Stoffleitung; sie sterben meist nach einem Jahr ab. Bastfasern tragen zur Festigkeit der Sproßachse bei.

Rinde und Borke

Wenn die Sproßachse in die Dicke wächst, platzt bei vielen Bäumen und Sträuchern die Oberhaut und geht zugrunde. An ihrer Stelle entstehen in den äußersten Rindenschichten Korkzellen, die wasser- und luftundurchlässig sind. Das Korkgewebe umschließt wie ein dichter Überzug die Sproßachse und läßt nur einige lockere Stellen frei, die Korkporen (Entlüftung). Korkgewebe enthält oft Gerbstoffe und Farbstoffe.

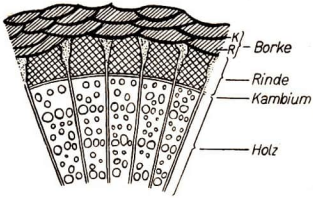


Abb. 29 Querschnitt durch den äußeren Teil einer Sproßachse mit Schuppenborke (schematisch)
K Korkgewebe, *R* abgestorbene Rindenteile

Korkgewebe entstehen allmählich auch in den tieferen Schichten der Rinde und schnüren diese Teile von der Wasser- und Nährstoffzufuhr aus dem Stamm ab. Dadurch sterben die Rindenzellen in diesem Bereich ab. Diese äußeren abgestorbenen Rindenteile, zusammen mit dem Korkgewebe, bezeichnet man als Borke (Abb. 29).

Da die Borke nicht mehr weiterwächst – sie besteht ja nur aus toten Zellen –, reißt sie beim weiteren Dickenwachstum des Stammes auf und löst sich in einzelnen Stücken ab, entweder in Form von Schuppen (Kiefer, Eiche) oder von Bändern (Birke, Kirschbaum).

Aufgabe

Betrachte abgesprengte Borkenteile an jungen Zweigstücken und an Stämmen!

Vom Alter der Stämme

Das Dickenwachstum des Holzkörpers vollzieht sich in unserem Klima nicht gleichmäßig. Im Frühjahr hat der Baum zur Bildung neuer Triebe und des Laubes mehr Wasser zu transportieren als im Herbst, deshalb sind die vom Kambium im Frühling angelegten Gefäße (Frühholz) größer als die im Sommer oder Herbst (Spätholz) gebildeten. Im Spätherbst und Winter wird bei uns die Tätigkeit des Kambiums unterbrochen. Wo das großzellige Frühholz an das kleinzellige Spätholz aus dem Vorjahr stößt, entsteht auf dem Stammquerschnitt eine scharfe Grenze, die Jahresgrenze. Von Jahr zu Jahr wird ein neuer Ring an den Holzkörper angelegt, so daß man das Alter geschlagener Stämme an der Anzahl ihrer Jahresringe schätzen kann (Abb. 30).

Aufgaben und Fragen

1. An welchen Stellen kann eine Pflanze durch Zellvermehrung in die Länge oder in die Dicke wachsen?
2. Wie unterscheiden sich die Sprosse ein- und zweikeimblättriger Pflanzen?
3. Welche Vor- und Nachteile hat eine Kletterpflanze gegenüber einer aufrecht stehenden?
4. Welche Vor- und Nachteile hat eine krautige Pflanze gegenüber einem Baum?
5. Die Stengel untergetauchter Wasserpflanzen sind meist dünn und weich. Erkläre!
6. Welche Funktionen erfüllen die Knospenschuppen?
7. Wie kann man das Alter eines Zweiges feststellen (nenne zwei Möglichkeiten!)?
8. Warum lassen sich die Jahresringe im Holz klar unterscheiden?
9. Wieso kann ein Baum, dessen Inneres hohl ist, weitergedeihen?
10. Warum halten sich Schnittblumen länger frisch, wenn man ihre Stengelenden täglich etwas kürzt?
11. Warum halten sich Schnittblumen während eines Transportes länger frisch, wenn man sie sofort nach dem Abschneiden eine Zeitlang in Wasser stellt?
12. Wenn ein straffer Drahtring um einen Ast oder Stamm gelegt wird, schwellen nach einiger Zeit die Rindengewebe oberhalb des Ringes an. Erkläre die Ursache!
13. Warum eignet sich Kork gut zur Herstellung von Rettungsringen und Schwimmwesten?
14. Wasserpflanzen, die in schlammigem Grund wachsen, besitzen meist sehr große und zahlreiche Zwischenzellräume im Grundgewebe ihrer Stengel und Wurzeln. Erkläre!
15. Die Stoffe, aus denen sich das Holz aufbaut (verholzte Zellwände), sind beträchtlich schwerer als Wasser. Warum schwimmt ein Holzkörper trotzdem meist auf dem Wasser?

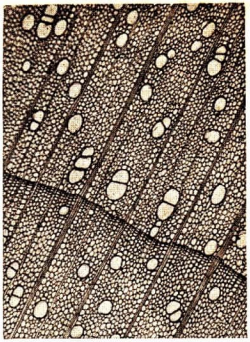


Abb. 30 Holzquerschnitt vom Spitz-Ahorn mit Jahresringgrenze

Das Blatt

Die Gestalt der Blätter

An einem ausgewachsenen Laubblatt lassen sich meist folgende Teile unterscheiden: Blattspreite, Blattstiel und Blattgrund (Abb. 31).

Blattgrund. Der Blattgrund ist die Ansatzstelle des Blattstiels an der Sproßachse. Er kann sehr verschiedene Gestalt annehmen. Vielfach ist er zu zwei **Nebenblättern** ausgewachsen (z. B. Erbsen, Rosengewächse; Abb. 32).

Blattstiel. Der Blattstiel trägt die Blattspreite und bringt sie in eine günstige Lage zum Licht. Bei manchen Pflanzen fehlt der Blattstiel, Blätter ohne Blattstiel bezeichnen wir als sitzende Blätter (z. B. bei Acker-Kratzdistel, Graukresse, Kuhblume, Wegwarte).

Auch bei den Gräsern fehlt der Blattstiel. Wir finden hier nur eine lange, schmale Blattspreite. Der Blattgrund ist zu einer röhrenförmigen Blattscheide geworden, die den Halm oberhalb der Blattansatzstelle, des Knotens, ein Stück umschließt und stützt. Am Übergang von der Blattscheide zur Blattspreite ist meist ein Blatthäutchen vorhanden. Die Blatthäutchen sind bei den einzelnen Grasarten verschieden ausgebildet.

Blattspreite. Die Blattspreite ist der flach ausgebreitete Teil des Blattes; er wird von den Blattnerven oder Blattadern durchzogen. Sie bestehen vor allem aus Festigungs- und Leitgeweben und versteifen das Blatt. In ihren Leitungsbahnen werden Wasser und gelöste Stoffe von der Sproßachse in die Blattspreite und umgekehrt transportiert.

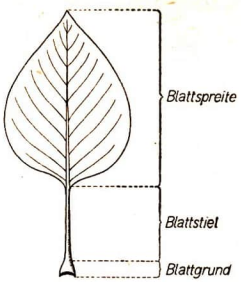


Abb. 31 Gliederung des Laubblattes

Abb. 32 Nebenblätter vom Weißdorn

Die **Blattnerven** sind bei den ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen unterschiedlich angeordnet.

In der Regel treten bei den Einkeimblättlern zahlreiche, gleichmäßig dünne Nerven durch den Blattstiel in die Blattspreite ein und verlaufen dort längs nebeneinander. Die Blätter sind **längsnervig** (streifennervig oder parallelnervig; s. Abb. 33, S. 30).

Bei den Zweikeimblättlern gehen in der Regel von einem dicken Hauptnerv mehrere größere Seitennerven ab, die sich wiederum in immer dünnere Nebennerven verzweigen, bis ein ganzes Netz feiner Blattnerven entsteht. Die Blätter sind **netznervig** (s. Abb. 33, S. 30).

Aufgabe

Klopfe Laubblätter verschiedener Pflanzenarten mit einer weichen Bürste auf einer Decke! Betrachte den Verlauf der Blattnerven!

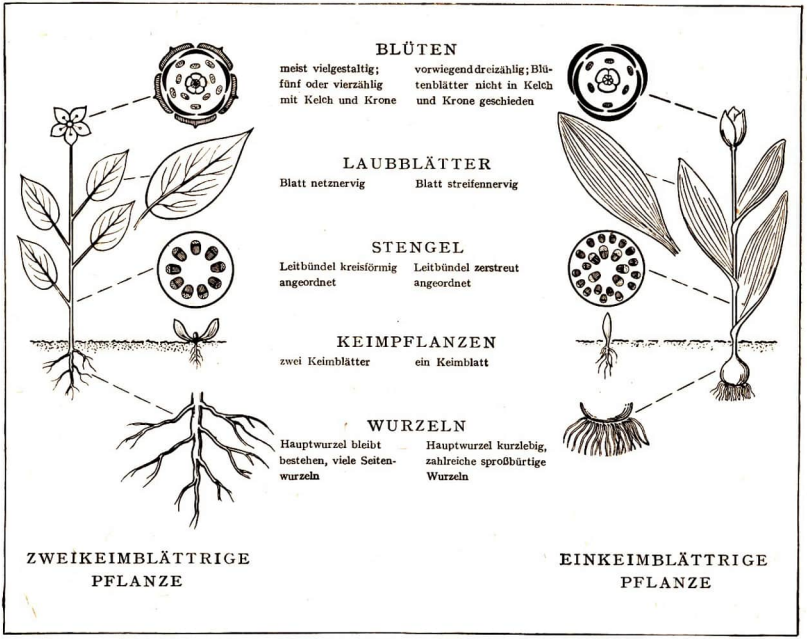

BLÜTEN
meist vielgestaltig; fünf oder vierzählig mit Kelch und Krone
vorwiegend dreizählig; Blütenblätter nicht in Kelch und Krone geschieden
LAUBBLÄTTER
Blatt netznervig
Blatt streifennervig
STENGEL
Leitbündel kreisförmig angeordnet
Leitbündel zerstreut angeordnet
KEIMPFLANZEN
zwei Keimblätter
ein Keimblatt
WURZELN
Hauptwurzel bleibt bestehen, viele Seitenwurzeln
Hauptwurzel kurzlebig, zahlreiche sproßbürtige Wurzeln
ZWEIKEIMBLÄTTRIGE PFLANZE
EINKEIMBLÄTTRIGE PFLANZE

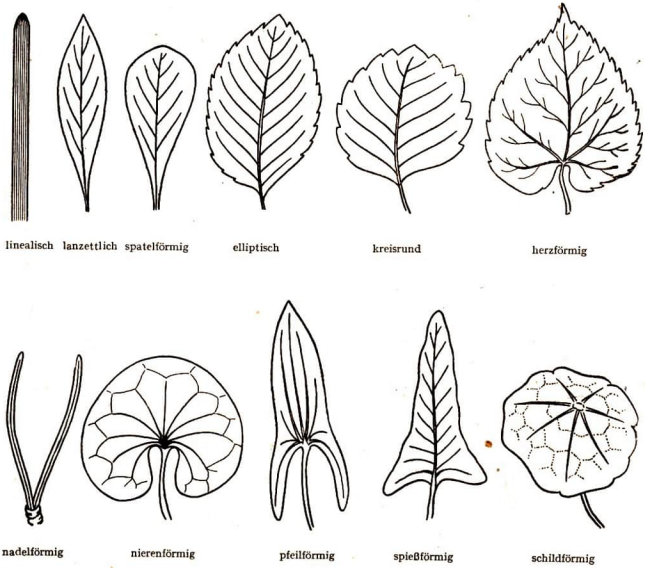
Abb. 88

Blattformen

Die Blattspreite ist sehr unterschiedlich gestaltet. Eine Auswahl der häufigsten Blattformen zeigen die Abbildungen 34, 35 u. 36.

Im einfachsten Fall sind die Blätter ungeteilt. Der Blattrand ist selten glatt; er ist meist mehr oder weniger stark geschweift, gesägt, gezähnt, gekerbt oder gebuchtet. Schließlich kann die ganze Blattspreite von den Rändern her eingeschnitten oder

Abb. 34 Blattformen



eingebuchtet und dadurch in mehrere größere Teile oder Lappen zerlegt sein. Wenn die Einschnitte bis auf die Hauptnerven gehen, erscheint das ganze Blatt aus mehreren voneinander getrennten kleinen Teilblättchen zusammengesetzt. Diese zusammengesetzten Blätter sind entweder gefiedert oder gefingert.

Blätter besonderer Form und Bauart sind die „Nadelblätter" unserer Nadelbäume.

Abb. 35 Blattränder

ganzrandig

einfach gesägt

doppelt gesägt

gekerbt

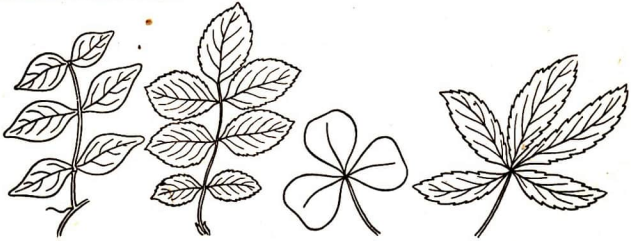
gezähnt

buchtig

fiederspaltig

fiederteilig

Abb. 36. Zusammengesetzte Blätter



paarig gefiedert

unpaarig gefiedert

dreizählig gefingert

fünfzählig gefingert

Der Innenbau der Laubblätter

Den Bau eines Laubblattes zeigt die Abbildung 38. Auf der Blattoberseite bildet die Oberhaut meist eine lückenlos schließende Deckschicht, deren Zellen schwach verdickte Außenwände besitzen. Außerdem ist sie noch von einer wachsähnlichen Schicht überzogen.

Unter der Oberhaut stehen zahlreiche langgestreckte, zylindrische Zellen eng aneinander (ähnlich einer Palisadenwand), man nennt diese Zellreihen **Palisadenschicht.**

Unterhalb der Palisadenschicht liegt die **Schwammschicht**, ein lockerer Verband verschieden gestalteter Zellen, zwischen denen große, luftgefüllte Zwischenräume frei bleiben.

Die Schwammschicht gehört ebenso wie die Zellen der Palisadenschicht zum Grundgewebe des Blattes. Ihre Zellen, besonders aber die der Palisadenschicht, besitzen als Farbstoffträger die **Chloroplasten.** Diese enthalten den für die Ernährung der Pflanzen lebenswichtigen grünen Farbstoff **Chlorophyll** (Blattgrün).

Die Unterseite des Blattes wird wiederum durch die Oberhaut begrenzt. Im Gegensatz zur Blattoberseite enthält sie hier meist zahlreiche kleine **Spaltöffnungen.** Durch die Spaltöffnungen erfolgt die Verdunstung des Wassers und der Gasaustausch zwischen dem Blattinnern und der Außenluft.

An mehreren Stellen des Blattquerschnittes finden wir **Leitbündel**, deren Holzteile stets nach der Blattoberseite gerichtet sind (Abb. 38). Die Siebröhren liegen zur Blattunterseite.

Die Wasserverdunstung durch das Blatt

Aufgabe

Stelle einen frisch abgeschnittenen beblätterten Fliederzweig in ein langes, enges, zylindrisches Glasgefäß (am besten Meßzylinder), das mit Wasser gefüllt ist! Gieße etwas Öl auf das Wasser, damit von der freien Wasseroberfläche nichts verdunsten kann! Markiere den Stand der Wasseroberfläche an der Gefäßwand! Stelle das Ganze an einen sonnigen Ort! Notiere stündlich den Wasserstand im Gefäß!

Wo trockene Luft an einen feuchten Körper grenzt, entzieht sie ihm Wasser in Form von Wasserdampf (Verdunstung nach dem Gesetz der Diffusion). Auch die Blätter der Pflanzen sind feuchte Körper, denn ihre Zellen enthalten viel Wasser. Die Luft entreißt zunächst den äußeren Zellen der Schwammschicht Wasserdampf. Ein

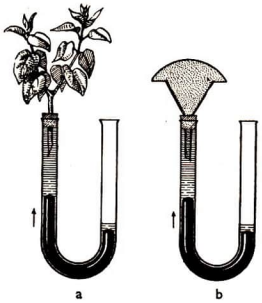


Abb. 37 Saugkraft der trockenen Luft
a über einen belaubten Zweig, *b* über einen feuchten Gipspilz

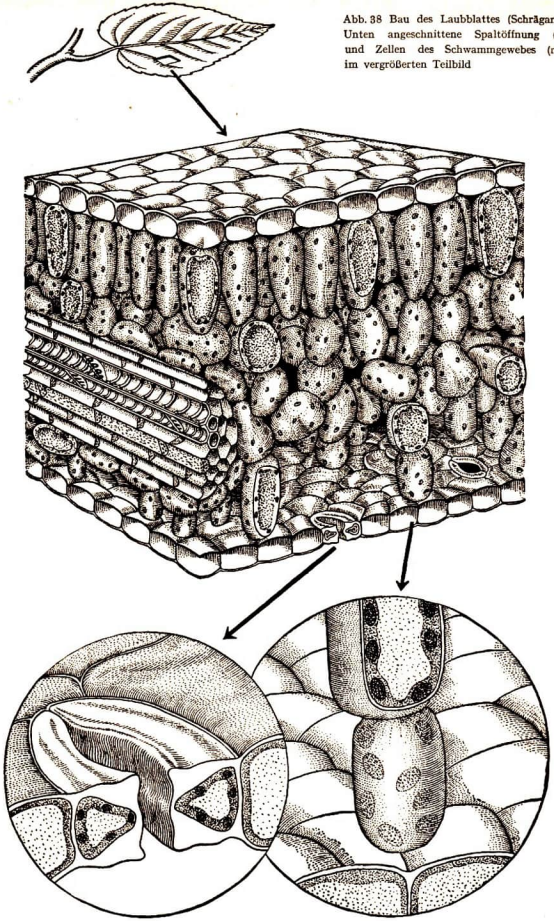


Abb. 38 Bau des Laubblattes (Schrägansicht) Unten angeschnittene Spaltöffnung (links) und Zellen des Schwammgewebes (rechts) im vergrößerten Teilbild

Ausgleich des verlorengegangenen Wassers erfolgt über die inneren Zellen der Schwammschicht und die Palisadenschicht aus den wassergefüllten Gefäßen der Leitbündel. Sie sind als feine Blattäderchen in der gesamten Blattspreite verteilt (Abb. 38).

Die Wassermoleküle haften fest aneinander. Sie bilden in den luftfreien Gefäßen des Pflanzenkörpers lange, schwer zerreißbare Wasserfäden. Wenn durch die Verdunstung Wasser aus den Blättern herausgezogen wird, setzt sich dieser Zug über die Gefäße der Sproßachse bis in die Wurzel hinein fort (Verdunstungszug). Damit werden in Verbindung mit dem Wurzeldruck das Bodenwasser und die darin gelösten Nährsalze aus den Wurzeln in alle Teile des Sprosses bis in die Blätter befördert (Farbtafel 4).

Der gesamte Wassertransport und die Wasserverdunstung durch das Blatt erfolgen nach physikalischen Gesetzen (Kapillarität und Diffusion), so wie Wasser auch aus toten Körpern verdunstet (Abb. 37).

Bei der Wasserverdunstung durch die Blätter entsteht der Verdunstungszug. Durch den Verdunstungszug und den Wurzeldruck wird das Bodenwasser mit den darin gelösten Nährsalzen von der Wurzel in alle Teile des Sprosses befördert.

Mit zunehmender Trockenheit der Luft steigt die Wasserabgabe der Pflanzen. Bei heißem, trockenem Wetter oder starker Luftbewegung kann der Wasserverlust so groß werden, daß das in den Blättern fehlende Wasser nicht rasch genug ersetzt werden kann. Die Spannkraft in den Blattzellen läßt nach, das Blatt welkt. Diesen Vorgang können wir oft an trockenen, heißen Tagen um die Mittagszeit beobachten. Wenn am kühleren Abend die Verdunstung nachläßt, kann der Wassernachschub aus der Wurzel über die Sproßachse den vorübergehenden Verlust in den Blättern ausgleichen. Am nächsten Morgen erscheinen die Blätter meist wieder frisch.

Wenn die Blätter so viel Wasser verlieren, daß das Protoplasma Schaden erleidet, können sie sich auch bei späterer Wasserzufuhr nicht mehr erholen; sie sterben ab (z. B. in längeren Dürrezeiten).

Plasmolyse. Wenn Pflanzenteile mit Zucker, Kochsalz oder anderen löslichen Stoffen in Berührung kommen, werden sie schlaff. Das Erschlaffen der Pflanzenteile beruht darauf, daß die einzelnen Zellen durch Osmose Wasser an die konzentrierte äußere Lösung abgeben. Durch die Wasserabgabe vermindert sich der Zellsaft, so daß die Zellspannung (der Turgor) nachläßt. Beim Einwirken sehr starker äußerer Lösungen hebt sich das Zellplasma von der Zellwand ab. Man spricht dann von Plasmolyse (Abb. 39).

Plasmolyse kann durch Wasserzugabe behoben werden. Sie führt aber häufig zu einer Schädigung der Zellen und bei längerer Dauer zum Tode.

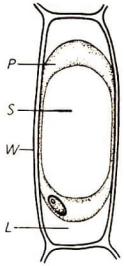


Abb. 39 Plasmolyse (schematisch) *P* Plasmaschlauch, *S* Zellsaftraum, *W* Zellwand, *L* konzentrierte Außenlösung (durch die Zellwand eingedrungen)

Wir erzeugen absichtlich Plasmolyse:

1. Wir bestreuen die Unkräuter eines Weges bei trockenem Wetter mit Salzen (z. B. Wegerein, Unkrauttod). Im Bodenwasser bilden sich dabei starke Lösungen, die zur Vernichtung der Unkräuter führen.
2. Wir vernichten auf Getreidefeldern wachsende Unkräuter mit Hederich-Kainit, einem leichtlöslichen, staubfein gemahlenen Kaliumsalz. Dieses Salz setzt sich an den behaarten Blättern des Hederichs und anderer Unkrautpflanzen fest. Den glatten, mit Wachs überzogenen Blättern der Getreidepflanzen schadet es dagegen nicht.

Kulturpflanzen, zum Beispiel Gemüse und Raps, werden geschädigt, wenn wir sie bei sonnigem Wetter mit leichtlöslichen Düngemitteln bestreuen (Kopfdüngung). Die Pflanzen welken unter Vergilben der Blätter. Man bezeichnet diesen Schaden als „Verbrennen".

Verdunstungsschutz. Wasser und Nährstoffe müssen den Blättern immer ausreichend zur Verfügung stehen. Deshalb ist die Wasserverdunstung durch die Blätter für die Pflanze außerordentlich wichtig.

Die Luft entzieht der Pflanze nicht stets die gleiche Wassermenge. In den trockenheißen Mittagsstunden kann die Luft weitaus mehr Wasser aufnehmen als an einem taufeuchten Morgen. Diesen unterschiedlichen Bedingungen kann sich die Pflanze in gewissen Grenzen anpassen. Mit Hilfe der Spaltöffnungen in den Blättern wird die Wasserverdunstung geregelt.

Aufgabe

Untersuche ein Stück Oberhaut von einem Blatt der Schwertlilie oder der Tulpe unter dem Mikroskop! Zeichne eine Spaltöffnung bei starker Vergrößerung!

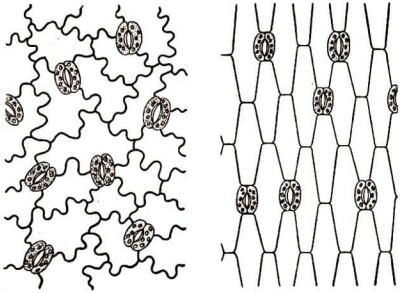


Abb. 40 Oberhaut der Blattunterseite mit Schließzellen
Links Holunder, rechts Schwertlilie

Die **Spaltöffnungen** werden von zwei bohnenförmigen Schließzellen gebildet, zwischen denen ein Spalt frei bleibt (Abb. 38 u. 40). Die Weite des Spaltes hängt von der Spannkraft der Schließzellen ab. Bei ausreichender Wasserversorgung sind die Schließzellen prall gefüllt, ihre Zellwände gespannt, und der Spalt ist geöffnet. Bei Wassermangel erschlaffen die Schließzellen und ihre Wände, dann schließt sich der Spalt.

Auf diese Weise schließen sich bei ungenügender Wasserversorgung die Spaltöffnungen. Die Wasserabgabe wird vermindert.

Die Verdunstung wird dadurch aber nicht völlig unterbunden. Die übrigen Teile der Oberhaut sind durch ihre Deckschichten zwar weitgehend wasserundurchlässig und gegen Verdunstung geschützt, trotzdem dringt Wasserdampf auch hier nach außen. Auch bei geschlossenen Spaltöffnungen verdunsten die Blätter etwas Wasser.

Nicht nur im Laufe eines Tages ändert sich die Verdunstungskraft der Luft. Sie ist an den einzelnen Standorten der Pflanzen (z. B. trockener Hang, feuchte Schlucht) oder während der einzelnen Jahreszeiten sehr unterschiedlich. Diesen Besonderheiten sind die Pflanzen in verschiedener Weise angepaßt.

Die Wasserverdunstung durch das Blatt hängt von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab. Sie wird durch die Spaltöffnungen in der Oberhaut der Blätter geregelt.

Anpassung an trockene Standorte	Anpassung an feuchte Standorte
dichte, wachsähnliche Schicht auf den Oberhautzellen (z. B. Aloe, Kohl), korkhaltige Zellwände	dünnwandige Oberhautzellen, wachsähnliche Schicht nur schwach ausgebildet (z. B. Springkraut)
Blätter oft dick, derb, ledrig; Wollhaare (z. B. Königskerze)	Blätter meist dünn, weich, unbehaart (z. B. Busch-Windröschen)
vertieft liegende Spaltöffnungen (z. B. Nadelgehölze)	emporgehobene Spaltöffnungen (z. B. Seerose)
kleine Blattoberfläche (z. B. Heidekraut)	große Blattoberfläche (z. B. Pestwurz)

Der Wasserverbrauch der Pflanzen ist an heißen Tagen erstaunlich hoch. Es verdunsten:
eine Sonnenblumenpflanze je Tag etwa 1 Liter,
ein großer Obstbaum je Tag etwa 100 Liter,
eine Birke mit etwa 200000 Blättern je Tag etwa 60 bis 70 Liter,
eine Maispflanze je Vegetationszeit etwa 200 Liter,
ein Buchenwald von einem Hektar Größe jährlich etwa 4000000 Liter.

Der herbstliche Laubfall

Die Blätter unserer Laubbäume mit ihren großen Oberflächen verdunsten ständig sehr viel Wasser. Im Winter kann es aus dem gefrorenen Boden nicht ersetzt werden. Ferner würde der Frost die Zellen der Blätter zerstören. Die heimischen Laubgehölze sind dem Wechsel der Jahreszeiten durch den herbstlichen Laubfall angepaßt.

Aufgaben und Fragen

1. Die Zellen der Blattoberhaut haben gewöhnlich dicke Außenwände. Erkläre!
2. Blätter untergetauchter Wasserpflanzen haben keine Spaltöffnungen. Erkläre!

3. Warum verdunsten die Blätter bei Wind mehr Wasser als bei Windstille?
4. Warum welkt eine Pflanze, wenn sie nicht mehr genügend Wasser aufnehmen kann?
5. Manche Pflanzen welken rascher als andere. Welche Ursachen kann dies haben?
6. An heißen Tagen kann eine Pflanze um die Mittagszeit welken, auch wenn im Boden ausreichend Wasser vorhanden ist. Worauf ist dies zurückzuführen?
7. Warum erholt sich eine Pflanze, die tagsüber welk wurde, nachts meist wieder, auch wenn kein Regen fällt?
8. Warum pflanzt man Bäume nicht im Sommer um, sondern wählt dazu das zeitige Frühjahr und bewölkte oder regnerische Tage?

Die Metamorphosen des Sprosses

Teile des Sprosses sind mitunter umgebildet und übernehmen andere Funktionen. Aus den Blattanlagen entwickeln sich beispielsweise in einigen Fällen keine Laubblätter, sondern Dornen oder Ranken. Man bezeichnet solche Umbildungen als Metamorphosen. Auch die Blüte ist ein umgewandelter Teil des Sprosses (s. S. 60).

Dornen. Dornen sind spitze, meist verholzte Gebilde. Sie können sich sowohl aus Blattanlagen als auch aus Teilen der Sproßachse entwickeln. An der Bildung der Dornen sind alle Gewebe, vor allem Festigungsgewebe, beteiligt; sie sitzen daher sehr fest am Hauptsproß, und zwar stets an den Knoten.

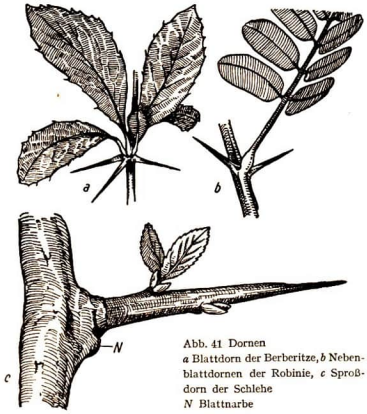


Abb. 41 Dornen
a Blattdorn der Berberitze, *b* Nebenblattdornen der Robinie, *c* Sproßdorn der Schlehe
N Blattnarbe

Blattdornen entstehen durch Umbildung von ganzen Blättern (z. B. Kakteen, Berberitze, Abb. 41a) oder von Nebenblättern (z. B. Robinie, Abb. 41b). Nebenblattdornen sitzen zu zweien am Grunde von Laubblättern.

Oft sind auch nur Blattspitzen oder -zähne in Dornen umgewandelt (Disteln).

Sproßdornen sind kurze, spitze Seitentriebe (z. B. Schlehe, Sanddorn). Sie lassen sich von den Blattdornen durch ihre Gliederung in Knoten und Zwischenknotenstücke unterscheiden.

Sproßdornen tragen an ihren Knoten oft Knospen, aus denen gelegentlich Blätter austreiben (Abb. 41c).

Dornen dürfen wir nicht mit den Stacheln der Rosengewächse verwechseln. Stacheln sind keine Umbildungen der Sproßachse und der Blätter, sondern Auswüchse der äußeren Rindenschichten. Sie lassen sich leicht von der Pflanze ablösen und sind meist unregelmäßig über die Zwischenknotenstücke verteilt (Abb. 42).

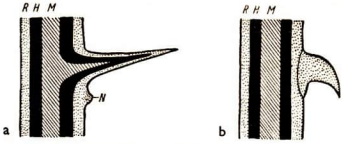


Abb. 42 Dorn und Stachel (schematisch)
a Dorn, *b* Stachel
R Rinde, *H* Holz, *M* Grundgewebe des Marks, *N* Blattnarbe

Unterschied zwischen Dorn und Stachel

Dorn	Stachel
Umbildung der Sproßachse oder eines Blattes	Bildung der Rindenschicht
festsitzend	leicht ablösbar
an den Knoten sitzend	unregelmäßig über die Sproßachse verteilt

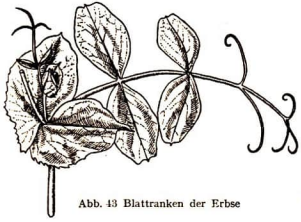


Abb. 43 Blattranken der Erbse

Ranken. Bei vielen Kletterpflanzen sind Teile der Blätter oder der Sproßachse zu Ranken umgebildet, die spiralig um eine Stütze herumwachsen und die Pflanze daran festhalten (Erbse, Abb. **43**; Zaunrübe, Abb. 44).

Wasserspeichernde Organe. In manchen heißen Trockengebieten

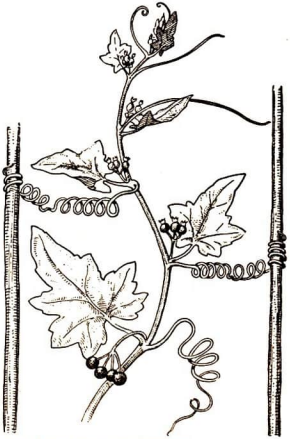


Abb. 44 Sproßranken der Zaunrübe

unserer Erde regnet es sehr selten. Wenn es aber regnet, stürzen in kürzester Zeit gewaltige Wassermengen auf die Erde nieder. Zahlreiche Pflanzenarten dieser Gebiete können das nach dem Regen so reichlich vorhandene Wasser mit ihrem äußerst weit und flach verzweigten Wurzelsystem rasch aufnehmen und speichern. Als Wasserspeicher dient ein ausgedehntes Grundgewebe, das den größten Teil der Pflanze einnimmt. Sproßachse oder Blätter dieser Pflanzen sind dick und fleischig. Eine derbe Oberhaut mit einer dicken wachsähnlichen Außenschicht schließt das wasserreiche Innengewebe von der trockenheißen Luft ab (z. B. Kakteen).

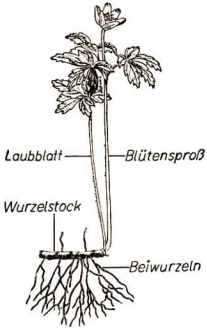


Abb. 45 Wurzelstock des Busch-Windröschens

Wurzelstöcke. Bei manchen mehrjährigen Kräutern wächst und überwintert die Sproßachse im Boden. Sie ist hier mit zahlreichen Beiwurzeln verankert. In jedem Frühjahr wachsen krautige Triebe über die Bodenoberfläche, die Laubblätter und Blüten tragen (z. B. Busch-Windröschen, Maiglöckchen, Schwertlilie; Abb. 45).

Wurzelstöcke speichern in der Regel Reservestoffe, vor allem Stärke, sie liefern die Nährstoffe für das rasche Austreiben der Laubblätter und Blüten im Frühjahr.

Wurzelstöcke sind von echten Wurzeln dadurch zu unterscheiden, daß sie in Knoten und Zwischenknotenstücke gegliedert sind und meist kleine farblose, häutige Blätter tragen. Sie wachsen im Boden weiter und können sich häufig verzweigen. Pflanzen mit Wurzelstöcken stehen deshalb niemals einzeln, sondern stets in Gruppen (z. B. Busch-Windröschen, Quecke).

Mitunter können Wurzelstöcke sehr zählebig sein. Es wachsen kleine Stücke zu einer ganzen Pflanze aus. Unkräuter mit Wurzelstöcken (z. B. Quecke, Acker-Schachtelhalm) sind deshalb schwer zu bekämpfen.

Sproßknollen. Sproßknollen dienen wie Wurzelstöcke als Nahrungsspeicher. Sie können oberirdisch (z. B. Kohlrabi, Abb. 46) oder unterirdisch (z. B. Kartoffel, Abb. 47 u. 48) entstehen.

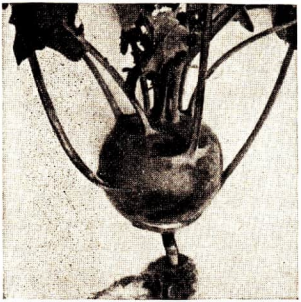


Abb. 46 Sproßknolle beim Kohlrabi

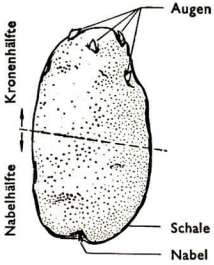


Abb. 47 Teile der Kartoffelknolle

Abb. 48 Ausläufer der Kartoffelpflanze mit Knollen (Mutterknolle dunkel)

Von den Wurzelknollen unterscheiden sich die Sproßknollen dadurch, daß sie Knospen, auch Augen genannt, besitzen (z. B. Kartoffel – Sproßknolle, Dahlie – Wurzelknolle).

Zwiebeln. Zwiebeln sind ganze, beblätterte Sprosse (Abb. 49). Die Sproßachse bildet den Zwiebelboden. Ihm entspringen die Wurzeln. Auf der gestauchten Sproßachse sitzen die fleischigen Blätter, die Zwiebelschuppen, in denen Wasser und andere Nährstoffe gespeichert werden (z. B. Schneeglöckchen, Küchenzwiebel).

Ausläufer. Ausläufer sind Seitensprosse mit äußerst langen, dünnen Zwischenknotenstücken, die dem Boden aufliegen und an ihren Knoten Beiwurzeln bilden können. Dort entstehen dann neue Pflanzen. Die langen Zwischenknotenstücke sterben ab (z. B. Erdbeere, Kriechender Hahnenfuß).

Blätter und Sproßachsen oder Teile von ihnen übernehmen oft andere Funktionen. Dabei verändert sich ihr äußerer und innerer Bau.

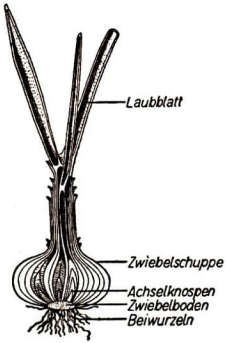


Abb. 49 Küchenzwiebel
Entwickelte Pflanze (längs durchgeschnitten)

Fragen

1. Nenne Kulturpflanzen, die besonders wegen ihrer Sproßachse für den Menschen nützlich sind! Bei welchen Pflanzen dient der Stengel oder Stamm als Speicher für größere Nährstoffmengen?
2. Warum müssen wir die Kartoffelknolle als Teil einer Sproßachse ansehen?

Die Lebensvorgänge in der Pflanze

(Stoffwechsel der Pflanzen)

Jede Blütenpflanze entwickelt sich aus einem Samen, der meist nur Bruchteile eines Gramms wiegt. Aus diesen winzigen Gebilden entwickeln sich kräftige Kräuter und mächtige, viele Tonnen schwere Bäume.

Der Körper einer jeden Pflanze ist aus Millionen einzelner Zellen zusammengesetzt. Sie alle entstehen aus einer einzigen befruchteten Keimzelle.

Im Leben einer Pflanze müssen, wie bei Tier und Mensch, ständig neue Stoffe erzeugt und neue Zellen aufgebaut werden.

Die stoffliche Zusammensetzung der Pflanze

Aufgaben

1. Wäge frische Pflanzenteile (Blätter, krautige Stengel, saftige Früchte)! Trockne sie an der Luft oder auf einem nicht zu heißen Ofen! Stelle den Wassergehalt durch den Masseverlust fest!
2. Verbrenne abgewogene trockene Pflanzenteile (Holz, Blätter)! Wäge die Asche! Vergleiche!
3. Erhitze ein Stück trockenes Holz unter Luftabschluß in einem Reagenzglas! Erkläre!

Durch einfache Versuche gewinnen wir einen Überblick über die stoffliche Zusammensetzung der Pflanze.

Durch Trocknen: Feststellen des Wassergehalts
Durch Verbrennen: Feststellen des Aschegehalts
Durch Verkohlen: Feststellen des Kohlenstoffgehalts

Der Wassergehalt frischer Pflanzenteile schwankt zwischen 7 und 95 %, wobei Samen den geringsten, saftige Früchte den höchsten Anteil an Wasser aufweisen. Ebenso sind Aschegehalt und Zusammensetzung der Asche unterschiedlich. Die meiste Asche liefern Blätter (Tabakasche), die wenigste Asche ergeben Samen und Holz.

Mit diesen Versuchen erfassen wir jedoch nicht alle Stoffe, die in der Pflanze enthalten sind. Zum Beispiel können wir Stickstoff auf diese Weise nicht nachweisen.

Beim Verbrennen und Verkohlen wenden wir hohe Temperaturen an, so daß einige Stoffe im gasförmigen Zustand entweichen und deshalb im Rückstand nicht nachzuweisen sind. Als Gase entweichen Wasser (H_2O), Kohlendioxyd (CO_2) und Ammoniak (NH_3). Die Asche besteht, wie chemische Analysen ergeben, aus Sauerstoffverbindungen (Oxyden) verschiedener Elemente. In jedem Fall enthält sie neben dem Sauerstoff: Kalium, Magnesium, Calcium, Eisen, Phosphor und Schwefel.

Umfassende Untersuchungen haben ergeben, daß in der Pflanze folgende chemischen Elemente regelmäßig auftreten und für ihr Leben unbedingt erforderlich sind:

Kohlenstoff (C)	**Wasserstoff** (H)
Sauerstoff (O)	**Stickstoff** (N)
Phosphor (P)	**Kalium** (K)
Schwefel (S)	**Calcium** (Ca)
Eisen (Fe)	**Magnesium** (Mg)

Diese Stoffe braucht die Pflanze in größeren Mengen. Daneben kommen noch zahlreiche Stoffe in winzigen Spuren im Pflanzenkörper vor, man nennt sie **Spurenelemente.** Sie sind trotz ihrer geringen Menge lebenswichtig. Zu ihnen gehören unter anderem: **Bor** (B), **Mangan** (Mn), **Jod** (J), **Kupfer** (Cu), **Zink** (Zn).

Woher bezieht die Pflanze ihre Nährstoffe?

Die meisten lebensnotwendigen Elemente nimmt die Pflanze mit den im Bodenwasser gelösten Nährsalzen auf.

Die Pflanze verwertet die Salze nicht im ganzen, sondern nur ihre einzelnen Bestandteile. Das für ihr Leben wichtige Calcium stammt aus dem Kalk ($CaCO_3$), dem Gips ($CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$) oder einem anderen Calciumsalz. Das Kalium entzieht sie einem Kaliumsalz, die anderen für sie unentbehrlichen Metalle aus den entsprechenden Verbindungen. Die beiden Nichtmetalle Phosphor und Schwefel erhält die Pflanze aus den Säureresten der Phosphate und Sulfate. Der Säurerest der Nitrate und die Ammoniumgruppe der Ammoniumsalze liefern Stickstoff.

Nur Bestandteile gelöster Salze werden in die Pflanze aufgenommen. Die Salze lösen sich in unterschiedlichem Maße im Wasser; auch schwerlösliche Salze (z. B. Calciumcarbonat) lösen sich in geringen Mengen in Wasser, sind also den Pflanzen zugänglich.

Die Salzbestandteile dringen mit dem Wasser in die Wurzelhaare ein und werden von hier mit dem Wasserstrom durch die Leitgewebe auf die übrigen Zellen der Pflanze verteilt.

Die Bestandteile der Salze werden in der Pflanze mannigfach verwendet. Stickstoff, Phosphor und Schwefel werden vor allem zum Aufbau des Protoplasten gebraucht. Andere Bestandteile wiederum veranlassen bestimmte Vorgänge im Pflanzenkörper; so regeln Kalium und Calcium den Wassergehalt des Protoplasten.

Pflanzen brauchen zu ihrem Gedeihen nicht unbedingt festen Boden; sie wachsen ebenso gut in wäßrigen Lösungen verschiedener Salze, vorausgesetzt, daß die Lösung alle lebenswichtigen Elemente enthält. Man kann mit verschieden zusammengesetzten Nährlösungen genau prüfen, welche chemischen Grundstoffe die Pflanze braucht und in welcher Menge sie sie benötigt.

Wir stellen eine Lösung her, die Salze der genannten unentbehrlichen Elemente enthält, und prüfen, wie eine Pflanze in ihr wächst. Eine solche Lösung bezeichnet man als **Nährlösung**. Wenn wir sie zusammenstellen, müssen wir die Mengen der einzelnen Stoffe beachten, da die Pflanze von dem einen Element mehr, vom anderen weniger benötigt. Die Salze der Spurenelemente brauchen nicht beigefügt zu werden, da sie als Verunreinigungen in den übrigen Stoffen ausreichend vorhanden sind. Wir achten weiter darauf, daß die Konzentration der Lösung nicht zu hoch ist, damit es nicht zu einer Schädigung der Pflanzenzellen (s. S. 19) kommt. Man kann Nährlösungen in verschiedener Weise zusammensetzen. Häufig wird folgende Lösung benutzt:

Knopsche Nährlösung

1000 ml destilliertes Wasser
1 g Calciumnitrat, $Ca(NO_3)_2 \cdot 4\,H_2O$
0,25 g Kaliumdihydrogenphosphat (Monokaliumphosphat), KH_2PO_4
0,25 g Magnesiumsulfat, $MgSO_4 \cdot 7\,H_2O$
0,12 g Kaliumchlorid, KCl, oder 0,25 g Kaliumnitrat, KNO_3
ein Tropfen Eisen(III)-chlorid, $FeCl_3$, oder Eisensulfat, $FeSO_4$

Wir füllen die Lösung in ein Glas, das wir mit Tüll überspannen. Dann stecken wir die Wurzel eines Bohnenkeimlings (Samen zwischen feuchtem Papier oder in nassen Sägespänen keimen lassen) vorsichtig durch eine größere Masche des Tülls, so daß sie mit der Spitze in die Lösung taucht. Um die Ausbreitung von Algen zu verhindern, umhüllen wir das Glas mit dunklem Papier. Täglich blasen wir frische Luft in das Wasser, um die Wurzeln mit Sauerstoff zu versorgen.

Wir beobachten die Pflanze in der folgenden Zeit und stellen fest, daß sie ebenso wächst

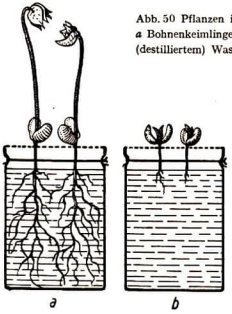


Abb. 50 Pflanzen in einer Wasserkultur
a Bohnenkeimlinge in voller Nährlösung, *b* in nährstofffreiem (destilliertem) Wasser

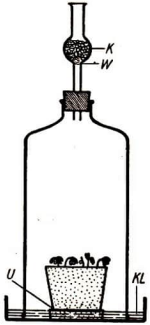


Abb. 51 Senfkeimlinge in kohlendioxydfreier Luft (Hungerkultur). Die Pflanzen stehen in einem Untersatz mit Wasser in einem Gefäß mit Kalilauge. Die Belüftung erfolgt durch ein Rohr, das mit Natronkalk gefüllt ist. Natronkalk und Kalilauge absorbieren das CO_2 der Luft. Die Pflanzen kümmern, da sie ohne Kohlendioxyd nicht assimilieren können.
K Natronkalk, *KL* Kalilauge, *U* Untersatz mit Wasser, *W* Watte

wie Pflanzen, die im Boden wurzeln. Wir erkennen, daß Pflanzen ohne die festen Bestandteile des Bodens zu leben vermögen. Es darf aber bei der Zusammensetzung der Lösung kein Stoff übersehen werden. Fehlt auch nur einer der notwendigen Bestandteile der Lösung, so wächst die Pflanze nur kümmerlich oder überhaupt nicht (Abb. 50).

Zierpflanzen oder Gemüse werden häufig nur auf Nährlösungen (Hydrokultur) gezogen. Die dazu erforderlichen Nährstoffe werden in Form käuflicher Nährsalztabletten (z. B. Wopil) dem Wasser zugegeben.

Nährlösungen, in denen Pflanzen gut gedeihen, müssen von den zehn auf Seite 43 genannten chemischen Grundstoffen stets neun enthalten: Wasserstoff und Sauerstoff als Bestandteile des Wassers, dazu aus löslichen Salzen: Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Calcium, Eisen, Magnesium und alle Spurenelemente.

Alle diese Stoffe nimmt die Pflanze mit ihren Wurzeln aus dem Bodenwasser auf, das nichts anderes darstellt als eine Lösung verschiedener Bodensalze, die aus den Gesteinen herausgelöst wurden. Man kann deshalb das Bodenwasser mit einer Nährlösung vergleichen.

Nicht vorhanden in den Nährlösungen ist der Kohlenstoff, der wichtigste und häufigste Grundbestandteil aller lebenden Organismen.

Mit Ausnahme des Kohlenstoffs nimmt die Pflanze alle Nährstoffe aus dem Bodenwasser auf. Das Bodenwasser ist eine Lösung verschiedener Bodensalze.

Wie gelangt der Kohlenstoff in die Pflanze?

Die Pflanze braucht neben Wasser und Nährsalzen auch Luft und daraus vor allem das **Kohlendioxyd** (Abb. 51).

Kohlendioxyd ist in nur sehr geringer Menge (etwa 0,03 Vol.-%) in der Luft enthalten. Es bildet aber die einzige Kohlenstoffquelle für die grüne Pflanze.

Die grünen Landpflanzen decken ihren gesamten Kohlenstoffbedarf aus dem Kohlendioxyd der Luft.

Aus dem Kohlendioxyd der Luft, das durch die Spaltöffnungen in die Blätter aufgenommen wird, und aus den im Bodenwasser gelösten Nährstoffen bauen die Pflanzen ihren Körper mit allen komplizierten Stoffen auf (z. B. Kohlenhydrate, Fette, Eiweißkörper, Vitamine).

Damit ergibt sich eine wichtige Frage: Warum können Mensch und Tier das nicht, obwohl sie aus denselben chemischen Stoffen bestehen? Sie sind stets auf pflanzliche oder tierische Kost angewiesen, auf Nährstoffe also, die bereits von Lebewesen – Pflanzen oder Tieren – stammen.

Die Ursache hierfür liegt vor allem in der besonderen Art und Weise, wie die grünen Pflanzen das Kohlendioxyd aus der Luft aufnehmen und zusammen mit Wasser und Nährsalzen verwerten. Dieser Prozeß, der Einbau des Kohlenstoffs in den pflanzlichen Stoffwechsel oder die Kohlenstoff-Assimilation, ist einer der wichtigsten Lebensvorgänge überhaupt.

Kohlendioxyd ist in der Luft vorhanden und auch zum Teil im Wasser gelöst. Es kann dort von den Wasserpflanzen aufgenommen werden.

Für einfache Versuche zur Kohlenstoff-Assimilation eignen sich untergetaucht lebende Wasserpflanzen besonders gut (Abb. 52). Versuche mit Landpflanzen setzen meist kompliziertere Versuchsanordnungen voraus.

Aufgabe

a) Bringe einige Sprosse der Wasserpest in ein Glasgefäß mit Wasser, dem zuvor etwas Selterswasser (Kohlendioxydgehalt!) hinzugesetzt wurde! Decke darüber einen umgestülpten Trichter! Fülle ein kleines Reagenzglas mit Wasser und stülpe es über das Trichterrohr (Abb. 52)! Stelle das Ganze an ein sonniges Fenster!
Beobachte! Zähle die aufsteigenden Gasbläschen in einer bestimmten Zeiteinheit! Nimm das Reagenzglas ab, wenn das Wasser darin etwa zur Hälfte von Gas verdrängt ist! Prüfe das Gas mit einem glimmenden Holzspan (Sauerstoffnachweis)!

b) Führe die gleiche Aufgabe mit abgekochtem Wasser, jedoch ohne Zusatz von Selterswasser aus!

c) Stelle das Versuchsgefäß an einen schattigen und später an einen dunklen Ort! Vergleiche die Zahl der aufsteigenden Gasbläschen!

d) Führe die gleiche Aufgabe mit lebenden Pflanzenteilen aus, die nicht grün gefärbt sind, zum Beispiel mit Wurzeln!

e) Stelle den gleichen Versuch mit Wasserpestpflanzen an, die vorher durch Eintauchen in siedendes Wasser abgetötet wurden!

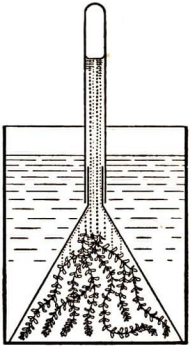


Abb. 52 Entwicklung von Sauerstoff bei der Kohlenstoff-Assimilation der Wasserpest

Grüne Pflanzen nehmen das Kohlendioxyd durch die Laubblätter auf; die große Oberfläche der vielen Blätter ermöglicht die Aufnahme großer Gasmengen.

Das Kohlendioxyd gelangt durch die Spaltöffnungen und die Zwischenzellräume bis zu den Grundgewebezellen des Blattes. Die Zellen der Palisadenschicht und Schwammschicht enthalten sehr viele Chloroplasten, in denen sich das Chlorophyll befindet. Das Chlorophyll ist für die Kohlenstoff-Assimilation erforderlich.

In den Chloroplasten entsteht durch chemische Umwandlung aus Kohlendioxyd und Wasser Traubenzucker; dabei wird Sauerstoff frei.

Der Aufbau des Traubenzuckers ist ein äußerst komplizierter Vorgang, an dem sehr viele chemische Einzelreaktionen beteiligt sind. Das Gesamtergebnis dieser Vorgänge zeigt die folgende Gleichung:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophyll}]{\text{Lichtenergie}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2\uparrow$$

Kohlendioxyd + Wasser ⟶ Traubenzucker + Sauerstoff ↑

Aus sechs Molekülen Kohlendioxyd und sechs Molekülen Wasser baut die grüne Pflanze mit Hilfe des Chlorophylls unter der Einwirkung der Energie des Sonnenlichtes ein Molekül Traubenzucker zusammen. Dabei bleiben sechs Moleküle Sauerstoff übrig, die durch die Spaltöffnungen wieder nach außen abgeschieden werden.

Wegen der Mitwirkung des Sonnenlichts beim Aufbau des Traubenzuckers wird diese Form der Kohlenstoff-Assimilation auch **Photosynthese** genannt. Wir finden sie bei den Algen und grünen Pflanzen.

Chemosynthese. Gewisse Gruppen von Bakterien können Kohlenhydrate (z. B. Traubenzucker) aus Kohlendioxyd und Wasser auch ohne Licht und Chlorophyll erzeugen. Sie gewinnen die dazu notwendige Aufbauenergie auf chemischem Wege, indem sie bestimmte Stoffe ihrer Umgebung verwerten und umwandeln. Diese Vorgänge bezeichnet man als Chemosynthese.

Traubenzucker ist ein wichtiger Grundbaustein für viele Pflanzenstoffe. Stärke beispielsweise besteht aus mehreren hundert Traubenzuckermolekülen.

Versuch zum Nachweis der Stärke. Wir hüllen ein Blatt einer im Freien wachsenden Pflanze mit unbehaarten Blättern (z. B. des Flieders, der Kapuzinerkresse) ein bis zwei Tage in schwarzes Papier. An einem sonnigen Morgen ersetzen wir das Papier durch einen Streifen Aluminiumfolie, der nur einen Teil des Blattes bedeckt. Am Nachmittag dieses Tages schneiden wir das Blatt ab. Mit heißem 96 %igem Äthanol (Alkohol), den wir mehrere Stunden einwirken lassen, lösen wir das Blattgrün aus dem Blatt. (Vorsicht! Äthanol ist leicht brennbar, es muß daher im Wasserbad, also ohne offene Flamme, erhitzt werden!) Schließlich bringen wir das Blatt in Jodlösung (Jodlösung färbt Stärke blau: Stärkereaktion).

Wir beobachten: Der Streifen des Blattes, der von der Aluminiumfolie bedeckt war, bleibt hell, das übrige Blatt dagegen wird blauschwarz gefärbt (Abb. 53).

Durch den Versuch wird nachgewiesen, daß in dem Teil des Blattes, in dem die Photosynthese stattfinden konnte, Stärke erzeugt wurde. Durch den Aluminiumstreifen wurde die Photosynthese in einem Teil des Blattes verhindert. In diesem Bereich unterblieb die Bildung von Zucker und Stärke.

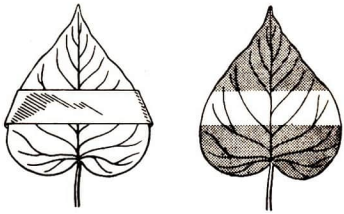


Abb. 53 Nachweis der Bildung von Assimilationsstärke; links mit einer Aluminiumfolie bedecktes Blatt; rechts dasselbe Blatt nach Behandlung mit Jodlösung

Der Versuch zum Nachweis der Stärke liefert einen weiteren Beweis dafür, daß die Photosynthese nur bei Licht abläuft.

Die Photosynthese ist an verschiedene Bedingungen gebunden, die der einfache Versuch mit Sprossen der Wasserpest deutlich werden läßt:

1. Es wird nicht nur Kohlendioxyd aus der Luft aufgenommen, sondern gleichzeitig Sauerstoff von der Pflanze abgegeben.
2. Nur lebende, grüne Pflanzenteile geben Sauerstoff ab, Pflanzenteile ohne Blattgrün und abgestorbene Pflanzen können dies nicht.
3. Nur wenn die grüne Pflanze von Licht bestrahlt wird, nimmt sie Kohlendioxyd auf und gibt Sauerstoff ab.

Normalerweise wird von den Pflanzen ebensoviel Sauerstoff abgegeben, wie Kohlendioxyd aufgenommen wird. Beide Gase werden gleichsam im Blatt gegeneinander ausgetauscht, man nennt dies **Gasaustausch.** Er vollzieht sich durch die Spaltöffnungen der Blätter (Abb. 38 u. 40).

Das Blatt ist der wichtigste Betriebsstoff- und Baustofferzeuger der Pflanzen.

Die Bildung der Assimilate

Der bei der Kohlenstoff-Assimilation gebildete Traubenzucker wird sofort in Stärke verwandelt, die in Form kleinster Körnchen als **Assimilationsstärke** in den Chlorophyllkörnern mikroskopisch nachweisbar ist (Abb. 54).

Stärke löst sich nicht in Wasser. Sie wird nachts wieder in Zucker umgewandelt. Er wird durch die Siebröhren in die Gewebe der Sproßachse und Wurzel abtransportiert.

Vielfach wird der Zucker in Reservestoffe umgebildet, die in besonderen Organen gelagert werden. Die häufigsten Reservestoffe sind Stärke und Öl. Die gespeicherte Stärke bezeichnen wir als **Speicherstärke,** im Gegensatz zu der in den Blattgrünkörpern bei der Photosynthese entstehenden Assimilationsstärke. Speicherstärke bildet in der Regel viel gröbere Körner als Assimilationsstärke (Abb. 54). Als Speicherorgane kennen wir die Knollen der Kartoffelpflanze, die Zwiebel der Küchenzwiebel und die Rübenkörper von Zuckerrübe und Möhre. Auch die Samen sind mit gespeicherten Stoffen angefüllt. Viele Pflanzen, zum Beispiel die Bäume, speichern Stoffe im Grundgewebe.

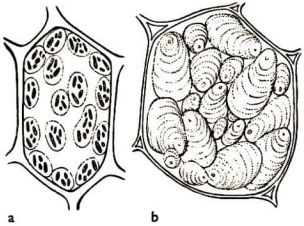


Abb. 54 Stärke
a Assimilationsstärke in den Chloroplasten einer Moosblattzelle (500fach vergrößert), *b* Speicherstärke in der Zelle einer Kartoffelknolle (200fach vergrößert)

Gärtner legen zuweilen eine straff angezogene Drahtschlinge oder einen gezähnten Blechkranz um den Stamm eines Obstbaumes, oder sie schneiden einen Ring aus der Baumrinde heraus (Ringelung; Abb. 55). Durch diese Maßnahme werden die Siebröhren, die in der Baumrinde verlaufen, unterbrochen. Die aus den Blättern kommenden Stoffe können nur bis zur Ringelungsstelle gelangen. Sie verbleiben daher in der Krone des Baumes und fördern dort die Ausbildung der Organe. So wird bei schlecht tragenden Obstbäumen eine Erhöhung des Blütenansatzes und eine bessere Ausbildung der Früchte erreicht.

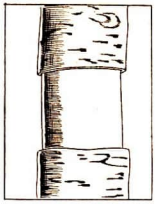


Abb. 55 Bastringelung bei einem Obstbaum. Die Rinde wird in einem 15 cm breiten Streifen entfernt.

Die Speicherstärke wird bei Bedarf wieder in löslichen Zucker zerlegt und in dieser Form als Nährstoff den verschiedenen Zellen zugeführt.

Übersicht über die Assimilate

Die bei der Kohlenstoff-Assimilation und den sich unmittelbar anschließenden chemischen Lebensvorgängen entstandenen Stoffe nennen wir Assimilate. Die wichtigsten sind Kohlenhydrate, Fette, Öle und Eiweiß.

Kohlenhydrate. Kohlenhydrate bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Stärke befindet sich vor allem in Speichergeweben, wie Samen, Knollen, Wurzelstöcken u. a. (Abb. 45 u. 48). Für den Menschen hat die Stärke große Bedeutung als Nahrungsmittel. Aus allen Getreidearten und den Kartoffeln gewinnen wir vorwiegend Stärke.

Viele Pflanzenteile, besonders Früchte, schmecken süß. Sie enthalten **Zucker**, der im Zellsaft gelöst ist. In besonders großen Mengen wird Zucker aus Zuckerrüben und Zuckerrohr gewonnen.

Zellulose setzt sich aus vielen Hunderten von Traubenzuckerbausteinen zusammen, die lange Ketten bilden und dadurch faserartige Moleküle ergeben. Sie bildet den Hauptbestandteil der Zellwände und ist für unsere Wirtschaft ein wertvoller Rohstoff (z. B. zur Herstellung von Papier, Zellstoff und Zellwolle).

Fette und Öle. Viele Pflanzen speichern in ihren Früchten oder Samen kleine Tropfen von Fett oder Öl. Diese bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und sehr wenig Sauerstoff. Sie bilden einen wertvollen Nährstoffvorrat für die Keimpflanze. Besonders fettreich sind die Samen von Mohn, Raps, Lein, Sonnenblume, die Früchte von Kokospalme, Ölbaum und Ölpalme. Diese Pflanzen werden deshalb als Kulturpflanzen angebaut; ihre Samen und Früchte werden zu Pflanzenölen und Pflanzenfetten verarbeitet (z. B. Margarine).

Eiweiß. Das Protoplasma, der lebende Hauptbestandteil der Zellen, setzt sich vor allem aus Eiweißkörpern zusammen. Zum Eiweißaufbau ist außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch Stickstoff nötig, daneben Phosphor und Schwefel. Stickstoff ist zwar in großen Mengen (80 Vol.-%) in der Luft vorhanden, aber die Blütenpflanzen können den Luftstickstoff nicht verarbeiten. Sie müssen ihren gesamten Stickstoffbedarf aus Bodensalzen (Nitraten, ammoniakhaltigen Düngern) decken, die mit dem Wasser aufgenommen und dann in die Blätter gebracht werden. Fehlen die löslichen stickstoffhaltigen Salze im Boden, so geht die Pflanze an Stickstoffmangel zugrunde, obwohl sie ständig von Luftstickstoff umgeben und durchspült wird.

Viele Samen und Früchte enthalten mehr oder weniger große Mengen von Eiweiß als Nährstoffvorrat (z. B. Getreidekörner in der Kleberschicht). Sehr reich an Reserveeiweiß sind die Hülsenfrüchte (Bohnen, Erbsen, Linsen).

Kohlenhydrate und Fette bestehen aus denselben chemischen Grundstoffen. Sie können daher bis zu einem gewissen Grad ineinander umgewandelt werden und einander bei der Ernährung ergänzen. Eiweiß dagegen darf in der Nahrung nicht fehlen, es kann weder durch Kohlenhydrate noch durch Fette ersetzt werden.

Andere Pflanzenstoffe

Aus Kohlenhydraten und Eiweißstoffen werden durch vielseitige chemische Umwandlungen in den lebenden Zellen alle übrigen Pflanzenstoffe gebildet (z. B. Chlorophyll, viele Wirkstoffe, Vitamine, zahlreiche Pflanzensäuren). Andere Stoffe entstehen als Nebenprodukte (z. B. ätherische Öle, Harze, Kautschuk, Alkaloide). Die Neben- oder Abfallprodukte sind für den Menschen vielfach von großer Bedeutung.

Wirksame Heilmittel-Alkaloide werden erzeugt von: Tollkirsche, Bilsenkraut, Stechapfel, Herbst-Zeitlose. Eine große Gruppe wichtiger Alkaloide wird aus den unreifen Fruchtkapseln des Schlaf-Mohns gewonnen, darunter Morphium und Opium.

Die Bedeutung der Kohlenstoff-Assimilation

In den lebenden Pflanzen unserer Erde sind insgesamt 300 Milliarden Tonnen Kohlenstoff enthalten. In jedem Jahr werden etwa 20 Milliarden Tonnen Kohlenstoff allein von den grünen Landpflanzen verbraucht. Die Meeresalgen in den Ozeanen, die ihren Kohlenstoff aus dem im Wasser gelösten Kohlendioxyd beziehen, verarbeiten ein Vielfaches davon. Insgesamt werden jährlich etwa 500 bis 800 Milliarden Tonnen Kohlendioxyd, das sind über 150 bis 200 Milliarden Tonnen Kohlenstoff, von pflanzlichen Organismen verarbeitet. Sie bilden Kohlenhydrate, Eiweiß, Fette und Vitamine, die die Tierwelt und der Mensch zum Leben benötigen.

Die vom Sonnenlicht für die Kohlenstoff-Assimilation gelieferte Energie wird im Traubenzucker als chemische Energie gespeichert. Sie wird so für alle weiteren Lebens-

vorgänge nutzbar. Insgesamt gewinnen die grünen Pflanzen unserer Erde auf diese Weise jährlich eine Energiemenge von 1 Trillion kcal oder 1,2 Billiarden kWh aus dem Sonnenlicht. (Sämtliche Elektrokraftwerke der Erde erzeugen zusammen nur etwa ein Tausendstel davon an elektrischer Energie.)

Das gesamte Leben auf der Erde ist nur dadurch möglich, daß die grünen Pflanzen mit Hilfe des Chlorophylls die Energie des Sonnenlichtes auffangen und als chemische Energie speichern können, indem sie damit aus anorganischen Stoffen Zucker bilden.

Die Kohlenstoff-Assimilation der grünen Pflanzen, die Photosynthese, bildet die Grundlage für alles pflanzliche, tierische und damit auch menschliche Leben.

Die Energieversorgung der grünen Pflanzen

(Betriebsstoffwechsel)

Die Pflanze wächst, baut neue Zellen und Organe, sie transportiert Stoffe in ihrem Inneren und vermehrt sich. Dazu braucht sie Baustoffe als Material für ihre Zellen und Betriebsstoffe, die die notwendige Lebensenergie liefern.

Keine Maschine arbeitet ohne Arbeitskraft, kein Werkstück kann hergestellt, kein neuer Stoff produziert werden, wenn nicht Arbeitskraft oder Energie dafür aufgewandt wird. Auch ein lebender Körper kann nur aufgebaut und am Leben erhalten werden, wenn ihm ständig Energie zugeführt wird.

Mensch und Tier müssen ihre Bau- und Betriebsstoffe mit ihrer Nahrung von Tieren oder Pflanzen beziehen. Die grünen Pflanzen dagegen stellen ihre Bau- und Betriebsstoffe unmittelbar aus anorganischen Substanzen selbst her. Dazu sind vielfältige chemische Vorgänge nötig, die man in zwei großen Gruppen zusammenfaßt:

Im **Baustoffwechsel** werden die Bau- und Betriebsstoffe hergestellt und die Baustoffe im Pflanzenkörper verarbeitet oder gespeichert.

Im **Betriebsstoffwechsel** wird durch chemischen Abbau der Betriebsstoffe die für die Lebensvorgänge nötige Energie erzeugt.

Die grüne Pflanze kann zwar die Energie des Sonnenlichtes nutzen, aber nur für einen einzigen Vorgang, die Kohlenstoff-Assimilation (d. h. für den Aufbau von Traubenzucker aus Kohlendioxyd und Wasser). Für alle übrigen Lebensvorgänge (z. B. für die Bildung der anderen Pflanzenstoffe, für die Zellteilung, die Bildung neuer Zellen und Organe, das Wachstum und die Bewegungen) muß die Betriebsenergie anderweitig beschafft werden. Das geschieht, indem auf chemischem Wege kompliziert gebaute Stoffe in einfachere Bestandteile zerlegt werden (z. B. Traubenzucker wieder in Kohlendioxyd und Wasser). Dabei wird die Energie, die zum Aufbau des komplizierten Stoffes nötig war, wieder frei und kann für andere Lebensvorgänge genutzt werden. Diese abbauenden und damit Energie liefernden Prozesse bezeichnet man als **Dissimilation.**

Als Dissimilation werden chemische Abbauvorgänge in einem Organismus bezeichnet, durch die Energie für die Erhaltung der Lebensvorgänge gewonnen wird. Aufbau und Erhaltung des Lebens sind nur möglich, wenn ununterbrochen Stoffe im lebenden Körper abgebaut und in einfachere chemische Bestandteile zerlegt werden.

Abb. 56 Versuchsanordnung zum Nachweis der Wärmebildung bei der Atmung keimender Erbsen. *K* Keimende Erbsen, *Th* Thermometer, *ThF* Thermosflasche, *W* Watte

Die grüne Pflanze stellt also zunächst mit Hilfe des Sonnenlichtes energiereiche Betriebsstoffe (Traubenzucker, Stärke, Fette) her. Diese Betriebsstoffe werden durch chemische Vorgänge innerhalb der Pflanze wieder abgebaut. Dabei wird die gespeicherte Sonnenenergie für den Ablauf der Lebensvorgänge freigesetzt.

Die Abbauvorgänge sind meist Oxydationsprozesse, d. h., Sauerstoff wird aufgenommen. Dabei wird Wärme erzeugt. Wir sprechen von einer „langsamen Verbrennung".

Die wichtigsten Dissimilationsvorgänge sind die Atmung und die Gärungen.

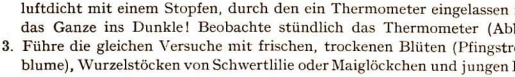
Die Atmung

Die Atmung ist die wichtigste und allgemeinste Form der Energieversorgung. Sie verläuft in gleicher Weise bei Pflanze, Tier und Mensch.

Aufgaben

1. Fülle ein breites Gefäß bis zur Hälfte mit jungen, frischen, trockenen Buchenblättern! Stelle ein Schälchen mit Kalkwasser hinein! Verschließe das Gefäß luftdicht! Stelle das Ganze ins Dunkle! Beobachte nach 8 Stunden das Kalkwasser!
2. Fülle eine Thermosflasche mit gequollenen Erbsen! Verschließe das Gefäß luftdicht mit einem Stopfen, durch den ein Thermometer eingelassen ist! Stelle das Ganze ins Dunkle! Beobachte stündlich das Thermometer (Abb. 56)!
3. Führe die gleichen Versuche mit frischen, trockenen Blüten (Pfingstrose, Kuhblume), Wurzelstöcken von Schwertlilie oder Maiglöckchen und jungen Hutpilzen aus!

Bei der Atmung wird Traubenzucker unter Aufnahme von Sauerstoff chemisch wieder in seine ursprünglichen Bestandteile Kohlendioxyd und Wasser zerlegt:



$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{Energie}$$

Trauben- + Sauer- → Kohlen- + Wasser
zucker stoff dioxyd

Die bei der Photosynthese für die Zuckerproduktion verwendete Sonnenenergie wird dabei wieder verfügbar, aber nicht mehr als Licht, sondern als chemische Energie.

Die Atmung liefert durch Oxydation von Traubenzucker zu Kohlendioxyd und Wasser die Betriebsenergie für den Stoffwechsel von Pflanze, Tier und Mensch. Bei der Atmung wird Sauerstoff der Luft entzogen, dagegen Kohlendioxyd vom Körper abgegeben.

Äußerlich scheint so die Atmung eine umgekehrte Photosynthese zu sein. In ihrem Ablauf sind beide Vorgänge jedoch grundverschieden. Photosynthese und Atmung sind keine einfachen chemischen Umsetzungen zwischen zwei Stoffen, sondern bestehen aus einer Vielzahl komplizierter chemischer Prozesse mit zahlreichen und sehr unterschiedlichen Zwischenstufen.

Jede lebende Zelle der Pflanze atmet zu jeder Tages- und Nachtzeit. Die Atmung der grünen Pflanzen ist jedoch bei Tage schwer zu erkennen. Das bei der Atmung abgeschiedene Kohlendioxyd wird sofort wieder als Rohstoff für die Photosynthese verbraucht. Diese ist am Tage so stark, daß stets viel mehr Sauerstoff erzeugt wird, als gleichzeitig von den Pflanzen für die Atmung verbraucht wird. Daher gibt die grüne Pflanze tagsüber trotz ihrer Atmung immer einen großen Überschuß an Sauerstoff an die Luft ab. In der Nacht hört die Photosynthese und damit die Sauerstoffabscheidung auf. Die Pflanzen verbrauchen dann ebenso wie Tier und Mensch Sauerstoff und geben Kohlendioxyd an die Luft ab.

Auch ruhende Speicherorgane atmen. Kartoffelknollen veratmen während des Winters einen Teil ihrer Speicherstärke und schrumpfen dadurch etwas ein. Zuckerrüben veratmen während des Lagerns einen Teil ihres Zuckers, müssen daher so rasch wie möglich von den Zuckerfabriken verarbeitet werden (Zuckerkampagne!). Auch die Wurzeln atmen und brauchen dazu genügend Luft im Boden.

Gärungen

Die Atmung ist die häufigste und wirkungsvollste Form der Energiegewinnung für die Organismen. Dazu ist Sauerstoff nötig. Zahlreiche Lebewesen haben sich jedoch so entwickelt, daß sie ohne Sauerstoff leben können (z. B. Darmbakterien, Organismen im Faulschlamm der Gewässer).

Vorgänge, bei denen eine normale Atmung durch Sauerstoffmangel oder andere Ursachen behindert wird, bezeichnet man als Gärungen. Sie spielen nicht nur im Leben der Pflanzen eine Rolle, sondern sind für unsere Wirtschaft außerordentlich wichtig.

Äthanolgärung (alkoholische Gärung). Bestimmte Hefepilze spalten Zucker in Äthanol (Äthylalkohol). Unter Sauerstoffmangel werden große Mengen Zucker in Äthanol umgewandelt. Durch Gärung entstehen in der Brauerei aus gekeimter Gerste Bier und in den Weinkeltereien aus Most Wein. Auch die Bäckerei nützt die Äthanolgärung aus. Die Hefe vergärt einen Teil des Zuckers im Teig, dadurch entstehen Kohlendioxyd und Äthanol. Durch die zahllosen Gasbläschen des Kohlendioxyds wird der Teig aufgetrieben. Das Äthanol verdampft in der Hitze des Backofens.

Milchsäuregärung. Bestimmte Bakterien spalten das Traubenzuckermolekül in zwei gleiche Teile, daraus entsteht Milchsäure. Milchsäure wird von den anderen Bakterien schlecht vertragen, Fäulniserreger werden abgetötet. Man kann auf diese Weise manche Nahrungsmittel oder Viehfutter frisch erhalten (z. B. Gurken, Sauerkraut, Silofutter, wie beispielsweise Maissilage).

Besondere Ernährungsformen bei Pflanzen

Nur die grünen Pflanzen können ihre Bau- und Betriebsstoffe mit Hilfe der Sonnenenergie aus rein anorganischen Bestandteilen aufbauen.

Einige Pflanzenarten besitzen jedoch kein Chlorophyll; sie sind genau wie Tier und Mensch auf organische Nährstoffe des Tier- und Pflanzenkörpers angewiesen.

Fäulnisbewohner und Schmarotzer

Fäulnisbewohner. Fäulnisbewohner ernähren sich von abgestorbenen Pflanzen- oder Tierkörpern (z. B. Holz, Eiweiß, Zellulose). Zu ihnen gehören die meisten Bakterien und Pilze. Sie bewirken das Verwesen und Faulen aller abgestorbenen Lebe-

Abb. 57 Schmarotzerpflanzen
Kleeseide (links), Schuppenwurz (Mitte) und Sommerwurz (rechts)

wesen, deren Überreste auf diese Weise beseitigt und wieder in den Stoffkreislauf der Natur eingegliedert werden. Pflanzen- und Tierleichen werden durch die Lebenstätigkeit der Fäulnisbewohner in einfache, wasserlösliche Stoffe zerlegt, die den grünen Pflanzen als Nährsalze dienen.

Schmarotzer. Schmarotzer (Parasiten) zehren von lebenden Organismen. Sie können zu gefährlichen Schädlingen für die menschliche Wirtschaft werden. Die wichtigsten Schmarotzergruppen an Pflanzen sind:

a) die krankheitserregenden Bakterien
b) Pilze, die Pflanzenkrankheiten verursachen (Getreideschwarzrost, Maisbeulenbrand, Kartoffelkrebs, Kartoffelnaßfäule u. a.)

Unter den Blütenpflanzen gibt es nur wenige Schmarotzer. Es sind bleiche, meist im Schatten lebende Gewächse, die sich mit Saugwurzeln in die Rinde anderer Pflanzen einbohren und ihnen Nährstoffe entziehen (z. B. Klee- oder Hopfenseide, Sommerwurz, Schuppenwurz; Abb. 57).

Halbschmarotzer. Halbschmarotzer sind grüne Pflanzen, die sich mit Hilfe des Chlorophylls teilweise selbst ernähren, ihrer Wirtspflanze, auf der sie festgewachsen sind, aber Wasser und Nährsalze entziehen (z. B. Mistel auf Laub- und Nadelbäumen, Augentrost und Klappertopf auf den Wurzeln von Wiesengräsern).

Symbiose

Als Symbiose bezeichnet man das Zusammenleben zweier Lebewesen verschiedener Arten, die beide aus dieser Lebensweise Nutzen ziehen. Die wichtigsten Symbiosen zwischen Pflanzen sind Flechten, Pilzwurzeln und Knöllchenbakterien.

Flechten. Flechten sind eine Symbiose zwischen Pilzen und Algen. Die Pilze bilden mit ihrem Fadengeflecht den Flechtenkörper; zwischen den Pilzfäden liegen eingestreut Gruppen von Algenzellen (Abb. 58). Der Pilz liefert der Alge Wasser und Bodensalze, die Alge baut mit Hilfe des Chlorophylls organische Stoffe auf und gibt sie an den Pilz ab.

Flechten überziehen als flache Krustenflechten oder niedrige Laub- und Strauchflechten Baumrinden, Häuserwände, Gestein oder die Erde. Sie sind die ersten Bewohner auf nacktem Gestein.

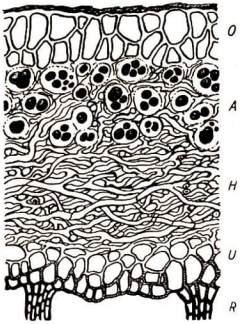


Abb. 58 Querschnitt durch einen Flechtenkörper
A Gruppen grüner Kugelalgen, *H* Pilzfäden, *O* Oberseite, *R* wurzelähnliche Zellfäden, *U* Unterseite der Flechte

In den Polargebieten bilden Flechten vielfach den einzigen Bodenbewuchs, von ihnen ernähren sich die Rentiere.

Pilzwurzeln (Mykorrhiza). Viele Bäume und auch manche Kräuter haben keine Wurzelhaare. Statt dessen sind die Enden der Wurzeln mit einer filzigen Hülle aus feinen Pilzfäden umsponnen. Die Pilzfäden führen den Wurzeln Wasser und Bodensalze zu und entnehmen von der grünen Pflanze Assimilate.

Knöllchenbakterien. Einige Bakterienarten sind imstande, den Luftstickstoff für ihren Eiweißaufbau zu verwerten. Ein Teil dieser Bakterien lebt frei im Boden, die anderen aber im Inneren der Wurzeln von Blütenpflanzen, vor allem von Schmetterlingsblütengewächsen.

Die Bakterien schmarotzen zunächst in kleinen, knöllchenartigen Wucherungen in den Wurzeln ihrer Wirtspflanzen und bauen hier ihr Körpereiweiß mit Hilfe des Luftstickstoffs auf. Später werden sie von den Wurzelzellen abgetötet und verdaut. Dadurch kommt die Wirtspflanze in den Genuß des von den Bakterien produzierten Eiweißes und des Stickstoffs.

Ein Hektar Lupinen kann auf diese Weise mehr als 200 kg Luftstickstoff zu Eiweiß verarbeiten. Hülsenfrüchte geben daher eine sehr eiweißreiche Nahrung.

Insektenfressende Pflanzen

Die insektenfressenden Pflanzen besitzen Chlorophyll in den Blättern und können ihren Kohlendioxydbedarf aus der Luft decken. Sie leben aber meist auf Moorböden, die arm an Stickstoff und Phosphor sind. Diese Stoffe beziehen sie aus den Leichen von gefangenen Insekten. Mit Hilfe von Kleb- oder anderen Fangeinrichtungen halten sie kleine Insekten, die sich auf ihnen niederlassen, fest. Am bekanntesten ist bei uns der in Mooren heimische Sonnentau. Seine Blättchen sind mit Drüsenhaaren besetzt, deren Köpfe mit klebrigen, in der Sonne glitzernden Tröpfchen überzogen sind. Wenn Insekten daran haftenbleiben, krümmen sich die Drüsenhaare nach innen, hüllen den Insektenleib ein und scheiden gleichzeitig Verdauungssäfte ab. Dadurch werden die Weichteile des Tieres aufgelöst und anschließend in das Fangblatt aufgesaugt.

Aufgaben und Fragen

1. Welche Vorteile und Nachteile hat es für unsere Laubbäume, daß sie im Herbst ihre Blätter verlieren?
2. Was wäre schlimmer für einen Baum, die Hälfte seiner Äste in einem Schneesturm zu verlieren oder sämtliche Blätter durch Insektenfraß? Erkläre deine Antwort!
3. Die Zellen der Palisadenschicht sind langgestreckt und stehen im rechten Winkel zur Blattoberfläche. Erkläre! (Beachte dabei, daß zu starkes Licht das Chlorophyll zerstört!)
4. Warum können in Industriegegenden, wo die Luft viel Rauch und Kohlenstaub enthält, Bäume nur schlecht gedeihen?

5. Blätter, die dem vollen Sonnenlicht ausgesetzt sind, haben gewöhnlich eine dickere Oberhaut und längere Zellen in der Palisadenschicht als im Schatten lebende Blätter derselben Pflanze. Erkläre!
6. Die Spaltöffnungen schließen sich an sonnigen Tagen meist um die Mittagszeit. Wie wirkt sich dies auf die Ernährung der Pflanze aus?
7. Warum enthalten Pflanzen aus der Familie der Schmetterlingsblütengewächse weit mehr Eiweiß als die meisten anderen Gewächse?
8. Welche wichtigen Energiequellen, die der Mensch in der Industrie benutzt, verdanken ihren Ursprung der Photosynthese?
9. Auf welchem Weg gelangt der für die Atmung benötigte Sauerstoff aus der Luft zu den lebenden Zellen
   a) des Blattes, b) einer jungen, wachsenden Wurzel, c) eines verholzten Zweiges (Holunder), d) eines alten Baumstammes?
10. Warum ist es nicht gut, wachsende Pflanzen auch nachts in einem Krankenzimmer zu behalten?
11. Wenn eine Pflanze in sauerstofffreier Luft gehalten werden sollte, würde sie bei Dunkelheit oder im Licht länger leben?
12. Samen in der Höhlung eines reifen Kürbisses keimen hier nicht, tun dies aber sofort, wenn sie aus der Frucht entfernt werden oder wenn die Frucht aufgebrochen wird. Erkläre!
13. Warum muß das Wasser eines Aquariums oft gewechselt werden, wenn sich nur Tiere darin befinden, aber seltener oder gar nicht, wenn nur grüne Wasserpflanzen darin leben?
14. Warum wachsen Pflanzen schlecht in glasierten Töpfen?
15. Warum soll man Kieselsteine oder Tonscherben auf den Boden eines Blumentopfes legen, in dem Pflanzen gezogen werden?

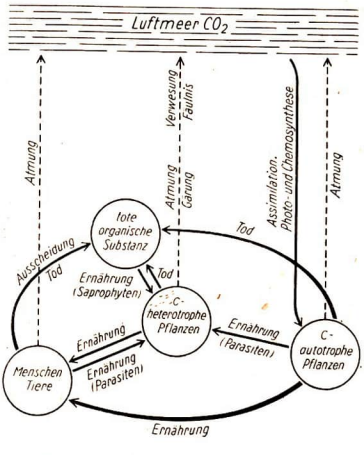


Abb. 59 Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur

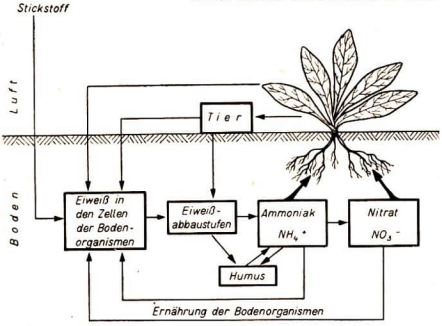
Vom Kreislauf der Stoffe in der Natur

Kreislauf des Kohlenstoffs. Die grünen Pflanzen verbrauchen zu ihrer Kohlenstoff-Assimilation so viel Kohlendioxyd, daß in etwa 35 Jahren der gesamte Vorrat der

Luft und des Meeres erschöpft wäre. Bei der Atmung und den Gärungen wird jedoch immer wieder Kohlendioxyd ausgeschieden. Außerdem werden alle Organismen nach ihrem Tod durch Fäulnis und Gärungsvorgänge zersetzt, wobei ebenfalls Kohlendioxyd in großen Mengen entsteht. Dadurch gelangt der gesamte, in den Lebewesen eingebaute Kohlenstoff wieder in die Luft und in das Meerwasser zurück.

Durch diesen ständigen Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur bleibt die Luft stets eine unerschöpfliche Kohlendioxydquelle für die grünen Pflanzen (Abb. 59).

Abb. 60 Kreislauf des Stickstoffs in der Natur



Kreislauf des Stickstoffs (Abb. 60). Die grüne Pflanze entnimmt den Stickstoff aus den Nitraten oder Ammoniumsalzen des Bodens und baut damit ihr Eiweiß auf. Dieses wird entweder von pflanzenfressenden Tieren als Nahrung aufgenommen oder nach dem Absterben der Pflanzen von den fäulnisbewohnenden Bodenlebewesen verzehrt. Das gleiche geschieht mit Tierleichen. Die Ausscheidungen der Tiere und die Verwesungsprodukte der Bodenorganismen werden über verschiedene Eiweißabbaustufen zu Ammoniak umgewandelt, von dem ein Teil durch bestimmte Bakteriengruppen zu Nitrat umgebildet wird. Ein weiterer Teil des Ammoniaks und der Eiweißabbaustufen dient zum Aufbau der Humusstoffe, dadurch wird Stickstoff auch im Boden gespeichert. Ammoniak und Nitrat bilden auch Nährstoffe für die Bodenorganismen. Ein kleiner Teil der Bodenbakterien kann auch den Luftstickstoff zum Eiweißaufbau verwerten.

Die Fortpflanzung der Blütenpflanzen

Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung

Alle Lebewesen vermögen sich fortzupflanzen. Es entstehen Nachkommen, die ihren Eltern in allen wesentlichen Eigenschaften gleichen. Da in der Regel mehrere Nachkommen erzeugt werden, sprechen wir auch von Vermehrung.

Die Kernlosen und die einzelligen Protisten vermehren sich durch einfache Zellteilung. Bei den vielzelligen Lebewesen ist die Arbeitsteilung der Zellen meist so weit fortgeschritten, daß die Zellen der Dauergewebe sich nicht mehr teilen können. Die Funktion der Fortpflanzung wird von Zellen oder Zellgruppen übernommen, die ihre Fähigkeit zur Teilung erhalten haben. Junge Blütenpflanzen entstehen entweder aus besonderen Fortpflanzungszellen oder aus Pflanzenteilen, die reichlich Bildungsgewebe enthalten.

Es gibt zwei Möglichkeiten der Fortpflanzung, die ungeschlechtliche und die geschlechtliche Fortpflanzung.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung entwickelt sich das neue Lebewesen unmittelbar aus einer einzigen Zelle oder aus mehrzelligen Pflanzenteilen. Durch einzelne ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen, die Sporen, können sich viele Algen und Pilze sowie die Moos- und Farnpflanzen fortpflanzen und vermehren.

Auch die Blütenpflanzen vermögen sich ungeschlechtlich fortzupflanzen. Aus den Knospen vielzelliger Pflanzenteile entwickeln sich neue Pflanzen.

Beispiele für ungeschlechtliche Vermehrung bei Blütenpflanzen:

Wurzelstock: zum Beispiel Maiglöckchen, Quecke, Schwertlilie, Busch-Windröschen
Knolle: zum Beispiel Kartoffel (Sproßknolle), Krokus, Scharbockskraut, Dahlie (Wurzelknolle)
Zwiebel: zum Beispiel Tulpe, Schneeglöckchen, Lilie, Küchenzwiebel
Ausläufer: zum Beispiel Erdbeere, Kriechender Hahnenfuß

Im Gartenbau werden viele Gewächse auf ungeschlechtlichem Weg durch Stecklinge (abgeschnittene, mit Knospen besetzte junge Seitensprosse) vermehrt. Im Obstbau pfropft man Reiser oder kleine Sproßteile mit einer Knospe („Auge") von einer edlen Sorte auf den Stamm einer weniger wertvollen Sorte.

Geschlechtliche Fortpflanzung. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung entwickelt sich das neue Lebewesen aus einer Zelle, die durch Verschmelzung zweier geschlechtlicher Fortpflanzungszellen entstanden ist. Das Verschmelzen dieser Fortpflanzungszellen nennt man Befruchtung. Die geschlechtlichen Fortpflanzungszellen werden Keimzellen genannt.

Die Keimzellen sind meist ungleich gestaltet.

Wir unterscheiden:

weibliche Keimzellen (Eizellen): groß, unbeweglich, plasmareich
männliche Keimzellen (Samenzellen): klein, beweglich, arm an Plasma

Bei den meisten Lebewesen bewegen sich die männlichen Keimzellen mit Hilfe kleiner Geißeln rasch vorwärts und schwimmen zur weiblichen Keimzelle. Nur eine einzige Samenzelle vereinigt sich mit der Eizelle.

Die Befruchtung der meisten Samenpflanzen erfolgt auf besondere Art, wir wollen sie in den folgenden Abschnitten kennenlernen.

Die Keimzellen werden in der Regel von den Fortpflanzungsorganen erzeugt. Die Fortpflanzungsorgane der Samenpflanzen sind die Blüten.

Der Bau der Blüte

Aufgaben

1. Untersuche mit der Lupe Blüten von Tulpe, Lilie, Hahnenfuß, Mohn, Kirsche, Lein, Raps, Löwenmäulchen, Taubnessel und anderen großblütigen Pflanzen! Welche Teile und Merkmale haben die Blüten gemeinsam, worin unterscheiden sie sich?
2. Zerdrücke auf einem Objektträger einen reifen, aber noch geschlossenen Staubbeutel (ohne Wasser)! Untersuche unter dem Mikroskop!
3. Vergleiche Pollenkörner verschiedener Pflanzenarten unter dem Mikroskop! Zeichne!
4. Untersuche Längs- und Querschnitte durch junge Fruchtknoten einer Tulpe oder Schwertlilie mit der Lupe! Stelle Anordnung, Zahl und Form der Samenanlagen fest!

Die Blüte ist ein Teil des Sprosses. Der Blütenstiel wird von der Sproßachse gebildet. Er verbreitert sich zum **Blütenboden**, dem stark gestauchten Ende der Sproßachse. Der Blütenboden trägt die Blütenhülle, die Staubblätter und die Fruchtblätter.

Die Blüten der Samenpflanzen sind äußerst vielgestaltig. Abbildungen **61** und **64** zeigen, aus welchen Hauptteilen sie in den häufigsten Fällen bestehen.

Blütenhülle. Kelchblätter und Kronblätter bilden zusammen die Blütenhülle. Die Kronblätter sind meist auffallend gefärbt. Die Kelchblätter sind in der Regel grün und kleiner als die Kronblätter. Sie fallen bei einigen Arten schon kurz nach dem Aufblühen ab (z. B. Mohn). Mitunter sind sie jedoch wie die Kronblätter bunt gefärbt (z. B. Heidekraut). Die Blütenhülle kann auch umgebildet sein (z. B. die Spelzen der Süßgräser) oder gänzlich fehlen (z. B. Weidengewächse).

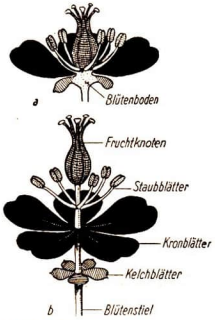


Abb. 61 Aufbau einer Blüte
a normal, *b* mit gestreckt gedachter Blütenachse

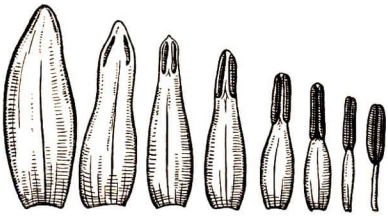


Abb. 62 Bei der Seerose finden wir alle Übergänge zwischen Blumenblättern und Staubblättern

Staubblätter. Die Staubblätter sind die männlichen Fortpflanzungsorgane der Blüte. Jeder Staubfaden trägt zwei Staubbeutel, die aus je zwei Pollensäcken bestehen. In jedem Pollensack werden mehrere tausend kleine Pollenkörner gebildet (der Blütenstaub).

Fruchtblätter. Die Fruchtblätter sind die weiblichen Fortpflanzungsorgane.

Bei den Nadelbäumen liegen die Fruchtblätter einzeln spiralig um die Mittelachse herum

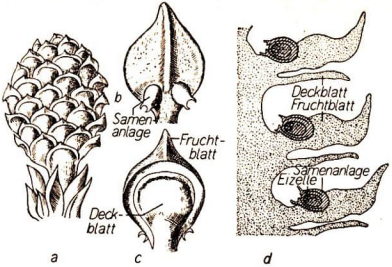


Abb. 63 Fruchtblätter und Samenanlagen bei Nacktsamern (Kiefer) *a* Junger Blütenzapfen, *b* Fruchtschuppe und Samenanlagen von oben, *c* Fruchtschuppe und Deckschuppe von unten, *d* schematischer Längsschnitt durch Fruchtschuppen mit Samenanlagen

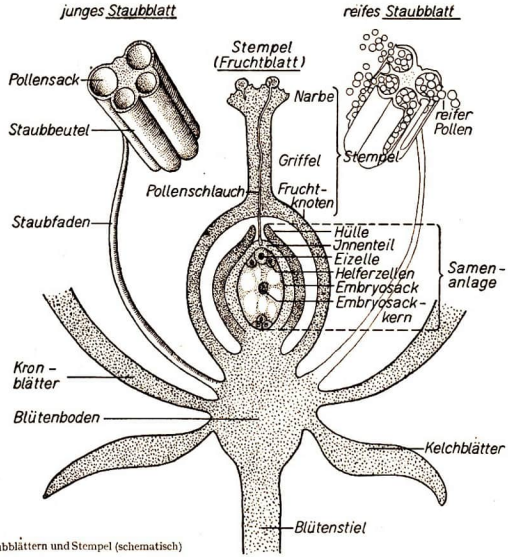


Abb. 64 Aufbau von Staubblättern und Stempel (schematisch)

und bilden mit ihr den Zapfen. Auf den Fruchtblättern liegen offen je zwei Samenanlagen (Abb. 63). Pflanzen mit freiliegenden (nackten) Samenanlagen bezeichnen wir als nacktsamige Pflanzen oder **Nacktsamer.**

Bei anderen Blütenpflanzen haben sich die Ränder der Fruchtblätter gekrümmt und sind miteinander verwachsen. Damit entstand ein Fruchtknoten, in dessen Höhlung die Samenanlagen eingeschlossen sind (Abb. 64). Pflanzen, bei denen die Samenanlagen in einem Fruchtknoten liegen, werden als bedecktsamige Pflanzen oder als **Bedecktsamer** bezeichnet.

Nach seiner Stellung ist der Fruchtknoten oberständig, unterständig oder mittelständig (Abb. 65).

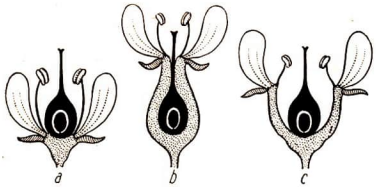


Abb. 65 Stellung des Fruchtknotens
a oberständig, *b* unterständig, *c* mittelständig (schwarz: Stempel; punktiert: Blütenboden)

Der Fruchtknoten ist

oberständig, wenn er auf der Spitze des Blütenbodens steht (z. B. Kreuzblütengewächse),

unterständig, wenn er in eine becherartige Vertiefung des Blütenbodens versenkt und damit verwachsen ist (z. B. Nachtkerze, Kürbis),

mittelständig, wenn er in einer ebensolchen Vertiefung steht, aber nicht mit der Becherwand verwachsen ist (z. B. Kirsche).

Der Fruchtknoten verlängert sich nach oben meist in den Griffel, der sich an der Spitze zur Narbe verbreitert. Narbe, Griffel und Fruchtknoten bilden zusammen den Stempel der Blüte.

Zwittrige und eingeschlechtige Blüten. Die meisten Blüten enthalten Staubblätter und Stempel, es sind zwittrige Blüten. Blüten, die entweder nur Staubblätter oder nur Stempel enthalten, nennt man eingeschlechtig.

Sind beide Typen eingeschlechtiger Blüten, Staubblüten und Stempelblüten, auf derselben Pflanze vorhanden, so nennt man sie einhäusig (z. B. Eiche, Haselnuß, Buche, Kiefer, Mais). Bei zweihäusigen Pflanzen gibt es männliche Pflanzen, die nur Staubblüten erzeugen, und weibliche Pflanzen, die nur Stempelblüten tragen (z. B. Weide).

Blütengrundriß. Aufbau, Gestalt und Farben der Blüten sind äußerst mannigfaltig. Jede Pflanzenart hat einen besonderen Blütenbau, der bei Arten einer Familie ähnlich ist.

Um die Blütenmerkmale der einzelnen Pflanzenfamilien leicht und schnell darstellen zu können, zeichnet man in einfacher Form einen Blütengrundriß (Blütendiagramm). Abbildung 33 zeigt zwei Blütengrundrisse.

Blütenstände. Die Blüten stehen entweder einzeln (z. B. Mohn, Tulpe) oder in einem Blütenstand (z. B. Raps, Sonnenblume, Robinie).

In den **einfachen Blütenständen** entspringen alle Blüten aus dem Hauptblütenstiel, der Hauptachse. Bei den **zusammengesetzten Blütenständen** ist die Hauptachse verzweigt, und die einzelnen Blüten stehen an den Seitenzweigen.

Abbildung **66** und **67** zeigen die wichtigsten Blütenstände.

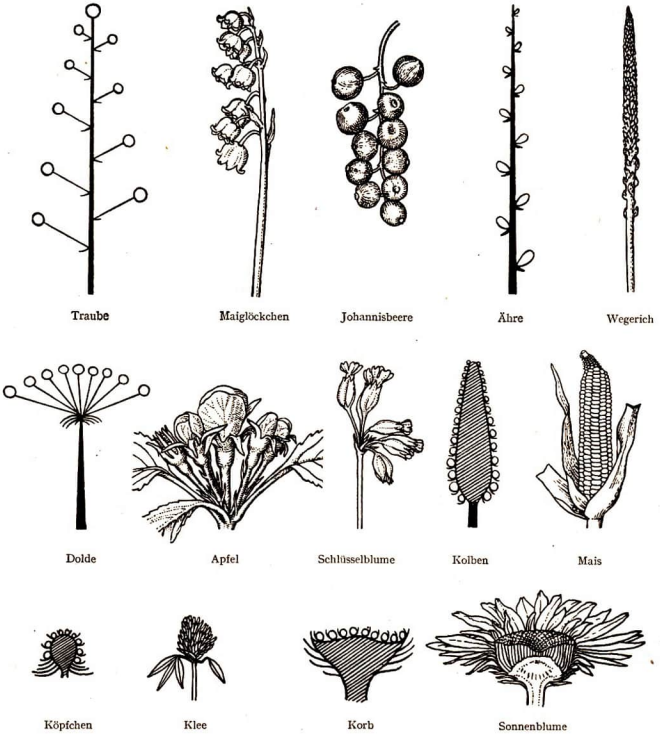
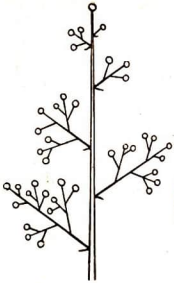
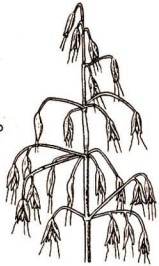


Abb. 66 Einfache Blütenstände



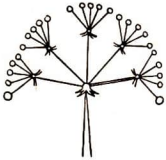
Rispe



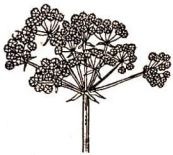
Hafer

Holunder

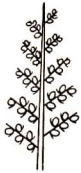
Wein



zusammengesetzte Dolde

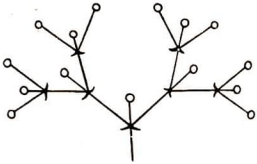


Petersilie

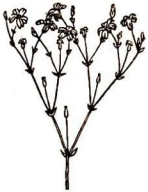


zusammengesetzte Ähre

Weizen



Zyme (Trugdolde)



Acker-Hornkraut

Abb. 67 Zusammengesetzte Blütenstände

Blütenformen. Nach dem Bau ihrer Blumenkrone unterscheidet man verschiedene Blütenformen.

Die Blüten sind

- **freiblättrig** (Kronblätter nicht verwachsen)
  - strahlig → Hahnenfuß, Raps, Rose, Nelke
  - zweiseitig symmetrisch → Schmetterlingsblütengewächse, Veilchen
- **verwachsenblättrig** (Kronblätter miteinander verwachsen)
  - strahlig → Flieder, Tabak, Glockenblume
  - zweiseitig symmetrisch → Lippenblütengewächse, Löwenmaul, Leinkraut

Die Funktion der Blüte

Bestäubung

Aufgaben

1. Löse 1 g Gelatine und 2,5 g Zucker in 450 ml heißem Wasser! Schneide aus etwa 2 mm dicker Pappe ein Fensterchen in der Größe eines Deckgläschens! Durchfeuchte die Pappe gut mit Wasser und lege sie auf einen Objektträger (Abb. 68)!

Abb. 68
Pollenschlauchkultur im hängenden Tropfen

Bringe einen kleinen Tropfen Zuckergelatine auf ein Deckglas! Streue nach dem Erstarren etwas Pollen einer Lilie, Tulpe oder Narzisse darauf! Drehe dann das Deckglas um und lege es so auf das Papprähmchen, daß der Gelatinetropfen mit den anhaftenden Pollenkörnern in der Mitte unter dem Deckglas hängt! Beobachte die keimenden Pollenkörner alle 10 Minuten!

2. Betrachte mit einer Lupe die Narben verschiedener Blüten! Achte auf Höcker, Vorsprünge und Feuchtigkeit!
3. Umhülle Blüten oder Blütenstände verschiedener Pflanzen (z. B. Mohn, Erbse, Bohne, Lein, Raps, Sonnenblume, Kürbis, Gurke) vor dem Aufblühen mit einer Tüte aus durchsichtigem Kunststoff, die unten fest zugebunden wird! Vergleiche mit Blüten, die nicht eingehüllt wurden! Beobachte die Fruchtbildung!

Selbstbestäubung und Fremdbestäubung. An den reifen Staubblättern platzen die Staubbeutel auf, und die Pollenkörner gelangen nach außen. Zu einer Befruchtung kann es nur kommen, wenn der Pollen auf die Narbe einer Blüte derselben Pflanzenart gelangt (Bestäubung).

Bei einigen Arten genügt es, wenn die Pollenkörner auf die Narbe derselben Blüte fallen. Man nennt dies **Selbstbestäubung.**

Die meisten Blütenpflanzen sind **Fremdbestäuber.** Bei ihnen muß der Pollen auf die Narbe einer anderen Blüte derselben Art übertragen werden, sonst kommt es zu keiner Befruchtung.

Unsere Kulturpflanzen sind zum Teil Selbstbestäuber, zum Teil Fremdbestäuber.

Fremd- und Selbstbestäubung bei Kulturpflanzen

Bestäubungsweise	Beispiele
fast ausschließlich Selbstbestäubung	Erbse, Bohne, Kartoffel
vornehmlich Selbstbestäubung	Weizen, Hafer, Gerste, Tomate
vornehmlich Fremdbestäubung	Raps, Zuckerrübe, Runkelrübe, Sonnenblume
fast ausschließlich Fremdbestäubung	Roggen, Möhre, Rettich, Zwiebel, Apfelbaum und andere Obstarten
stets Fremdbestäubung	Mais, Gurke, Kürbis, Hanf, Spinat

Insektenblüten und Windblüten. Bei der Fremdbestäubung wird der Pollen in der Regel entweder durch den Wind oder durch Insekten von Blüte zu Blüte übertragen. Die Form der Pollenkörner und der Blütenbau sind auf die Art der Pollenübertragung eingerichtet.

Merkmale von Wind- und Insektenblüten

	Windblüten	Insektenblüten
Blütenhülle	klein, oft ganz fehlend Farbe unscheinbar ohne Duft ohne Nektar	groß, fast stets gut ausgebildet Farbe auffällig Duft vorhanden Nektar vorhanden
Staubblätter	Staubbeutel ragen aus der Blütenhülle heraus (frei dem Wind ausgesetzt) Pollenmenge sehr groß (großer Verlust) Pollenkörner klein, äußerst leicht, mehlig-trocken	Staubbeutel meist in der Blütenhülle eingeschlossen Pollenmenge geringer (weniger Verlust) Pollenkörner groß, warzige oder stachelige Oberfläche, klebrig
Fruchtblätter (Stempel)	Griffel ragt aus der Blütenhülle hervor Narbe mit großer Oberfläche, oft fiederig	Griffel meist in der Blütenhülle eingeschlossen Narbe mit kleiner Oberfläche, rauh und klebrig

Windblüten besitzen die meisten Waldbäume (alle Nadelgehölze, Buche, Eiche, Birke, Haselnuß, Hainbuche, Ulme, Erle, Pappel u. a.), alle Gräser.

Insektenblüten besitzen die meisten bedecktsamigen Kräuter.

Die Samenanlage besteht aus einer **Hülle** und einem Innenteil, der den Embryosack (Keimsack) einschließt. Er enthält neben anderen Zellen die Eizelle (Abb. 69).

Die Narbe des Stempels ist gewöhnlich klebrig und feucht. Sie enthält Stoffe, von denen die Pollenkörner zum Keimen angeregt werden. Aus einem keimenden Pollenkern wächst ein dünner Pollenschlauch heraus. Er enthält in seinem Spitzenteil zwei Fortpflanzungskerne, die Samenkerne. Der Pollenschlauch wächst im Griffel abwärts, durch die Fruchtknotenhöhlung bis an die Samenanlage heran und gelangt so bis zum Embryosack. Dort lösen sich die Zellwand des Pollenschlauches und die des Embryosacks an einer Stelle auf. Von den beiden Samenkernen dringt der eine in die Eizelle ein und vereinigt sich mit ihrem Zellkern. Dieser Vorgang ist die Befruchtung, ihr Ergebnis ist die **befruchtete Eizelle** (Abb. 64 u. 69).

Der zweite Samenkern des Pollenschlauches wandert in den Embryosack ein und verschmilzt mit seinem Kern.

Die Samenbildung. Wenn die Befruchtung abgeschlossen ist, entwickelt sich die Samenanlage weiter zum Samen.

Teil der Samenanlage	daraus entsteht als Teil des Samens
Hülle	Samenschale
Innenteil mit Embryosack	Nährgewebe
befruchtete Eizelle	Keimling

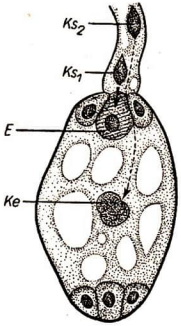


Abb. 69 Embryosack
Befruchtung der bedecktsamigen Pflanzen
E Eizelle, *Ke* Kern des Embryosackes, Ks_1 erster Samenkern, Ks_2 zweiter Samenkern

Die befruchtete Eizelle teilt sich wiederholt und wächst zum **Keimling** (Embryo) heran (Abb. 70).

Aus den übrigen Teilen der Samenanlage entsteht ein Nährgewebe, das den jungen Keimling für die erste Zeit seiner Entwicklung mit Nährstoffen versorgt. Die Samenschale hüllt Nährgewebe und Keimling ein und schützt sie gegen die Witterungseinflüsse.

In manchen Samen fehlt ein besonderes Nährgewebe, statt dessen sind dann die Keimblätter sehr dick und enthalten gespeicherte Nährstoffe (Schmetterlingsblütengewächse, viele Rosengewächse).

Die Fruchtbildung. Bei den nacktsamigen Pflanzen (Nadelgehölzen) liegen die Samen frei auf den verholzenden Fruchtblättern (Zapfenschuppen). Sie fallen bei der Reife heraus und werden vom Wind oder von Tieren fortgetragen. Hier gibt es keine Früchte.

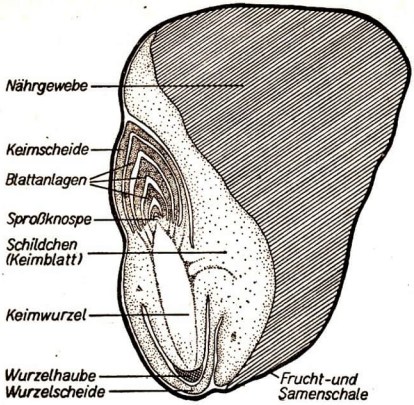


Abb. 70 Embryo mit Keimblatt und Nährgewebe in einem Maiskorn (Längsschnitt)

Bei den bedecktsamigen Pflanzen sind die Samenanlagen stets in einer Höhlung des Fruchtknotens eingeschlossen. Nachdem die Pflanzen verblüht sind, bildet sich der Fruchtknoten zur Frucht um. Die übrigen Blütenteile sterben ab.

Fruchtformen

In den Früchten sind die Samen eingeschlossen. Anzahl und Anordnung der Samen sind sehr verschieden, ebenso die Beschaffenheit der Fruchtwände. Man unterscheidet daher verschiedene Fruchtformen.

Einzelfrüchte: Nuß (Haselnuß), Beere (Tomate), Spaltfrucht (Kümmel), Steinfrucht (Pflaume), Gliederhülse (Serradella), Balgfrucht (Rittersporn), Hülse (Bohne), Schote (Kohl), Kapsel (Tulpe).

Sammelfrüchte: Sammelnußfrucht (Erdbeere), Sammelsteinfrucht (Himbeere), Sammelbalgfrucht (Apfel).

Verbreitung von Früchten und Samen

Bei manchen Pflanzen fallen Samen und Früchte in unmittelbarer Nähe der Mutterpflanze zu Boden. Viele von ihnen gehen zugrunde, weil sie im Boden in so großer Zahl nicht genügend Platz und Nährstoffe zum Wachsen vorfinden.

Die meisten Samen und Früchte besitzen Einrichtungen, mit denen sie über mehr oder weniger weite Strecken verstreut werden können. Auf diese Weise haben sich manche Pflanzenarten über die ganze Erde verbreitet (Abb. 71).

Verbreitungsarten und Verbreitungseinrichtungen bei Samen und Früchten

Verbreitungsart	Verbreitungseinrichtung	Beispiele
Verbreitung durch den Wind	Haarschöpfe	Kuhblume, Weide
	Flügel	Ulme, Esche, Ahorn, Birke
	Ausschleudern aus Kapseln, die auf elastischem Stiel stehen	Mohn, Glockenblume
	staubfeine Samen	Orchideen
Verbreitung durch Wasser	lufthaltige Räume	Wasser- und Sumpfpflanzen
Verbreitung durch Tiere	Klettverbreitung; hakige Fortsätze (Festhängen im Tierfell)	Klette, Klebkraut, begrannte Gräser, Möhre, Zweizahn
	Verdauungsverbreitung; als Nahrung aufgenommen und später an einem anderen Ort ausgeschieden	Kirsche, Apfel und andere Früchte mit Fruchtfleisch
	Ameisenverbreitung; durch Ameisen verschleppt, die saftige Anhängsel der Samen verzehren	Veilchen, Schneeglöckchen, Lerchensporn, Schöllkraut
Selbstverbreitung	mit Schleudereinrichtungen (Aufheben von Gewebespannungen oder Verkrümmungen durch Austrocknen der Fruchtwand)	Springkraut, Besenginster, Bohne
Verbreitung durch den Menschen	Aussaat, Handel, Verkehr	Kulturpflanzen, Unkräuter, viele Pflanzen der Straßenränder und Bahndämme, Schuttpflanzen

Aufgaben

1. Nenne Beispiele von ungeschlechtlicher Fortpflanzung bei Protisten, Pflanzen und Tieren!

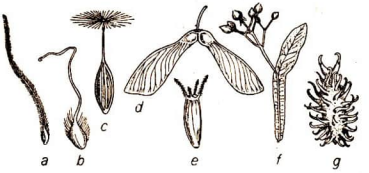


Abb. 71 Verbreitungseinrichtungen der Früchte
Flugfrüchte (Windverbreitung): *a* haarbesetzter, langer Griffel (Küchenschelle), *c* Haar-Fallschirm (Salat), *d* Flügel (Ahorn), *f* Hüllblatt des Blütenstandes als Flügel (Linde)
Klettfrüchte (Tierverbreitung): *b* hakiger Griffel (Nelkenwurz), *e* Widerhaken an den Borsten (Zweizahn), *g* Stachelborsten an der Fruchtwand (Spitzklette)

2. Welche Vor- und Nachteile hat es für die Kartoffelpflanze, daß sie sich leichter durch Knollen als durch Samen vermehren läßt?
3. Welche Auswirkungen hat das Wetter zur Zeit der Obstbaumblüte auf die zu erwartende Obsternte? Begründe die Antwort!
4. Welche Vor- und Nachteile für die Vermehrung hat die Windbestäubung gegenüber der Insektenbestäubung?
5. Welche Bedeutung haben die auffallend gefärbten Kronblätter?
6. Die Blüten der meisten Nadelbäume stehen an den Enden der Zweige, ebenso ragen die Blüten der Gräser an den Halmspitzen frei in die Luft. Welche Bedeutung hat dies?
7. Welche Bedeutung haben die leuchtenden Farben der Beerenfrüchte?
8. Welche Möglichkeiten der Ausbreitung außer der Samenverbreitung haben Pflanzen?
9. Warum ist es für die Samen der Mistel wichtig, daß sie klebrig sind?

Von blütenlosen Landpflanzen

Im Unterwuchs und auf dem Waldboden finden wir häufig eine Fülle verschiedener Moose und Farnpflanzen. Sie besitzen keine Blüten und entwickeln sich auf besondere Art.

Fortpflanzung der Moose

Bei den Moosen wechseln regelmäßig geschlechtliche und ungeschlechtliche Vermehrung miteinander ab. Wir wollen dies an der Entwicklung des Frauenhaarmooses kennenlernen.

Das Frauenhaarmoos bildet ausgedehnte, hohe Rasen. Im Frühjahr färben sich bei einem Teil der Pflänzchen die langen, schmalen Blättchen an den Stengelspitzen rötlich und verbreitern sich. Sie bilden die „Moosblüte" mit winzig kleinen **Schwärmerbehältern.**

Auf anderen Pflanzen legen sich etwa zur selben Zeit die grünen Blättchen an der

Spitze eng aneinander und schließen mehrere flaschenförmige **Eibehälter** ein, die in ihrem Inneren eine große kugelige **Eizelle** enthalten.

Bei Regen platzen die Wände der Schwärmerbehälter auf, es kommen zahlreiche korkenzieherartige **Schwärmerzellen** heraus. Im Wasser des Moosrasens schwimmen sie zu den Eibehältern und verschmelzen mit den Eizellen. Die Schwärmerzellen befruchten die Eizellen.

Die beblätterten Moospflänzchen bilden also besondere geschlechtliche Fortpflanzungsorgane, die (weiblichen) Eibehälter und die (männlichen) Schwärmerbehälter. In diesen Fortpflanzungsorganen entstehen die Keimzellen (Eizellen und Schwärmer). Durch Vereinigung je eines Schwärmers mit einer Eizelle kommt es zur **Befruchtung.**

Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich ein Embryo, der sich in die Länge streckt. Er wächst auf der Mutterpflanze zu einem langen Stiel aus, der an seinem oberen Ende eine Kapsel trägt. In dieser Kapsel entstehen durch einfache Zellteilungen mehrere tausend ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen, die **Sporen.** Bei der Reife öffnet sich die **Sporenkapsel,** indem ein Deckelchen abfällt. Die Sporen fallen heraus und werden vom Wind verstreut.

Fällt eine Spore auf guten Boden, so entsteht daraus ein winziges grünes Fadengeflecht, der **Vorkeim.** Dieser bildet an einzelnen Stellen kleine Knospen, aus denen wieder beblätterte Moospflänzchen heranwachsen.

Die Vermehrung durch Sporen ist ungeschlechtlich, da aus einer einzigen Zelle eine neue Pflanze entsteht, ohne daß es zu einer Befruchtung kommt.

Fortpflanzung der Farne

Die Farne vermehren sich ähnlich wie die Moose.

Die Sproßachsen der Farne stecken meist als Wurzelstöcke im Boden. An diesen Erdsprossen finden wir im Winter und Frühjahr zahlreiche junge, sehr zarte Blättchen. Sie sind schneckenförmig eingerollt und mit einem Filz brauner Haare bedeckt, so daß sie gut gegen Verdunstung geschützt sind. Später rollen sie sich auf, und die grünen Blattwedel mit zahlreichen Fiederblättchen entfalten sich. Die Entwicklung einer Farnpflanze wollen wir am Beispiel des Wurmfarns verfolgen (Abb. 72).

Auch bei den Farnen findet man niemals Blüten. Auf der Unterseite älterer Blätter entdeckt man zarte, hellgrüne, später braun werdende Häutchen. Jedes Häutchen bedeckt ein Häufchen kleiner Körner, die mit einem feinen Stielchen am Blatt festsitzen.

Unter dem Mikroskop zeigen sich diese Körnchen als kleine Sporenkapseln. Beim Austrocknen springen sie auf und entlassen eine große Anzahl brauner Körner, die **Sporen.**

Aus den Sporen entwickeln sich auf feuchtem Waldboden kleine, etwa fingernagelgroße, herzförmige **Vorkeime,** die mit dünnen, wurzelähnlichen Zellfäden, ähnlich wie

die Moose, im Boden haften. In der Nähe der Spitze bilden sich kuppelförmige **Schwärmerbehälter**, darüber, in Nähe der Kerbe, flaschenförmige **Eibehälter**, die – wie bei den Moosen – eine große **Eizelle** enthalten. Wenn bei Regen oder Tau Wasser zwischen Vorkeim und Boden haftenbleibt, platzen die Schwärmerbehälter und entlassen zahlreiche schraubig gewundene **Schwärmerzellen**, die mit lebhaft schlagenden Wimpern auf den Eibehälter zuschwimmen. Von dort wird ein Tröpfchen Schleim mit Apfelsäure ausgeschieden, welches die Schwärmer chemisch anzieht. Diese dringen in die Eibehälter ein, und je ein Schwärmer vereinigt sich wieder mit einer Eizelle.

Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich ein Embryo, der zur jungen Farnpflanze heranwächst und wiederum Sporenkapseln bildet.

Generationswechsel

In der Entwicklung der Moos- und Farnpflanzen folgen somit stets zwei verschiedenartige Nachkommengenerationen aufeinander, von denen die eine auf geschlechtliche, die andere auf ungeschlechtliche Weise zustande kommt. Diese wechselnde Aufeinanderfolge zweier verschiedener Generationen nennt man **Generationswechsel** (Abb. 72).

Die Abbildung 72 gibt einen Vergleich zwischen der Entwicklung der Moos- und Farnpflanzen.

Übereinstimmend finden wir in jedem Fall einen gleichartig verlaufenden **Generationswechsel:**

Die **geschlechtliche Generation** (Moospflanze, Farn-Vorkeim) bildet Fortpflanzungsorgane verschiedenen Geschlechts (Eibehälter: weiblich, Schwärmerbehälter: männlich), in denen sich die Keimzellen entwickeln (Eizellen: weiblich, Schwärmerzellen: männlich). Die Schwärmerzellen sind beweglich und schwimmen zur unbeweglichen Eizelle hin. Aus der befruchteten Eizelle entsteht die **ungeschlechtliche Generation** (Sporenkapsel der Moose, Farnpflanze). Sie erzeugt in besonderen Sporenkapseln ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen, die Sporen, aus denen unmittelbar, ohne jede Befruchtung, wieder die geschlechtliche Generation heranwächst.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Farnen und Moosen besteht darin, daß die grünen Dauerformen verschiedene Generationen darstellen:

Die **grüne, beblätterte Moospflanze** ist die **geschlechtliche Generation.** Die sporenbildende Generation ist bei den Moosen nur eine gestielte Kapsel, die nicht selbständig lebensfähig ist.

Die **grüne Farnpflanze** aber ist die **sporenbildende Generation.** Die geschlechtliche Form ist hier der zwar selbständig lebende, aber sehr unscheinbare und nur kurzlebige Vorkeim.

Auch die Blütenpflanzen weisen einen Generationswechsel auf. Ihre **geschlechtliche Generation** ist noch stärker rückgebildet als bei den Farnen. Sie besteht aus einer Zelle im Pollenkorn beziehungsweise Zellkernen im Embryosack.

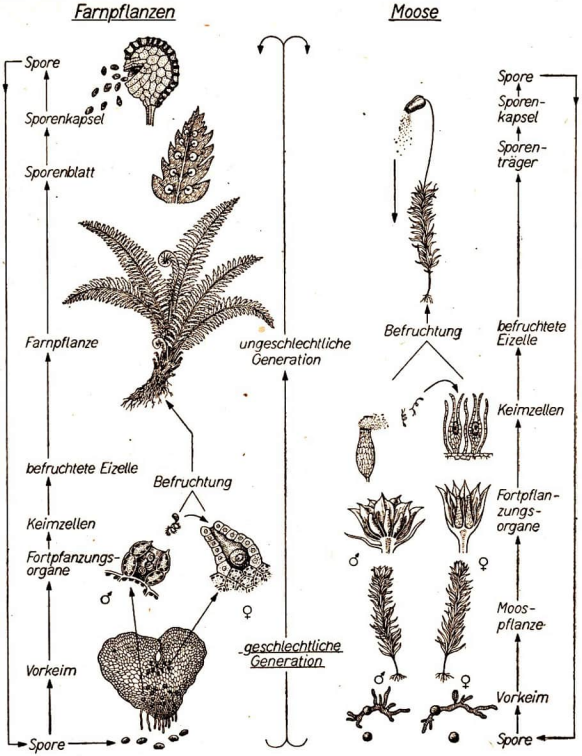


Abb. 72 Generationswechsel
Entwicklung eines Farns (Wurmfarn; links) und eines Mooses (Frauenhaarmoos; rechts)

Die beblätterte Pflanze ist die **sporenbildende Generation.** Sie bildet ungeschlechtlich die Pollenkörner und den Embryosack, die den Sporen der Farnpflanzen entsprechen.

Die Moose und die Farnpflanzen benötigen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung eine Wasserschicht, in der die männlichen Geschlechtszellen zu den Eizellen schwimmen

können. Der kleinere Vorkeim der Farnpflanzen findet am Boden mit mehr Wahrscheinlichkeit die erforderliche Flüssigkeit als die etwas größere Moospflanze. Die Blütenpflanzen sind von einer solchen Wasserschicht völlig unabhängig.

Die Rückbildung der Geschlechtsgeneration steht mit den Anpassungen der Pflanzen an das Leben auf dem trockenen Land in Verbindung.

Wachstum und Entwicklung der Pflanzen

Keimung

Aufgaben

1. Säe einige Buschbohnen in einen Blumentopf! Halte die Erde feucht! Miß vier Wochen täglich die Länge der einzelnen Pflanzenteile (Stengelglieder, Blätter)! Vergleiche die Meßergebnisse!
2. Säe alle drei Tage Samen von Kohl, Radieschen oder Bohnen in einen Blumentopf oder in eine größere Schale! Nimm nach etwa drei Wochen alle Jungpflanzen gleichzeitig aus der Erde! Vergleiche sie!
3. Fülle einen Blumentopf mit feuchter und einen mit trockener Erde! Säe in jeden einige Buschbohnen! Vergleiche die Keimung der Samen!
4. Säe Buschbohnen in zwei Blumentöpfe mit feuchter Erde! Stelle den einen Topf in einen kühlen Keller, den anderen in ein warmes Zimmer! (Achte darauf, daß beide gleich belichtet werden!) Vergleiche Keimung und Wachstum der jungen Pflanzen!
5. Stecke Bohnen- oder Erbsensamen verschieden tief in die Erde eines großen Blumentopfes! Vergleiche die Keimungszeiten!
6. Prüft die Keimfähigkeit des Saatgutes der nächstgelegenen LPG durch Keimproben in folgender Weise:
   Zählt 100 Körner ab! Legt sie in Petrischalen auf feuchtem Filterpapier oder auf feuchtem Quarzsand so aus, daß sie sich gegenseitig nicht berühren!
   Zählt nach 10 Tagen die gekeimten Samen! Gebt ihre Anzahl in Prozent der ausgelegten Körner an!

Keimfähigkeit von Saatgut

Saatgut	nach Tagen	Keimfähigkeit	Saatgut	nach Tagen	Keimfähigkeit
Getreide	10	95 %	Kohlrüben	10	85 %
Hülsenfrüchte	10	95 %	Futtermöhren	21	60 %
Klee	10	90 %	Raps	10	95 %

Der Samen ist bereits eine junge Pflanze, die sich vorübergehend in einem Ruhezustand befindet. Diese Samenruhe dauert gewöhnlich einige Wochen oder Monate.

Während dieser Zeit werden die Samen verbreitet, gelangen in den Boden und sind gegenüber den Witterungseinflüssen äußerst widerstandsfähig. In ihrem Inneren laufen jedoch biochemische Vorgänge ab, die dazu führen, daß die Samen auskeimen, sobald günstige Bedingungen dazu vorhanden sind. Der Samen gelangt in Keimstimmung. Das Leben jeder jungen Blütenpflanze beginnt äußerlich mit der Keimung des Samens.

Für die Keimung sind bestimmte äußere Bedingungen erforderlich.

Wasser. Die Samen enthalten während der Samenruhe nur wenige Prozent Wasser (etwa 13 bis 14%). Die Keimung beginnt damit, daß die Samen sehr viel Wasser aufnehmen und dadurch quellen. Samen und Jungpflanzen brauchen stets reichlich Wasser. Mit der Wasseraufnahme wird auch das Streckungswachstum eingeleitet. Die einzelnen Teile des Embryos beginnen sich in die Länge zu strecken und durchstoßen die Samenschale.

Temperatur. Jeder Samen keimt am besten bei einer ganz bestimmten Temperatur, dem Temperaturoptimum. Kälte verzögert die Keimung sehr stark, zu große Hitze zerstört das lebende Eiweiß in den Zellen.

Für jede Samenart kennt man daher eine untere Temperaturgrenze der Keimung (Temperaturminimum), unterhalb derer kein Samen mehr auskeimt, und eine obere Temperaturgrenze der Keimung (Temperaturmaximum), bis zu der die Samen gerade noch keimfähig sind.

Keimtemperaturen, Keimdauer und Dauer der Keimfähigkeit einiger Kulturpflanzen

Kulturpflanze	Keimtemperaturen			Keimdauer (in Tagen)	Keimfähigkeit (in Jahren)
	Minimum	Optimum	Maximum		
Roggen	1 bis 2 °C	25 °C	30 °C	1 bis 3	1 bis 2
Weizen	3 bis 4,5 °C	25 °C	30 bis 32 °C	2 bis 3	3 bis 4
Gerste	3 bis 4,5 °C	20 °C	28 bis 30 °C	2 bis 3	3 bis 4
Hafer	4 bis 5 °C	25 °C	30 °C	2 bis 4	2 bis 3
Mais	8 bis 10 °C	32 bis 35 °C	40 bis 44 °C	3 bis 11	3
Zuckerrübe	4 bis 5 °C	25 °C	28 bis 30 °C	4 bis 9	4 bis 5
Erbse	1 bis 2 °C	30 °C	35 °C	2 bis 3	3 bis 4
Buschbohne	10 °C	32 °C	37 °C	2 bis 6	3 bis 4
Lein	2 bis 3 °C	25 °C	30 °C	2 bis 5	3 bis 4
Tabak	13 bis 14 °C	28 °C	35 °C	6 bis 9	5 bis 6

Sauerstoff. Beim Wachstum und bei der Neubildung von Zellen wird sehr viel Energie verbraucht. Keimende Samen atmen daher sehr rege, sie brauchen ausreichend Luft im Boden. Im Saatbeet muß schon vor der Keimung der Boden gut gelockert und krümelig aufbereitet werden.

Licht. Manche Samen brauchen zur Keimung Licht, manche dagegen Dunkelheit. **Lichtkeimer** sind z. B. die meisten Gräser, Doldengewächse und der Tabak. Sie werden nur flach ausgelegt, die Bodenoberfläche wird feucht gehalten. Tomate und Kürbis dagegen

sind **Dunkelkeimer**. Ihre Samen müssen so tief in den Boden gesteckt werden, daß sie vom Tageslicht nicht mehr erreicht werden.

Beschaffenheit von Samen- und Fruchtschale. Bei manchen Samen wird die Keimung durch eine harte, undurchlässige Fruchtschale verzögert. Sie verhindert das Eindringen des Wassers und damit das Quellen. Erst wenn die harte Samenschale durch die Tätigkeit der Bakterien und Pilze verrottet ist, kann die Samenquellung beginnen. So kann sich die Keimung um Wochen, Monate oder gar Jahre verzögern. Die Samen vieler Wildpflanzen überdauern auf diese Weise ungünstige Bedingungen. Sie keimen zu unterschiedlichen Zeiten. Dadurch ist die Vermehrung der Art gesichert. Dies trifft für viele Schmetterlingsblütengewächse (z. B. Lupine), Doldengewächse (z. B. Wilde Möhre) und manche Gehölze (z. B. Linde) zu. Bei den Kulturpflanzen ist eine Verzögerung und ungleichmäßige Keimung ungünstig. Man ritzt mit besonderen Maschinen bei der Saatgutaufbereitung die Samenschalen an und erleichtert damit den Wasserzutritt. Bei einigen Kulturpflanzen mit harten Samenschalen (z. B. Lupine) züchtet man Sorten mit weicheren Samenschalen.

Wachstum

Wachstum ist eine bleibende Größenzunahme eines lebenden Körpers. Die beiden Formen des Wachstums haben wir bereits kennengelernt (s. S. 11 und 20).

Zellvermehrungswachstum: Die Bildungsgewebe in den Wachstumskegeln der Sproß- und Wurzelspitzen erzeugen ständig neue Zellen durch Teilung.

Streckungswachstum: Die kleinen, beim Zellvermehrungswachstum entstandenen Zellen der Bildungsgewebe strecken sich unter starker Wasseraufnahme in die Länge. Sobald die Zellen völlig gestreckt sind, wächst der betreffende Teil der Pflanze nicht mehr.

Das Quellen der Samen bei der Keimung ist zwar auch eine Größenzunahme, diese Vergrößerung geht aber beim Austrocknen wieder zurück. Quellung ist noch kein Wachstum.

Das Wachstum jeder Pflanze wird von den Umweltbedingungen beeinflußt, die auf sie einwirken. Dieser Einfluß wirkt sowohl auf die Geschwindigkeit des Wachstums als auch auf die Richtung, in der die Pflanzenteile wachsen.

Unter den Umweltbedingungen, die die Wachstumsgeschwindigkeit der Pflanzen beeinflussen, stehen an erster Stelle Licht, Feuchtigkeit, Temperatur und Bodennährstoffe.

Aufgaben

1. Lasse einige Kartoffelknollen im Licht, andere im Dunkeln austreiben und wachsen! Vergleiche!
2. Säe in zwei Blumentöpfe Samen von Kohl, Kresse oder Bohnen! Stelle den einen Topf an einen warmen, den anderen an einen kühlen Ort, die beide gleichmäßig belichtet sind! Vergleiche das Wachstum der Jungpflanzen!

3. Ziehe Jungpflanzen von Bohne, Kohl oder Getreide in zwei Blumentöpfen heran! Gieße den einen Topf regelmäßig! Halte den anderen möglichst trocken! Beobachte das Wachstum der Pflanzen!

Umwelt und Geschwindigkeit des Wachstums

Licht. Lichtmangel, insbesondere völlige Dunkelheit, fördert das Streckungswachstum der Sproßachse stark. Bei Lichtmangel werden die Sprosse lang, dünn und bleich. Die Sproßachse wächst auf Kosten der Blätter, die Blätter bleiben klein, schuppenartig, und die Bildung von Chlorophyll wird unterdrückt (Abb. 73). Man bezeichnet diese Erscheinung als **Vergeilung.** Hält sie an, so sterben die Pflanzen ab, da ihnen das nötige Chlorophyll fehlt.

Die Vergeilung kann man besonders gut an Kartoffelknollen beobachten, die in einem dunklen Keller eingelagert wurden und im Frühjahr austreiben. Im Gartenbau benutzt man diese Erscheinung, um bei Spargel und Endivien zarte Stengel und Blätter zu erzeugen.

Licht dagegen hemmt das Streckungswachstum und fördert die Bildung der Blätter und Blüten, alle Teile der Pflanze werden normal entwickelt und Chlorophyll wird gebildet.

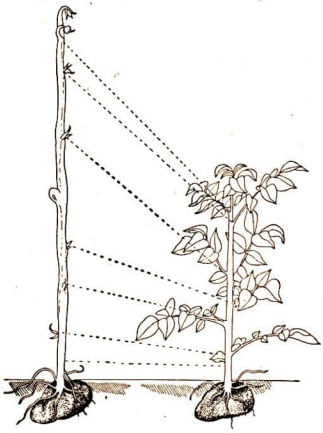


Abb. 73 Wachstum eines Kartoffeltriebes bei Dunkelheit (links) und bei Licht (rechts)

Temperatur. Wärme beschleunigt chemische Reaktionen und damit auch die Vorgänge, die sich beim Wachstum aller Lebewesen abspielen.

Wie für die Keimung, so läßt sich auch für das Wachstum der einzelnen Pflanzenarten eine günstige Temperatur feststellen. Sie liegt für die meisten Arten zwischen 10 und 30 °C.

Das Temperaturminimum liegt bei heimischen Arten meist bei 0 bis 1 °C. Das Temperaturmaximum liegt für die meisten Pflanzen bei etwa 40 °C.

Die Pflanze kann im Ruhezustand höhere und tiefere Temperaturen ertragen, sie wächst jedoch dann nicht. So ertragen Nadelgehölze im Winter, wenn sie sich im Ruhezustand befinden, Temperaturen bis zu −60 °C. Trockene Samen im Zustand der Samenruhe überstehen Temperaturen bis über 100 °C und bis unter −200 °C.

Feuchtigkeit. Wasser ist für alle Lebensvorgänge in ausreichenden Mengen nötig, anderenfalls laufen diese Vorgänge nur unvollständig oder verzögert ab. Wassermangel hemmt das Wachstum der Pflanze.

Bei Trockenheit ist ein stärkerer Schutz gegen Wasserverdunstung nötig. Stengel und Blätter werden derber und härter, es wird viel Festigungsgewebe entwickelt; die Außenwände der Oberhaut und die wachsähnliche Außenschicht werden dicker. Für den Aufbau dieser Schutzeinrichtungen gegen die Austrocknung verbraucht die Pflanze einen großen Teil der von ihr erzeugten Stoffe und viel Energie. Bei Futterpflanzen wird durch die Trockenheit daher nicht nur die Menge, sondern auch die Güte des Ernteertrages stark vermindert.

Bodennährstoffe. Bei Mangel an Bodensalzen kommt es zu einem kümmerlichen Wuchs der Pflanzen. Auf schlecht gepflegten Feldern steht die Frucht oft sehr ungleichmäßig. Das liegt, sofern der Boden genügend Feuchtigkeit enthält, unter anderem an der ungleichmäßigen Verteilung der Nährstoffe.

Auf mageren Wiesen, die ungleichmäßig mit Jauche gedüngt wurden, unterscheiden sich die gedüngten Stellen durch ihren dunkelgrünen, üppigen Graswuchs deutlich von den nährstoffarmen, helleren Stellen, an denen die Pflanzen weit niedriger bleiben.

Die Geschwindigkeit des Wachstums ist abhängig vom Licht, von der Feuchtigkeit, der Temperatur und der Menge der vorhandenen Bodennährstoffe.

Umwelt und Richtung des Wachstums

Aufgaben

1. Pflanze mehrere gequollene Erbsensamen in verschiedener Lage (Keimwurzelspitze nach oben, nach unten, seitlich!) in einen Blumentopf! Beobachte die Stellung von Sproß und Wurzel bei den gekeimten Pflanzen!

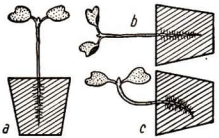


Abb. 74 Erdwendiges Wachstum eines Senfkeimlings
a normale Lage, *b* waagerecht gelegt, *c* darauffolgendes Wachstum

2. Säe einige Sonnenblumenkerne in einen Blumentopf! Lege den Topf auf die Seite, wenn die jungen Pflanzen 4 bis 5 cm lang sind! Beobachte das Verhalten der wachsenden Pflanzen! Drehe den Blumentopf alle zwei Tage in eine andere seitliche Lage (Abb. 74)!
3. Beobachte das Verhalten von Zimmerpflanzen, die am Fenster stehen! Miß die Winkel, unter denen die Stengel von der Senkrechten, die Blätter von der Waagerechten abweichen! Drehe die Blumentöpfe um 180°! Wie lange dauert es, bis sich die Pflanzen wieder zum Fenster hingekrümmt haben?
4. Beobachte im Frühjahr das Verhalten austreibender Einkellerungskartoffeln in der Nähe des Kellerfensters!

Schwerkraft – Erdwendigkeit

Die Wurzel wächst senkrecht in den Boden hinein, die Hauptsproßachse in entgegengesetzter Richtung nach oben. Es ist dabei gleichgültig, ob das Gelände geneigt oder eben ist. Auch an den steilsten Berghängen ragen die Bäume senkrecht empor (Abb. 75).

Junge Topfpflanzen, die man in eine seitliche Lage bringt, krümmen sich so, daß die Sprosse wieder senkrecht in die Höhe wachsen, die Wurzeln wachsen stets in entgegengesetzter Richtung in die Erde (Abb. 74).

Die Ursache für dieses Verhalten der Pflanzen ist die Schwerkraft der Erde. Sie bewirkt, daß die Hauptwurzeln stets in Richtung zum Erdmittelpunkt, die Sproßachsen entgegengesetzt wachsen. Bringt man die Pflanzen in eine andere Lage, so krümmen sich alle Teile, in denen Streckungswachstum stattfindet, in diese von der Schwerkraft bestimmte Richtung.

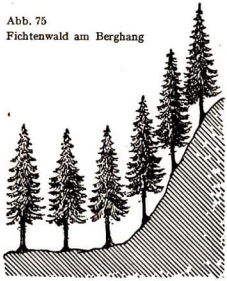


Abb. 75
Fichtenwald am Berghang

Erdwendiges Wachstum zeigen aber nur die Hauptwurzeln und -sprosse. Die Seitenwurzeln wachsen schräg in den Boden hinein, ebenso liegen die Seitensprosse meist waagerecht oder schräg. Wurzelstöcke und Ausläufer schließlich wachsen ganz ohne jede Erdwendigkeit waagerecht über oder unter der Erdoberfläche entlang.

Licht – Lichtwendigkeit

Auch das Licht beeinflußt die Wachstumsrichtung. Junge Sprosse wachsen zu einer Lichtquelle. Viele Zimmerpflanzen krümmen sich zum Fenster. Blätter drehen sich an ihrem Blattstiel so, daß die Lichtstrahlen senkrecht auf die Spreite fallen (z. B. Blätter der Sonnenblume). Diese Erscheinung nennen wir Lichtwendigkeit. (Abb. 76).

Wuchsstoffe

Das licht- und erdwendige Wachstum ist für die Pflanzen von großer Bedeutung. Auf diese Weise wachsen die Wurzeln stets in den nährstoffhaltigen Boden hinein, und die Sprosse werden dem Licht entgegengeführt. Die Ursachen für diese Eigenschaften der Pflanzen blieben lange verborgen, bis vor wenigen Jahrzehnten die Wuchsstoffe (Auxine) entdeckt wurden.

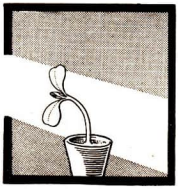


Abb. 76
Lichtwendiges Wachstum eines Bohnenkeimlings

Wuchsstoffe regen die Zellen zur Streckung an. Sie sind nur in äußerst geringer Menge in einer Pflanze vorhanden. Schon Millionstel eines Milligramms können deutlich das Wachstum beschleunigen.

Wuchsstoffe werden in der Spitze eines Sprosses erzeugt und wandern auf allen Seiten gleichmäßig nach unten. Dadurch wächst der junge Keimstengel senkrecht nach oben. Wenn die Wuchsstoffe dagegen einseitig angereichert werden, so wächst der Stengel nur dort, die andere Seite bleibt kürzer, so daß sich der Sproß nach der wuchsstoffarmen Seite hin krümmt.

Licht zerstört Wuchsstoffe. Beim lichtwendigen Wachstum wird ein Teil der Wuchsstoffe auf der Lichtseite des Sprosses zerstört, auf der Schattenseite dagegen wirken sie ungehindert weiter. Der Sproß krümmt sich zum Licht hin, weil die lichtzugewandte Seite kurz bleibt, während die andere Seite weiterwächst.

Licht bewirkt auch das Öffnen und Schließen vieler Blüten. Morgens, wenn mit der aufgehenden Sonne das Licht die Blüten von außen trifft, werden dort die Wuchsstoffe in ihrer Wirkung gehemmt. Die Innenseite der Blütenhüllblätter wächst stärker, so daß sie sich nach außen krümmen, die Blüte öffnet sich. Abends kommen bei der einbrechenden Dunkelheit die Wuchsstoffe auf der Außenseite der Blütenhüllblätter wieder voll zur Wirkung. Die Blütenhüllblätter wachsen außen stärker, krümmen sich nach innen, und die Blüte schließt sich (z. B. Tulpe).

Nicht nur das Licht, sondern auch die Schwerkraft der Erde wirkt auf die Wuchsstoffe ein.

Wuchsstoffe können künstlich hergestellt werden. Dies machen sich Gartenbau und Landwirtschaft zunutze: z.B. werden Stecklinge oft mit Wuchsstofflösungen oder Wuchsstoffsalben bestrichen, sie bewurzeln sich dadurch leichter.

Auch zur Unkrautvernichtung werden Wuchsstoffmittel (Spritzhormit, Stäubehormin u. a.) eingesetzt. Die Unkräuter erschöpfen sich durch ungeregeltes Wachstum, sie verkümmern. Die Getreidepflanzen des Feldes werden nicht geschädigt, da ihre wachsenden Teile durch die Blattscheide vor den Mitteln geschützt sind.

Die Wachstumsrichtung wird durch die Schwerkraft und das Licht beeinflußt.

Umwelt und Entwicklung

Eine junge Pflanze wächst nicht nur. Ihre Zellen strecken sich nicht allein in die Länge, sondern bilden sich entsprechend ihrer Funktion um, sie fügen sich zu verschiedenen Geweben und Organen zusammen. Der Sproß bildet Blätter, Blüten und Früchte, alles in geordneter Reihenfolge.

Das Leben jeder Pflanze nimmt – vom keimenden Samen bis zur Fruchtbildung – einen ganz bestimmten Verlauf, der sich bei jeder Nachkommenschaft wiederholt.

Dieser Wandel, den eine Pflanze in ihrem Leben von der Keimpflanze bis zum reifen Samen durchläuft, ist ihre Entwicklung. Das Wachstum ist in die Entwicklung der

Pflanze eingeschlossen, erfolgt aber nicht auf jeder Entwicklungsstufe. Blätter, die ihre volle Größe erreicht haben, hören auf zu wachsen. Auch der Sproß stellt sein Wachstum ein, wenn Blüten und Früchte gebildet werden.

Die Entwicklung einer Pflanze ist innerhalb einer Art grundsätzlich gleich. Aus einem Bohnensamen wird niemals etwas anderes als eine Bohnenpflanze. Wie diese Entwicklung sich aber vollzieht, ob eine große oder kleine, eine kümmerlich gewachsene oder kräftige, eine grüne oder bleiche Pflanze entsteht, ob sie spät oder frühzeitig blüht, reichlich oder nur wenig Früchte trägt, das hängt sehr stark von den Lebensbedingungen der Pflanze, von ihrer Umwelt, ab.

Eine Pflanze braucht während der verschiedenen Entwicklungsstufen, die sie durchläuft, nicht immer die gleichen Umweltbedingungen. Sie benötigt nicht stets die gleichen Mengen an Wasser und Nährstoffen, dieselbe Temperatur und Lichtstärke. Auf jeder Entwicklungsstufe braucht eine Pflanze besondere Lebensbedingungen.

Temperatur. Wie wir wissen, benötigen die Pflanzen zum Keimen und Wachsen bestimmte Temperaturen. Das gleiche gilt auch für den ganzen Entwicklungsgang. In manchen Fällen ist aber auf bestimmten Entwicklungsstufen Wärme schädlich und gerade eine bestimmte Kältedauer notwendig.

Sät man Winterweizen im Spätherbst, so überdauern die gekeimten Samen den Winter auf dem Feld und entwickeln sich im darauffolgenden Sommer normal bis zur Samenreife. Bringt man das Saatgut jedoch erst im Frühjahr auf das Feld, so bilden sich üppige, dichte Blattbüschel, aber keine Halme mit Ähren; es kommt nicht zur Blütenbildung und Fruchtreife. Die Ursache hierfür ist das Fehlen der kalten Temperaturen im Winter. Das Saatgut des Wintergetreides braucht für einige Wochen bestimmte tiefe Temperaturen, damit später die volle Entwicklung durchlaufen werden kann. Ersetzt man die natürliche Winterkälte, wie sie auf den Äckern herrscht, durch künstliche Behandlung, indem man das angefeuchtete Saatgut vor der Frühjahrsaussaat einige Wochen lang in einem kalten Raum bei 0 bis 2 °C lagert, so entwickeln sich die daraus entstehenden Pflanzen ganz normal, so als ob sie im Freien überwintert hätten. Diese künstliche Behandlung der Pflanzen mit bestimmten tiefen Temperaturen zur Beeinflussung ihrer Entwicklung bezeichnet man als **Jarowisation**. Man erreicht damit bei einjährig-überwinternden Pflanzen eine Verkürzung der Vegetationszeit.

Sommerweizen braucht dagegen keine Winterkälte, aber während der ersten Wochen eine bestimmte kühle Temperatur von 2 bis 12 °C.

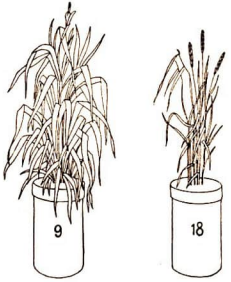


Abb. 77 Langtagpflanze (Gerste)
Links nach 9stündiger, rechts nach 18stündiger Belichtung

Jede Pflanzenart benötigt in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen ganz bestimmte günstige Temperaturen, sonst gedeiht sie nicht normal.

Licht. Wir wissen, daß grüne Pflanzen ohne Licht nicht gedeihen können. Aber auch die Länge des Tages oder der Nacht hat oft großen Einfluß auf die Entwicklung.

Abb. 78 Kurztagpflanze (Hirse) Links nach 18stündiger, rechts nach 12stündiger Belichtung

Es gibt Pflanzen, die nur zur Blüte kommen, wenn die Tage mindestens 13 helle Stunden haben. Bekommen solche **Langtagpflanzen** nicht soviel Tageslicht, so bilden sie nur grüne, wenn auch sehr üppige Sprosse mit Blättern (Abb. 77).

Kurztagpflanzen dagegen brauchen zur Blütenbildung Tage mit mindestens 12 Stunden Dunkelheit. Bleiben die Nächte zu kurz, so entwickeln sich ebenfalls nur Stengel und Blätter (Abb. 78).

Daneben gibt es **tagneutrale** Pflanzen, für die die Tageslänge ohne Einfluß auf das Blühen und Fruchten ist.

Langtagpflanzen, Kurztagpflanzen und tagneutrale Pflanzen

Gruppe	Kennzeichen	Beispiele
Langtag-pflanzen	Die tägliche Belichtungszeit muß zur Bildung von Blüten mindestens 13 Stunden dauern. Nachtdunkelheit ist nicht unbedingt erforderlich	Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Zuckerrübe, Erbse, Tomate, Kohlrabi, Rettich, Spinat, Küchenzwiebel, Lein
Kurztag-pflanzen	Die Dunkelheit der Nacht muß zum normalen Ablauf der Lebensvorgänge und damit auch zur Bildung von Blüten mindestens 11 Stunden dauern	Mais, Sojabohne, Topinambur, Hirse, Weißkohl, Rotkohl
tagneutrale Pflanzen	Die Belichtungsdauer ist ohne Einfluß auf die Bildung von Blüten und Früchten	Raps, Sonnenblume, Rote Rübe, Wirsingkohl, Garten-Bohne, Tabak, Weinrebe

Kurztagpflanzen stammen in der Regel aus warmen Ländern in der Nähe des Äquators, wo die Tageslänge 12 Stunden nicht übersteigt. Langtagpflanzen dagegen haben ihre Heimat meist in den gemäßigten Klimagebieten, die weiter vom Äquator entfernt sind und sehr lange Sommertage besitzen.

Sät man Lang- oder Kurztagpflanzen bei uns an, so muß man die Aussaatzeit so legen, daß die gewünschte Entwicklungsstufe (Blüten- oder Fruchtbildung) mit der richtigen Tageslänge zusammenfällt. Sollen Langtagpflanzen blühen und fruchten, so müssen sie im Frühjahr gesät werden, damit sich die Blüten und Früchte während der langen Sommer-

tage bilden können. Pflanzen, von denen man nur die Blätter ernten will, sät man so aus, daß die Blütenbildung durch die Tageslänge verhindert wird.

Unter der Entwicklung einer Pflanze verstehen wir die Bildung von Blättern, Blüten und Früchten in einer bestimmten Reihenfolge. Auf jeder Entwicklungsstufe braucht eine Pflanze besondere Lebensbedingungen.

Fragen

1. Welche Bedeutung hat das erdwendige Wachstum der Hauptwurzel für die Pflanze? Welche Bedeutung hat das schräge Wachsen der Seitenwurzeln?
2. Warum kann man unkrautvernichtende Spritzmittel im Garten nicht verwenden?
3. Nenne Beispiele von einjährigen, zweijährigen und ausdauernden Wild- und Kulturpflanzen!

Lebensbedingungen der Pflanzen

Lebens-bedingung	Bedeutung für die Pflanze	Herkunft	aufnehmender Pflanzenteil	Förderung durch den Menschen
Wasser	a) Nährstoff b) Lösungsmittel für Nährsalze c) Transportmittel für alle Stoffe	Boden	Wurzel	Bewässerung Lockern des Bodens Unkrautbekämpfung
Mineralsalze	Nährstoffe	Boden	Wurzel	Düngung, Unkrautbekämpfung
Kohlendioxyd	a) Nährstoff für Photosynthese b) Abfallstoff bei Atmung	Luft	Blätter (Spaltöffnungen)	Anreichern der Luft mit CO_2 (z. B. Mistbeet)
Sauerstoff	a) Voraussetzung für Atmung b) Abfallstoff bei der Photosynthese			Lockern des Bodens Entwässern des Bodens
Licht	Voraussetzung für Photosynthese (Energiequelle); teilweise Voraussetzung für Wachstum und Entwicklung	Sonne	Chlorophyll der Blätter alle oberirdischen Pflanzenteile	Durchforsten der Wälder Abstände bei Baumpflanzungen Unkrautbekämpfung
Wärme	Voraussetzung für alle Lebensvorgänge	Sonne	alle Pflanzenteile	Bedecken empfindlicher Pflanzen Gewächshäuser, Mistbeete

DER WALD

In Gebieten mit gemäßigtem Klima, also auch in unserer Heimat, breiten sich auf allen nicht vom Menschen bearbeiteten Flächen Wälder aus. Als nach der letzten Eiszeit in Nord- und Mitteleuropa wieder Pflanzen leben konnten, entstanden hier im Verlauf von etwa zwölf Jahrtausenden riesige Urwälder. Diese natürlichen Wälder waren meist Mischwälder mit einem hohen Anteil an Laubbäumen. Während der letzten zweitausend Jahre begannen die Menschen in immer stärkerem Maße in das Gefüge des Waldes einzugreifen. Durch Rodungen gewannen sie Flächen für Ackerbau und Viehzucht. Anfangs konnte jeder so viel Wald roden, wie er für seine Wirtschaft brauchte. Später erließen die Landesherren strenge Rodeverbote, weil sie um ihre Jagd fürchteten.

Durch übermäßige Nutzung kam es zu einer Schädigung des Waldes. Man begann die Holznutzung zu planen, um einen steten Ertrag zu sichern. Der Mensch beeinflußte während der folgenden Jahrhunderte bis zur Gegenwart die ursprüngliche Zusammensetzung der Wälder viel stärker, als das durch die Veränderung der natürlichen Boden- und Klimaverhältnisse geschehen wäre.

Allmählich gingen die Bestände der langsamer wachsenden Laubbäume – vor allem der Eichen – und der Tannen zurück. Raschwüchsige Kiefern und Fichten wurden bevorzugt angepflanzt. Auch die Rot-Buche mußte vielerorts den Nadelhölzern weichen, weil diese einen größeren Massenertrag liefern und dem Waldbesitzer mehr Geld einbrachten.

So schuf die Forstwirtschaft bis ins 20. Jahrhundert hinein in immer stärkerem Maße großflächige, gleichförmige, dicht bewachsene und gleichaltrige Reinbestände, die beispielsweise durch Schädlingsbefall, Krankheiten und gleichmäßigen Nährstoffverbrauch großen Gefahren ausgesetzt sind (Tabelle S. 95). Diesen Gefahren kann nur durch eine Umstellung des Waldbaues begegnet werden. In der Deutschen Demokratischen Republik wurden deshalb Maßnahmen beschlossen, deren Ziel es ist, den Waldbau auf der Grundlage der modernen biologischen und wirtschaftlichen Erkenntnisse neu zu gestalten.

Einzelpflanze, Pflanzengemeinschaft und Lebensgemeinschaft

Wer eine Pflanzenart gut kennt, weiß nicht nur, wie sie aussieht, er weiß auch, wo sie zu finden ist. Er wird den Acker-Senf nicht im Walde und das Schilf nicht auf einem Schuttplatz suchen. Jede Pflanzenart benötigt zum Leben **bestimmte Bedingungen,**

das Schilf z. B. braucht viel Feuchtigkeit. Es wächst nur an Gewässern, in Sümpfen und auf nassen Wiesen.

Verschiedene Pflanzenarten brauchen zum Leben oft sehr ähnliche Umweltverhältnisse und wachsen deshalb an gleichen **Standorten.** So finden wir in Gemeinschaft mit dem Schilf häufig den Froschlöffel, die Schwanenblume, das Pfeilkraut und andere Arten, die viel Feuchtigkeit benötigen.

Die verschiedenen Arten wachsen in der Natur nicht einzeln, sondern mit bestimmten anderen Pflanzenarten zusammen in **Pflanzengemeinschaften.** Die einzelnen Pflanzengemeinschaften setzen sich aus verschiedenen Arten zusammen, die ähnliche Standortansprüche haben. Die Pflanzenbestände nasser Wiesen bestehen aus anderen Arten als die Pflanzengemeinschaften auf Feldern. Jede einzelne Pflanze ist als Glied einer Pflanzengemeinschaft mit allen anderen Gliedern verbunden. Sie alle beeinflussen sich gegenseitig und sind den gegebenen Bedingungen angepaßt (z. B. dem Boden, den Lichtverhältnissen, den Niederschlagsverhältnissen). Ein Gebiet, in dem bestimmte Lebensbedingungen vorherrschen, die für bestimmte Pflanzen- und Tierarten günstig sind und deren Vergesellschaftung bedingen, bezeichnet man als **Lebensstätte** (Biotop).

Ändert man in einem Biotop eine Lebensbedingung, entwässert man z. B. eine Wiese durch Dränage, so ändert sich ihr Pflanzenbestand: Arten mit sehr hohem Feuchtigkeitsbedarf können nicht mehr bestehen, dafür siedeln sich andere Arten an. Man kann, wenn man die Standortansprüche der einzelnen Pflanzen kennt, vom Pflanzenbestand auf die Feuchtigkeit des Bodens schließen. Auch andere Eigenschaften (z. B. Säuregrad, Nährstoffgehalt des Bodens) werden von den Pflanzen angezeigt. Sorgfältige Untersuchungen der Pflanzengemeinschaften können für die Landwirtschaft wichtige Hinweise geben.

Nicht nur zwischen Pflanzen, Boden und Luft bestehen enge Beziehungen; Tiere und Mikroben leben von den Pflanzen, sind von ihnen abhängig und wirken wiederum auf sie ein. An einem bestimmten Standort bilden also verschiedene Organismen mit ihren komplizierten Wechselbeziehungen eine **Lebensgemeinschaft** (Biozönose). Eine der auffälligsten und wichtigsten Lebensgemeinschaften unserer Heimat ist der Wald.

Zwischen den Pflanzen, Tieren und Kleinlebewesen eines Waldes bestehen mannigfaltige Beziehungen. Viele der auffälligen Beziehungen sind uns schon bekannt. Wir wissen, daß einige Pilze an bestimmte Waldbäume gebunden sind, daß manche Vögel im Walde Nahrung und Unterschlupf finden, daß Eichhörnchen sich von Baumsamen und Beeren ernähren und zur Verbreitung der betreffenden Pflanzenarten beitragen.

Die Schichten des Waldes

Wir können in vielen Wäldern unserer Heimat vom Waldboden bis zu den Baumwipfeln eine regelmäßige Folge von Schichten erkennen. Je mehr verschiedene Baumarten der Wald umfaßt, desto reicher ist im allgemeinen diese Schichtung. In artenreichen Mischwäldern erkennen wir die Moos- und Bodenschicht, darüber eine

Abb. 79 Reich geschichteter Wald

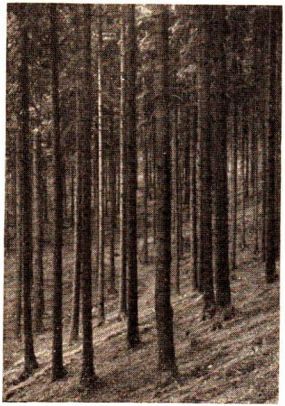


Abb. 80 Fichtenreinbestand

Feldschicht (Krautschicht), dann eine Strauchschicht und eine oder mehrere Baumschichten (Abb. 79). In einem Waldbestand, der lediglich von einer Baumart mit Bäumen gleichen Alters gebildet wird, einem gleichaltrigen Reinbestand, gibt es meist keine so reiche Gliederung. Die reinen Fichtenbestände in den höheren Lagen der Mittelgebirge enthalten meist nur zwei Schichten (Abb. 80). Der Boden wird in ihnen so stark beschattet, daß fast keine Bodenpflanzen und Sträucher gedeihen können.

Aufgaben und Fragen

1. Vergleiche an einem windigen Tag die Windstärke im Freien mit der an verschiedenen Stellen im Walde!

2. Miß die Temperatur außerhalb des Waldes im Schatten! Miß mit dem gleichen Thermometer die Temperatur an verschiedenen Stellen des Waldes! Notiere! Vergleiche! Wiederhole den Vergleich bei anderen Wetterverhältnissen und zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten!
3. Vergleiche die Lichtstärke an verschiedenen Stellen des Waldes (Waldrand – Waldmitte, lichte Stellen – dichte Stellen, über der Krautschicht – unter der Krautschicht u. a.)! Verwende dabei einen Belichtungsmesser (besonders gut ist ein elektrischer Belichtungsmesser geeignet)! Vergleiche auch die Pflanzenarten miteinander, die an den verschiedenen Stellen wachsen! Untersuche die Helligkeit unter verschiedenen Baumbeständen!
4. Beobachte Brombeerhecken! Wie wachsen sie, damit ihre Blätter zum Licht kommen?
5. Beobachte Triebe und Blätter einer Pflanzenart an einem lichten Standort und an einem schattigen Standort! Vergleiche! Prüfe die Lichtverhältnisse mit einem Belichtungsmesser! Beobachte, welche Standorte Haselnuß, Wurmfarn, Rot-Buche, Efeu und Schneebeere bevorzugen!
6. Miß an verschiedenen Tagen die Luftfeuchtigkeit im Wald und im Freien mit dem Hygrometer! Vergleiche!

Baumschicht. Zur Baumschicht gehören die über die Sträucher hinausragenden Teile der Bäume. Ihre Kronen bilden eine Art Dach. Sie empfangen unmittelbar die Niederschläge, den Wind und das Licht und sind den Temperaturschwankungen des Luftraumes direkt ausgesetzt. Die Dichte und der Zusammenschluß der Kronen bedingen sehr stark die Ausbildung aller übrigen Waldschichten.

Bei unseren Waldbäumen finden wir Arten mit hohen Lichtansprüchen, sogenannte **lichtbedürftige Gehölzarten** (Lichtholzarten). Sie haben meist eine lockere, lichtdurchlässige Krone. Ihnen stehen Arten mit geringen Lichtansprüchen gegenüber, die Schatten besser ertragen können und die wir deshalb als **schattenertragende Gehölzarten** (Schattenholzarten) bezeichnen. Das Lichtbedürfnis der Bäume bleibt nicht unverändert; es nimmt mit dem Alter im allgemeinen zu.

Lichtbedürftige Gehölzarten	Schattenertragende Gehölzarten
Eichen, Birken, Eschen, Pappeln, Kiefern, Lärchen	Fichten, Tannen, Rot-Buchen, Hainbuchen

Aufgaben

1. Vergleiche die Wuchsform von Bäumen, die am Waldrand stehen, und Bäumen aus der Mitte des Bestandes! Erkläre die Unterschiede!
2. Untersuche an Bäumen des Waldrandes oder an einzeln stehenden Bäumen den Stamm! Vergleiche die Wetterseite mit der entgegengesetzten Seite des Stammes!

Umfang, Form und Höhe der Baumkronen sind im Waldbestand ganz anders als bei einzeln wachsenden Bäumen gleicher Art (Abb. 81). In geschlossenen Fichten-

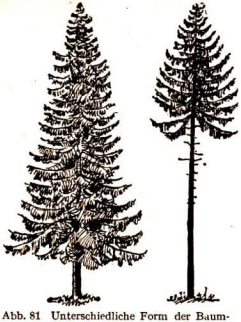


Abb. 81 Unterschiedliche Form der Baumkronen. Fichte einzeln stehend (links) und aus einem Bestand (rechts)

und Kiefernbeständen, die genügend eng begründet wurden, sterben die unteren Äste ab und lösen sich vom Stamm. Dadurch entstehen hohe, astlose Stämme, die gutes Nutzholz liefern.

In den Baumkronen leben viele Insekten und Insektenlarven. Einige fressen Blätter und richten dadurch große Schäden an (z. B. Maikäfer, Raupen von Kiefernspanner, Kiefernspinner, Forleule, Nonne). Sie werden von Vögeln und räuberisch lebenden Insekten (z. B. Rote Waldameise, Puppenräuber) gefressen. Stamm und Rinde beherbergen holzfressende Käferlarven (z. B. Borkenkäfer) und Insekteneier, die hier in Ritzen überwintern.

In einem Mischwald finden Schädlinge und Nützlinge gleich gute Lebensbedingungen vor; in ihm ist das Verhältnis zwischen den Schädlingen und ihren Feinden meist ausgeglichen, so daß sich die Schädlinge nicht zu stark entwickeln können. Reinbestände bieten Schädlingen oft ungleich günstigere Lebensbedingungen als den Nützlingen.

In hohlen Bäumen brüten Spechte, Kleiber, Stare, sehr selten auch die Hohltaube. Solche Bäume dürfen ebensowenig gefällt werden wie die Horstbäume der Greifvögel. Ist dies aus forstwirtschaftlichen Gründen doch notwendig, so muß durch Anlage von Nisthöhlen der Eingriff in die natürlichen Verhältnisse wieder ausgeglichen werden.

Ein eng an den Wald gebundenes Baumtier ist der Edel- oder Baummarder. Dieses etwa katzengroße, geschmeidige Raubtier ernährt sich hauptsächlich von Eichhörnchen und anderen Nagetieren sowie von Vögeln und deren Eiern. Da aber auch das Eichhörnchen ein arger Nestplünderer ist, würde durch Vernichtung seines einzigen wirklichen Feindes bald eine Abnahme der für die Schadinsekten wichtigen Waldvögel zu verzeichnen sein. Hieraus erkennen wir, daß bereits ein einzelner Eingriff in die gegeneinander abgewogenen Verhältnisse starke Veränderungen nach sich ziehen kann. Das muß die Forstwirtschaft stets berücksichtigen.

Aufgaben und Fragen

1. Suche im Walde Spechtschmieden! Beobachte die Spechte!
2. Untersuche, welche Vogelarten in einem Waldstück deiner engeren Heimat vorkommen!

Strauchschicht. Die Strauchschicht besteht aus dem Jungwuchs der Bäume und verschiedenen Sträuchern. Bei günstigen Lichtverhältnissen entwickelt sich dichtes Unterholz, das die unter der Strauchschicht liegenden Schichten mehr oder weniger unterdrücken kann. In lichtarmen Wäldern bauen Sträucher nur am Waldsaum einen „Mantel" auf. Er hemmt die Windbewegung im Bestand, so daß die Verdunstung herabgesetzt wird. Auch auf die Temperatur wirkt er ausgleichend.

Die Sträucher bieten vielen Vogelarten Schutz, Nistgelegenheit und Nahrung. Insektenfressende Vögel bewohnen vorzugsweise Gestrüpp aus Buschwerk und Kräutern. Wälder ohne Strauchschicht sind arm an Vögeln; die Waldschädlinge können in Massen auftreten und den Bestand ernsthaft gefährden.

Strauchreiche Waldungen bieten auch dem Rehwild, dem Rotwild und dem Schwarzwild Unterschlupf. Rehe und Hirsche äsen Knospen und Blätter der Sträucher und jungen Bäume. Dadurch kann es zu Schädigungen kommen; Hirsche verursachen unter Umständen sogar erhebliche Schäden durch das Schälen der Baumrinde. Im Gebiet des Buschwerks leben als weitere Wirbeltiere z. B. die Schläfer (Siebenschläfer, Haselmaus u. a.), die fast nur nachts unterwegs sind. Sie fressen Knospen, Laub, Beeren, Früchte, Insekten, Würmer und kleine Wirbeltiere.

Feldschicht (Krautschicht). Krautige Pflanzen, Gräser und Farne treten je nach Art der Waldgemeinschaft entweder einzeln oder in kleineren beziehungsweise größeren Gruppen auf. Die Entwicklung der Feldschicht, aber auch ihr Artenbestand, ist in hohem Grade von der Ausbildung der Baum- und Strauchschicht abhängig. In lichten Wäldern bildet sich häufig ein Pflanzenteppich, der den Boden völlig bedeckt. In reinen, dicht geschlossenen Fichtenbeständen fehlt die Feldschicht vollständig. An manchen Stellen im Buchenwald bemerken wir vor der Laubentfaltung, wenn das Licht im Frühling noch ungehindert zum Boden gelangen kann, einen bunten Blumenteppich, der später, nachdem die Bäume voll belaubt sind, wieder verschwindet und dann von anderen, weniger lichtbedürftigen Pflanzen abgelöst wird. Die lichtbedürftigen Frühblüher besitzen als Speicherorgane nährstoffreiche Wurzelstöcke (z. B. Busch-Windröschen, Leberblümchen, Lungenkraut, Wald-Schlüsselblume. Sauerklee und Milzkraut), Wurzelknollen (z. B. Scharbockskraut, Lerchensporn, Aronstab) oder Zwiebeln (z. B. Märzbecher, Bären-Lauch). Sie ermöglichen es ihnen, zeitig und rasch zu blühen und zu fruchten. Durch die im Wald besonders auffallenden leuchtenden Blütenfarben dieser Pflanzenarten werden Insekten zur Bestäubung angelockt. Neben dem Licht sind vor allem auch die Feuchtigkeit und der Nährstoffgehalt des Bodens für die Ausbildung und Zusammensetzung der Feldschicht bestimmend.

Je verschiedenartiger die Bodenpflanzen sind, desto mehr Tiere können zwischen ihnen und von ihnen leben. Wir finden hier viele Insekten und Wirbeltiere, z. B. Lurche (Salamander, Kröten), Reptilien (Eidechsen, Schlangen), Vögel (Bodenbrüter, Hühnervögel) und Säugetiere (vor allem Mäuse und Spitzmäuse).

Moos- und Bodenschicht. Die Moose haben vor allem für den Wasserhaushalt des Waldes Bedeutung. Sie können in wenigen Minuten ein Mehrfaches ihres Eigengewichts (etwa das sechs- bis siebenfache) an Wasser aufnehmen und zwischen den Stengeln und Blättchen festhalten. In unseren Wäldern werden auf diese Weise riesige Mengen an Regenwasser gespeichert. Ein Hektar moosbedeckter Waldboden kann eine Wassermasse von etwa 30000 Litern festhalten. Das aufgenommene Wasser wird allmählich im Verlauf von 10 bis 12 Tagen an den Boden und die Luft wieder abgegeben.

Moosreiche Wälder wirken daher ausgleichend auf die Wasserwirtschaft eines Gebietes. Die Quellen fließen regelmäßig; die Hochwassergefahr wird gemindert.

Zugleich erhalten die Moose, ebenso wie die Feld- und Strauchschicht, dem Wald die Bodendecke, die bei raschem Wasserabfluß schnell zerstört würde. Moose tragen zur Bildung von Humus bei. Die Unterseite eines abgehobenen Moospolsters zeigt, daß die kleinen Pflänzchen unten absterben, während sie an der Spitze weiterwachsen. Die abgestorbenen braunen Teile tragen – zusammen mit den übrigen verrottenden Pflanzenresten, Tierleichen und eingewehtem Staub – zur Bildung der Walderde bei.

Die Belichtung ist in der Moosschicht stark herabgesetzt, die Luftbewegung gering. Viele Waldmoose ertragen ständigen Schatten.

Im Moosrasen finden vor allem Insekten, Asseln, Tausendfüßer, Spinnen, Schnekken und Würmer günstige Lebensbedingungen. Viele von ihnen tragen durch Bodenlockerung, Beschleunigung der Humusbildung und Durchmischung der einzelnen Schichten zur Bodenverbesserung bei.

Aufgaben und Fragen

1. Trockne ein Moospolster! Wäge es! Bringe es unter eine Glasglocke! Stelle eine Schale mit Wasser neben das Moospolster unter die Glasglocke! Wäge nach einigen Tagen das Moospolster!
2. Wäge ein trockenes Moospolster! Lege es in Wasser und wäge erneut nach dem Abtropfen nach 1 Minute, nach 5 und 10 Minuten! Das Wievielfache des Eigengewichts kann ein trockenes Moospolster an Wasser aufsaugen?

Aus dem Vorkommen der verschiedenen Moose kann man oft recht eindeutig auf den Zustand der Humusschicht schließen, die einen wichtigen Teil des Waldbodens darstellt. Meist liegt auf dem Boden des Waldes eine Schicht von Pflanzenresten (vor allem Blättern). Diese Pflanzenreste und die Körper toter Tiere werden durch Bakterien und Pilze zersetzt. Auch zahlreiche Tiere (z. B. Würmer, Ameisen, Käfer, Wühlmäuse) sind an diesen Umsetzungen sowie an der Durchmischung, Auflockerung und Durchlüftung des Bodens beteiligt.

In Mischwäldern und Laubwäldern geht die Zersetzung meist ziemlich rasch vonstatten, weil alle daran beteiligten Organismen gute Lebensbedingungen vorfinden. Es entsteht nährstoffreiche Humuserde. In reinen Nadelwäldern finden die Bodenorganismen wesentlich schlechtere Bedingungen (die Streu ist schlecht durchlüftet, einige Bestandteile der Nadeln hemmen ihre Lebenstätigkeit). Die Zersetzung der pflanzlichen und tierischen Reste erfolgt deshalb nur langsam und ungenügend. Es kommt in reinen Kiefern- und Fichtenwäldern zur Bildung von sauren, torfigen Rohhumusauflagen.

Aufgabe

1. Suche in der Bodenschicht nach halb zersetzten Laubblättern! Betrachte das noch nicht zersetzte Aderskelett!

Das Wurzelgeflecht der Bäume, Sträucher und Kräuter durchzieht den Waldboden und entnimmt ihm Wasser und Nährstoffe. Der größte Teil der aufgenommenen Nährstoffe gelangt beim Absterben der Kräuter und Sträucher sowie durch den Laub- und Nadelfall der Bäume wieder in den Boden (Abb. 82). Da das Holz genutzt wird und nicht im Walde bleibt, werden den Wäldern Nährstoffe entzogen. Der Forstwirt sucht

den guten Bodenzustand auf natürliche Art zu erhalten. Das geschieht zum Beispiel durch Mischkulturen, bei denen Flach- und Tiefwurzler abwechseln und die Nährstoffe aus verschiedenen Tiefen entnehmen. Außerdem strebt er eine gute Bodenbearbeitung und Düngung des Waldbodens an.

Waldbodenpflanzen als Standortanzeiger

In der Feldschicht der Wälder stellen sich unter den verschiedenen Umweltbedingungen besondere Pflanzengruppen ein, die für die Beurteilung des Bodens dienen können (Weiserpflanzen). Hinsichtlich der Ansprüche an bestimmte Bodenbedingungen lassen sich verschiedene Arten zu Gruppen zusammenfassen.

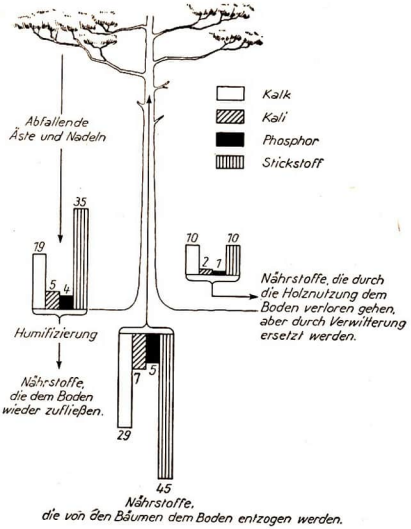


Abb. 82 Schematische Darstellung des Kreislaufs der Stoffe im Wald
Die Zahlen bedeuten kg je ha

Nährstoffgehalt

Weiserpflanzen für nährstoffreiche Waldböden sind:

Bären-Lauch
Hohler Lerchensporn
Echtes Lungenkraut
Gefleckter Aronstab
Wald-Meister
Zaun-Giersch
Wald-Sanikel
Frühlings-Platterbse
Zwiebeltragende Zahnwurz
Vielblütige Weißwurz
Wolliger Hahnenfuß
Gelbe Anemone
Nesselblättrige Glockenblume
Wald-Haargerste
Einblütiges Perlgras
Wald-Zwenke

Weiserpflanzen für kalkreiche Böden sind:

Gemeiner Seidelbast	Türkenbund-Lilie
Dreilappiges Leberblümchen	

Mäßig arme bis saure Böden anzeigende Arten sind:

Schmalblättrige Hainsimse	Zweiblättrige Schattenblume
Haar-Hainsimse	Gebräuchlicher Ehrenpreis
Wald-Reitgras	Frauenhaarmoos
Gemeines Straußgras	

Auf starke Versauerung des Bodens weisen folgende Arten hin:

Heidelbeere	Pillen-Segge
Preiselbeere	Europäischer Siebenstern
Gemeines Heidekraut	Weißmoos
Draht-Schmiele	Schrebers Astmoos

Bodenfeuchtigkeit

Auf Standorte mit sauerstoff- und nährstoff- (kalk-) reichem, bewegtem Grund- oder Sickerwasser weisen hin:

Großes Springkraut	Riesen-Schwingel
Hain-Miere	Wald-Frauenfarn
Winkel-Segge	

Nicht ganz so anspruchsvoll sind u. a. die folgenden Arten:

Großes Hexenkraut	Wald-Primel
Große Brennessel	Echte Nelkenwurz
Wald-Ziest	

Stehendes kalk-, nährstoff- und sauerstoffarmes Bodenwasser zeigen z. B. folgende Arten an:

Blaues Pfeifengras (Benthalm)	Gemeine Glockenheide
Binsen	Torfmoose

Das biologische Gleichgewicht

In jeder Lebensgemeinschaft sind die verschiedenen Organismen aufeinander angewiesen. Die grünen Pflanzen – Bäume, Sträucher und Kräuter – bauen mit Hilfe von Chlorophyll und Sonnenlicht ihren Körper aus Bodensalzen, Wasser und Kohlendioxyd auf. Sie sind die **Erzeuger** der organischen Stoffe.

Von den Pflanzen ernähren sich die großen und kleinen Tiere des Waldes. Sie sind die **Verbraucher** der organischen Stoffe. Nicht alle leben unmittelbar von Pflanzen,

hängen aber doch von ihnen ab. Raubtiere zum Beispiel verzehren Pflanzenfresser oder Fleischfresser, die sich von Pflanzenfressern ernähren.

Abgestorbene Pflanzen und Tiere werden zunächst häufig von Bodentieren zerkleinert und in den Boden eingewühlt. Die Reste werden von Bakterien und Pilzen chemisch zersetzt und in ihre einfachsten Bestandteile zerlegt: Wasser, Kohlendioxyd, Ammoniak und Mineralsalze. Bakterien und Pilze sind die **Zersetzer** der organischen Stoffe. Sie schaffen wieder Nährstoffe für das Leben der Erzeuger.

Im Wechselspiel von Erzeugern, Verbrauchern und Zersetzern findet ein Kreislauf der Stoffe statt. Ein natürlicher Wald erhält sich dadurch von selbst. Der Lebensgemeinschaft gehen keine Stoffe verloren, und keine der zugehörigen Arten bekommt das Übergewicht. Wir sprechen von einem **biologischen Gleichgewicht** (biozönotisches Gleichgewicht).

Im natürlichen Wald wachsen junge und alte Bäume von Laub- und Nadelgehölzen nebeneinander. Wenn einzelne Bäume absterben oder von einer Krankheit befallen werden, wird das biologische Gleichgewicht des betreffenden Waldes nicht gestört.

Um möglichst viel Nutzen zu gewinnen, legte man, besonders im Kapitalismus, Wälder an, die nur eine Art von Nadelgehölzen (Kiefer oder Fichte) enthielten. In solchen Wäldern ist das biologische Gleichgewicht häufig gestört. Bestimmte Schädlinge (Kiefernspinner, Nonne u. a.) erhielten sehr gute Lebensbedingungen und vermehrten sich oft übermäßig. Dann richteten sie schwere Schäden an. Die Schädlinge konnten sich auch deshalb rasch ausbreiten, weil das Unterholz und die Krautschicht in solchen Wäldern meist fehlten und dadurch den insektenfressenden Singvögeln die Nistgelegenheit genommen ist. Kraut- und Strauchschicht konnten nicht gedeihen, weil der Mensch auch die Streu aus dem Wald herausholte und damit die oberen Bodenschichten zerstörte.

Heute hat man aus den Fehlern gelernt und versucht, Wälder anzulegen, in denen ein biologisches Gleichgewicht herrscht. Immer muß man darauf achten, daß alle Lebewesen des Waldes von Bedeutung sind. Vor allem müssen die Raubtiere und Greifvögel geschützt werden. Die Greifvögel zum Beispiel verhindern, daß Elstern und Eichelhäher überhandnehmen und die Singvögel schädigen. Die Singvögel aber sind unbedingt zur Insektenvertilgung notwendig. Besonders wertvoll ist auch die Rote Waldameise, die viele schädliche Insekten vertilgt.

Wenn wir unsere Wälder erhalten wollen – das zeigen diese wenigen Hinweise – dann müssen wir alles tun, um das vielfältige Leben im Wald zu fördern. Besonders müssen wir die unter Naturschutz stehenden Nützlinge schonen. Sie tragen dazu bei, das biologische Gleichgewicht im Walde zu erhalten.

Die Zusammensetzung unserer Wälder

Im gemäßigten Klima unseres Landes gedeihen ausschließlich zwei Waldformen, und zwar die sommergrünen Wälder (Laubwälder) und die immergrünen Nadelwälder (Ausnahme: Lärchenwälder). Nadelwälder stellen die wirtschaftlich wichtigste Waldform dar.

Abb. 83 Kiefernwald

Eine klare Trennung in reine Laub- und Nadelwälder ist vielerorts nicht vorhanden und im übrigen auch wirtschaftlich nicht erwünscht. Wir unterscheiden danach folgende Bestandsformen: Mischwälder, die aus verschiedenen Laubholzarten, aber auch aus Laub- und Nadelhölzern zusammengesetzt sind, und Reinkulturen (Monokulturen), in denen nur Bäume einer Art zu finden sind.

Im Bereich dieser verschiedenen Formen unserer Wälder gibt es die verschiedenartigsten Waldtypen oder Waldgesellschaften. Sie sind vor allem durch das Vorherrschen bestimmter Baumarten gekennzeichnet und werden danach benannt, zum Beispiel Fichten-Kiefern-Mischwald, Buchen-Trauben-Eichen-Mischwald, Kiefernwald. Als Beispiele betrachten wir Kiefernwälder und Laubmischwälder.

Kiefernwälder (Abb. 83). Ursprünglich kam die Kiefer sehr selten und nur auf nährstoffarmen Böden in Reinbeständen, wie sie heute durch den Anbau häufig anzutreffen sind, vor. Eichen und Birken sind ihr im natürlichen Bestand stets beigemischt, verschiedentlich auch Eberesche und Zitter-Pappel (Espe).

Die Strauchschicht ist in den Kiefernwäldern schwach entwickelt, stellenweise finden wir den Wacholder. Hingegen treten Pflanzen der Feldschicht, soweit sie auf Rohhumusböden wachsen, oft massenhaft auf, zum Beispiel Heidelbeere, Preiselbeere, Heidekraut, Adlerfarn und verschiedene Gräser (besonders Draht-Schmiele). Die ärmste Ausbildung der Kiefernwälder zeigen die Flechten-Kiefernwälder, in denen Rentierflechten oft große Teile des Bodens bedecken.

Im allgemeinen bilden Kiefernwälder auf ziemlich trockenen Standorten, wie armen trockenen Sandböden (vor allem in Norddeutschland), südlich geneigten Felshängen oder Felskuppen (in Mitteldeutschland), ausgedehnte, lichte Waldungen.

Laubmischwälder (Abb. 84). Den Laubmischwäldern sind meist nur gelegentlich Nadelhölzer beigemischt. Nach der Belaubung sind zwar manche Laubmischwälder recht lichtarm; im allgemeinen weisen sie aber eine reiche Schichtung auf und bestehen aus zahlreichen Arten. Viele Flächen, auf denen ehemals Laubmischwälder standen, sind seit langem in beste Ackerböden umgewandelt worden. So sind z. B. unsere Hauptanbaugebiete für Weizen und Zuckerrüben nur noch schwach bewaldet. Tief-

gründige, schwach saure bis stark basische Böden in der Ebene und im Hügelland tragen vorzügliche Laubmischwälder. Ihre Hauptholzarten sind Eichen, Hainbuche, Rot-Buche, Esche, Spitz-Ahorn, Berg-Ahorn und Linden, aber auch Vogelkirsche, Feld-Ahorn und Birke.

In einer gut entwickelten Strauchschicht finden wir Weißdorn, Haselnuß, Hartriegel, Schneeball, Pfaffenhütchen, Holunder, Traubenkirsche, Geißblatt und Seidelbast.

Eine Fülle von Arten enthält die Krautschicht, beispielsweise zahlreiche Frühblüher (s. S. 89), Farne, Wald-Meister, Bingelkraut, Gold-Taubnessel, Sternmiere, Hexenkraut, Großes Springkraut, Braunwurz und Wald-Ziest. Je besser der Boden, desto mehr Arten enthält die Waldgemeinschaft.

Einen ganz besonders üppigen Typ heimischer Laubmischwälder stellen die Auwälder an großen Strömen und Flüssen dar (Elbe, Saale, Mulde und Oder). Der Boden des Auwaldes wird jährlich überschwemmt, weil er meist innerhalb der Eindeichung liegt. Dadurch erfolgt dann meist eine natürliche Düngung durch Schwebstoffe des Wassers und somit eine stetige Bodenverbesserung.

Abb. 84 Natürlicher Mischwald mit Laub- und Nadelbäumen im Vorfrühling

Bedeutung der Waldform für die Waldwirtschaft

Zwischen einem Mischwald und einem Reinbestand aus Nadelholzarten, insbesondere Fichten, gibt es eine Reihe wesentlicher Unterschiede.

	Mischwald	Fichtenreinbestand
Bäume	verschiedenartig und ungleichaltrig	gleichartig und gleichaltrig
Strauch- und Krautschicht	gut bis sehr gut ausgebildet	schlecht, sehr spärlich oder gar nicht ausgebildet

Bedeutung der Waldform für die Waldwirtschaft (Fortsetzung)

	Mischwald	Fichtenreinbestand
Bodenverhältnisse	vielseitige Ausnutzung der Nährstoffe, gute Humusbildung, gute Feuchtigkeitsverhältnisse und Durchlüftung	einseitige Ausnutzung der Nährstoffe, schlechte Humusbildung, schlechtere Feuchtigkeitsverhältnisse und Durchlüftung
Tierwelt	verschiedenartig, einzelne Arten nie in großen Massen	wenige Arten, die unter Umständen in großen Massen auftreten (Waldschädlinge)
Gefährdung	geringere Sturm-, Schnee-, Feuer- und Insektenschäden zu erwarten	stärkere Gefährdung durch Sturm, Schnee, Feuer und Insekten
Bewirtschaftung	Stämme werden einzeln bzw. gruppenweise gefällt – Einsatz moderner Maschinen deshalb erschwert	Kahlschlag, unter Umständen mit Begründung eines Vorwaldes[1] – Einsatz moderner Maschinen leicht möglich
Walderneuerung	natürliche und künstliche, gruppen- oder horstweise stetige Verjüngung Ziel: gemischter ungleichaltriger Wald aus Baumarten, deren Lebensbedingungen am Standort gut erfüllt werden (Plenter- oder Femelwald)	Wiederaufforstung der Kahlflächen Ziel: gleichartiger und gleichaltriger Reinbestand (schlagweiser Hochwald)

Die Übersicht zeigt, daß der Mischwald auf lange Sicht wesentlich günstiger ist als der Reinbestand. Die Nachteile des Reinbestandes wirken sich besonders bei großflächigem Anbau aus. Wenn kleine Flächen angebaut werden (0,3 bis 3 ha), sind Nachteile wesentlich geringer.

In der Deutschen Demokratischen Republik werden unter Berücksichtigung aller neuen waldbaulichen Erkenntnisse planmäßig die großen Reinbestände, die früher angelegt wurden, durch Mischwälder oder durch Reinbestände auf kleinen Flächen ersetzt. Man berücksichtigt dabei die biologischen Zusammenhänge, die neuesten waldbaulichen Erkenntnisse und die wirtschaftlichen Belange, insbesondere den Einsatz von Maschinen.

[1] Ein „Vorwald" entsteht durch Bestockung oder Selbstanflug von „Pionierholzarten", zum Beispiel Birke, Erle, Zitter-Pappel, Vogelbeere, Kiefer, auf Kahlflächen. Pionierholzarten sind frosthart und raschwüchsig. Durch sie wird die geplante Hauptkultur geschützt.

In der Deutschen Demokratischen Republik sind 2935000 ha mit Wald bedeckt, das entspricht 27,3% der gesamten Bodenfläche. Der größte Teil unseres Waldes ist Volkswald oder Wald der landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften.

In unserer Forstwirtschaft arbeiten etwa 25000 Menschen, die als Waldarbeiter, Forstfacharbeiter (dreijährige Lehrzeit) oder Forstingenieure (Fachschulausbildung), als Diplom-Forstingenieure oder Diplom-Wirtschaftler (Hochschulausbildung) unsere Wälder begründen, pflegen und bewirtschaften.

Der Landwirtschaftsrat beim Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik arbeitet die Richtlinien für die weitere sozialistische Entwicklung der Forstwirtschaft in unserer Republik aus. Die Räte der Bezirke nehmen auf die forstwirtschaftliche Produktion in ihrem Bezirk unmittelbaren Einfluß. Die staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe in den Bezirken, die als volkseigene Betriebe den Volkswald nach den neuesten Erkenntnissen – vor allem auch nach den Erkenntnissen der biologischen Wissenschaft – bewirtschaften, geben den landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften und den anderen Waldbesitzern allseitige Unterstützung.

Aufgabe und Bedeutung der Forstwirtschaft

Aufgabe

Erkundige dich bei dem zuständigen Revierförster nach der Bewirtschaftung des Waldes deiner engeren Heimat!

Die forstliche Produktion gehört wie Landwirtschaft und Bergbau zu den Grundproduktionen. Holz, ihr wichtigstes Erzeugnis, ist ein wertvoller Rohstoff. Es gibt kaum ein Gebiet unserer Wirtschaft, das nicht Holz in irgendeiner Form benötigt. Dazu kommt noch die Gewinnung von Harzen und Gerbrinden, die für mehrere Wirtschaftszweige unentbehrlich sind. Darüber hinaus produzieren die staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe Massenbedarfsgüter (z. B. Zäune).

Über 50000 Menschen arbeiten allein in der holzverarbeitenden Wirtschaft, mehr als die Hälfte von ihnen stellen Papier her oder verarbeiten es.

Die Hauptaufgabe der Forstwirtschaft ist es, unsere Wälder so zu bewirtschaften, daß sie eine ständige, nachhaltige und höchst ergiebige Rohstoffquelle für unsere sozialistische Wirtschaft bilden. Sie muß außerdem die vielseitigen, für unser ganzes Land wichtigen Einwirkungen des Waldes auf Klima, Wasserhaushalt und Boden fördern sowie den Wald in noch stärkerem Maße als bisher zur Erholungsstätte werden lassen.

Die Forstwirtschaft hat mit der Landwirtschaft und dem Gartenbau die starke Bindung an die Natur gemein, auch sie muß biologische Gesetze berücksichtigen. Ihre besonderen Kennzeichen sind die lange Produktionsdauer (zwischen dem Pflanzen eines Baumes und seiner Nutzung liegen 80 bis 120 Jahre) und die Großräumigkeit der

Abb. 85 Die sowjetische Roderaupe in Aktion. Die Greifer werden in den Boden gerammt (oben), das Vorderteil der Maschine hebt sich, und die Greifer heben den Stubben aus der Erde (unten)

Betriebe. Die Größe eines staatlichen Forstwirtschaftsbetriebes beträgt etwa 10000 bis 20000 ha. Die Waldflächen erstrecken sich oft auf einen Bereich von 30 bis 40 km Länge und Breite. Ein staatlicher Forstwirtschaftsbetrieb ist meist in fünf Oberförstereien untergliedert, die in etwa fünf Revierförsterbezirke unterteilt sind.

Technisierung der Forstwirtschaft

Die Erneuerung und die Nutzung des Waldes erfolgen heute bei uns mit Hilfe modernster technischer Verfahren. Viele kraftraubende und langwierige Waldarbeiten werden zunehmend mechanisiert und in kollektiver Arbeit (Brigadearbeit) durchgeführt. Maschinen ersparen dabei Arbeitskraft, Zeit und Geld. Ein aus der Sowjetunion eingeführtes Rodegerät, das an einem Schlepper angebaut ist, hebt die Stöcke (Stubben) während der Fahrt aus (Abb. 85).

Zur Bodenbearbeitung werden Waldpflüge, Bodenfräsen, Grubber und Pflanzlochbohrer eingesetzt. Auch für die Sä- und Pflanzarbeiten im Kamp werden immer stärker Maschinen benutzt. Besonders aber bei der Holznutzung, also beim Fällen und beim Transport des Rohholzes, wird die schwere Arbeit der Waldarbeiter durch Geräte und Maschinen erleichtert. Dafür einige Beispiele: Motorkettensägen für Ein- oder Zweimannbedienung haben bereits vielfach die Handsägen ersetzt. Der Abtransport des Holzes wird durch Winden, Hebekräne, Raupenschlepper, Zugmaschinen, Lastwagen und Seilanlagen ohne die früher notwendige große körperliche Beanspruchung der Arbeiter in kürzerer Zeit durchgeführt. Besonderes Augenmerk wird auf das waldschonende Abfahren (Rücken) des Holzes aus dem Bestand gelegt. Schon

bei der Begründung eines Bestandes wird heute berücksichtigt, daß seine Ernte mit höchstentwickelten, mechanisierten Arbeitsverfahren erfolgen wird.

Forstnutzung

Die Gewinnung von Holz ist die **Hauptnutzung** unserer Wälder. Alles, was daneben noch aus forstlicher Produktion gewonnen wird, bezeichnen wir als **Nebennutzungen.** Kiefern, Fichten und Rot-Buchen liefern die weitaus größten Holzmengen. Diese Baumarten, vor allem Kiefern und Fichten, werden wegen ihrer guten Verwertbarkeit auch in Zukunft den Hauptteil der Bestände bilden. In letzter Zeit gewinnen schnellwüchsige Pappeln immer größere Bedeutung. Auch raschwüchsige ausländische Baumarten, wie Japanische Lärche, Douglasie und Rot-Eiche, werden heute in größerem Umfang angebaut.

Forstliche Nutzungen

Holznutzung		Nebennutzungen	
bei Erhaltung des Holzgefüges	nach Zerstörung des Holzgefüges	Rohprodukt	Endprodukt
Bauholz (Hoch- und Tiefbau), Grubenholz (Bergbau), Schwellenholz (Eisenbahn), Leitungsmaste (Post- und Fernmeldewesen), Möbelholz (Tischlerei und Möbelindustrie), Furnierholz (Möbelindustrie), Holz zur Verwendung in Fahrzeug- und Maschinenbau, Schiffsbau, Spielwaren- und Instrumentenindustrie u.a.	Holzkohle, Holzteer, Holzspiritus, Terpentine, Essigsäure, Holzgas Holzschliff (vor allem von Fichte und Pappel) zur Herstellung von Papier, Pappe, Zellstoff, Zellwolle, Kunstseide, Holzzucker	Kiefern- oder Fichtenharz	Terpentinöl und Kolophonium für Papier-, Farben- und chemische Industrie
		Baumrinde (vor allem von Trauben-Eiche und Fichte)	Gerbstoffe zur Ledergewinnung
		Pilze, Wildfrüchte, Heilkräuter Nutzwild	Nahrungs- und Arzneimittel

Die Nutzung des Waldes als Weide für das Vieh, insbesondere für Ziegen, ist grundsätzlich abzulehnen. Verbißschäden am Jungwuchs und Bodenzerstörungen (Trittschäden) sind unausbleibliche, schwerwiegende Folgen. Ebenso muß in fast allen Wäldern die Streugewinnung unterbleiben. Sie führt zur Verarmung des Waldbodens

und schädigt damit das gesamte Waldgefüge (s. S. 91). Nur in Wäldern mit dicker Rohhumusschicht kann Streu für die Gärtnereien (z. B. Heideerde für Azaleen) gewonnen werden.

Die Begründung eines Bestandes

Ein Waldbestand kann nach entsprechender Nutzung durch künstliche oder durch natürliche Verjüngung wieder aufgebaut werden. Beide Verfahren werden unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse der jeweiligen Fläche sorgfältig geplant. Die langen Fristen, in denen die forstliche Produktion abläuft, zwingen zu gründlichen Überlegungen. Ein Fehler kann sich viele Jahrzehnte lang auswirken. Mit ihrer Arbeit wirken die Förster und Waldarbeiter weit in die Zukunft. Der Wald, den sie heute begründen, wird erst im 21. Jahrhundert von Menschen genutzt. Wichtige Voraussetzungen für eine richtige Bestandsbegründung liefert die forstliche **Standorterkundung**, die in der Deutschen Demokratischen Republik in allen Waldgebieten durchgeführt wird. Zur Standorterkundung gehören genaue Feststellungen über die Boden- und Klimaverhältnisse, also über die Faktoren, die Wachstum und Entwicklung der Pflanzen wesentlich beeinflussen. In diesem Zusammenhang kommt auch der Beobachtung der Pflanzen am Standort große Bedeutung zu (s. S. 84 und 111). Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen bilden die Grundlage für die Wahl der Holzarten und für etwa notwendige Bodenverbesserungen, z. B. Entwässerung, vollständiger Bodenumbruch oder besondere Düngungsmaßnahmen. Eine nach diesen Grundsätzen geplante Aufforstung oder Waldpflege wird als **standortgerechte Forstwirtschaft** bezeichnet.

Künstliche Bestandsbegründung. Die künstliche Erneuerung eines Bestandes ist die häufigste Art der Verjüngung (vor allem auf Kahlschlagflächen und zur Vervollständigung von Naturverjüngungen). Vor dem Säen oder Pflanzen wird der Boden bearbeitet. Auf stark verunkrauteten Schlagflächen und Lichtungen sind diese Arbeiten oft recht zeitraubend. Für die Wahl der Holzarten, die angebaut werden sollen, sind neben wirtschaftlichen Erwägungen vor allem die Ergebnisse der Standorterkundung maßgebend.

Abb. 86 Saat- und Pflanzkamp

Die Pflanzen werden entweder gesät oder als Jungpflanzen auf die

Fläche gebracht. Zum Pflanzen verwendet man je nach Baumart 1- bis 5jährige Bäumchen. Sie sind vorher ein- oder mehrmals verpflanzt (verschult) worden. Das mehrmalige Verpflanzen regt die Wurzelbildung an und fördert die Anpassungsfähigkeit der jungen Bäume an die Bedingungen des eigentlichen Standorts. Sowohl zur Aussaat im Wald als auch zur Pflanzenanzucht im Saat- und Pflanzkamp (Abb. 86) darf nur gesundes Saatgut verwendet werden. Es wird von Waldbeständen mit hoher Qualität gewonnen, die besonders anerkannt sind. Die Zapfen, Früchte oder Samen der Waldbäume werden entweder gepflückt (z. B. Nadelbäume, Birken), abgestreift (z. B. Ahorn-Arten, Hainbuche) oder vom Boden aufgesammelt (z. B. Rot-Buche, Eichen). Das Pflücken gehört zu den schwierigsten Arbeiten in der Forstwirtschaft. Es darf nur von besonders ausgebildeten Waldarbeitern ausgeführt werden (Unfallverhütung!).

Aufgaben

Stelle fest, welche Pflanz- und Aussaatmethoden im Wald deiner engeren Heimat angewendet werden! Welche Vorteile beziehungsweise Nachteile weist die Pflanzung gegenüber der Aussaat auf?

Wege des Saatgutes bis zur Pflanzung oder Aussaat

Pflanzung		Aussaat
Saatgutgewinnung von anerkannten Mutterbäumen Sorgfältige Saatgutaufbewahrung bis zur Aussaat		
Aussaat und Anzucht der Pflänzchen im Saatkamp		Aussaat im Frühjahr, Herbst oder Winter (z. B. Birkensamen) im Bestand (nach verschiedenen Methoden)
↓	↓	
	Verpflanzung in Pflanzkämpe	
	↓	
Auspflanzen unverschulter Jungpflanzen (1- bis 2jährig)	Auspflanzen verschulter Jungpflanzen (2- bis 5jährig)	

Natürliche Bestandsbegründung. Auch die natürliche Bestandsbegründung wird vom Menschen gelenkt. Der Förster entnimmt die schlechtesten Bäume und läßt die besten Samenbäume an geeigneten Stellen stehen; er beeinflußt also die natürliche Verjüngung. Bekannte Verfahren der natürlichen Bestandsbegründung sind der Überhalt und die Schirmschlagverjüngung. Der **Überhalt** dient vor allem der Wertholzerziehung. Bei der Verjüngung durch Überhälter läßt man einzelne, gut geformte Bäume bei Kahlschlägen stehen. Die **Schirmschlagverjüngung** wird besonders in Buchen-, Eichen- und Kiefernwäldern angewandt. Auf der freigeschlagenen Fläche bleiben eine Anzahl guter Samenbäume stehen, von deren Samen die Walderneuerung ausgeht (Abb. 87). Zugleich bilden die Samenbäume einen guten Schutz (Schirm)

Abb. 87 Schirmschlagverjüngung. Links: einzelne alte Samenbäume (100 bis 200 Jahre) mit Jungwuchs (10 bis 20 Jahre); Mitte: junger Bestand (20 bis 50 Jahre), die Samenbäume sind gefällt; rechts: alter Bestand (80 bis 100 Jahre), beim Fällen bleiben einige Bäume als Samenbäume stehen

und bewahren die Jungpflanzen vor schädigenden Witterungseinflüssen. Manchmal finden wir bei Laubbäumen (z. B. Erlen, Eichen) eine natürliche Verjüngung durch **Stockausschlag.** Die auf diese Weise entstehenden Wälder werden nach 20 bis 30 Jahren geschlagen, sie sind **Niederwälder.** Niederwälder ergeben fast nur Brennholz. Sie waren früher weit verbreitet. Unsere Forsten sind heute fast ausschließlich **Hochwälder,** die durch Saat beziehungsweise Pflanzung entstehen und nach 80 bis 120 Jahren genutzt werden.

In fast allen Waldgebieten werden künstliche und natürliche Walderneuerung nebeneinander angewendet, wenn auch mit sehr unterschiedlichem Anteil. Eine Verbindung beider Formen besteht beispielsweise darin, daß die auf Kahlflächen vorhandenen brauchbaren Wildlingspflanzen erhalten bleiben und in die Wiederaufforstung einbezogen werden (siehe Vorwaldbegründung, S. 96).

Aufgabe

Suche in einem größeren Bestand einen alten Baum einer sonst nur wenig vertretenen Art! Beobachte die Verbreitung von Jungbäumen der gleichen Art!

Waldpflege

Der Wald muß in allen Entwicklungsabschnitten gepflegt werden. Saat- und Pflanzkämpe sowie die jungen Kulturen, die Schonungen, werden zum Beispiel gegen Wildverbiß geschützt. Starker Gras- und Krautwuchs sowie wuchernde Kleinsträucher (z. B. Heidekraut) werden entfernt, denn sie trocknen den Boden aus, hemmen die Wurzelentwicklung der Bäume, erhöhen die Feuersgefahr und begünstigen die Vermehrung der Mäuse. Das Hacken der forstlichen Kulturen fördert das Wachstum der Pflanzen. All diese Arbeiten werden als **Kulturpflege** bezeichnet.

Die jungen Pflanzen in der Schonung wachsen in die Höhe, ihre Kronen werden durch das Wachstum der Äste breiter; die Pflanzen bilden einen dichten Verband. Die Schonung wird zur **Dickung.** Die zunehmende Beschattung in der Dickung beeinträchtigt die lichtliebenden Unkräuter. Sie gehen zurück und machen anderen Arten Platz. Aus der Dickung werden mehrmals alle kranken, schwächlichen und schlecht

gewachsenen Bäume beseitigt. Bei der anschließenden Jungholzpflege entfernt man an wertvollen Stämmen einen Teil der Äste (Aufastung), um astfreies Holz zu erzielen. Auch aus dem **Stangenholz** werden mehrfach zu dicht stehende oder schlecht geformte Bäume entfernt. Diese Durchforstungsarbeiten dienen in jeder Hinsicht der Entwicklung der besten Stämme des Bestandes.

Schließlich wird der Bestand zum **Baumholz** (Altholz). Das Wachstum der Bäume ist damit nicht abgeschlossen. Die weitere Förderung des Zuwachses an hochwertigen Stämmen ist dann das Hauptziel der Waldpflege.

Beim Schlagen der Stämme wird gleichzeitig für eine zweckmäßige Verjüngung des Waldes gesorgt.

Die Bedeutung des Waldes für die Landschaft

Bis ins 7. Jahrhundert bedeckten riesige, nahezu völlig unberührte Urwälder zu 70 bis 95% das Gebiet unserer Heimat. Erst im Laufe der letzten Jahrhunderte haben die Menschen durch die Landwirtschaft und durch die Anlage von Siedlungen und Verkehrswegen die Naturlandschaft allmählich in eine Kulturlandschaft verwandelt. Die rasche Entwicklung der Industrie beschleunigte diesen Vorgang. Mit geringem Aufwand an menschlicher Arbeitskraft konnten die Naturschätze und die Naturkräfte immer stärker und immer schneller für die menschlichen Bedürfnisse nutzbar gemacht werden. Das Anwachsen der Bevölkerung erforderte eine Ausweitung der landwirtschaftlich genutzten Flächen und in diesem Zusammenhang eine Verringerung der Waldflächen.

Durch unbedachte Eingriffe, die um des Profits willen und ohne Rücksicht auf die natürlichen Bedingungen geschahen, wurde, vor allem während der Entwicklung des Kapitalismus, vielfach die natürliche Landschaft so stark gestört oder beeinträchtigt, daß sie teilweise verödete. Dabei wurde auch dem Menschen der Wald als Stätte der Erholung genommen (Abb. 88).

Abb. 88 Versandeter Ackerboden im Mittelwesten der USA

Beeinflussung der Landschaft durch den Wald

Wasserhaushalt

Sammlung und Speicherung des Niederschlagswassers, dadurch langsameres Absinken zum Grundwasser, nachhaltige und gleichmäßige Versorgung der Quellen in Waldgebieten (Wassereinzugsgebieten) während des ganzen Jahres, Verbesserung der Wasserqualität, weil das Wasser durch reinigenden Bodenfilter dringt, Verminderung des schädlichen raschen Abflusses, damit Schutz vor Bodenabtragungen, Bodenverschlämmungen und Hochwassergefahren. Erhöhung der wachstumfördernden Luftfeuchtigkeit.

Verzögerung der Schneeschmelze (Verminderung der Hochwassergefahr!).

Natürliche Entwässerung nasser, sumpfiger Stellen durch starke Verdunstung der Baumkronen.

Windverhältnisse

Abbremsen austrocknender Winde, dadurch Verhinderung von Bodenabtragungen und Verwehungen der wertvollen Ackerkrume. (In waldarmen Gebieten haben deshalb Feldgehölze, Restwälder, Waldstreifen und Hecken größte Bedeutung.)

Alle diese günstigen Auswirkungen zeigen sich besonders in gut geschichteten Mischwäldern und deren Umgebung. Wegen ihrer entscheidenden Bedeutung für die Landschaft wird die Waldfläche in unserer Republik nicht vermindert. Vielmehr wird auf Bergen, Höhenzügen und Flächen, die für die landwirtschaftliche Nutzung ungeeignet sind, zur Verbesserung des Wasserhaushaltes und des Bodens Wald angelegt. Besonders aber auf den Ödflächen, die vor allem durch den Bergbau entstehen (Tagebaulöcher, Halden und Kippen), sorgen waldbauliche Maßnahmen für allmähliche Begründung und Wiederherstellung eines günstigen Landschaftsgefüges.

Der Naturschutz

Der Schutz unserer heimatlichen Natur hat große Bedeutung für das gesamte Leben unseres Volkes. Wenn die Wechselbeziehungen zwischen den Organismen und die Entwicklungsbedingungen der Landschaft bei Eingriffen in die Natur nicht beachtet werden, können schwere Schäden auftreten.

Unser Arbeiter-und-Bauern-Staat widmet dem Schutz der heimatlichen Natur größte Aufmerksamkeit. Sie findet ihren deutlichen Ausdruck in einer Reihe von gesetzlichen Bestimmungen, unter denen unser vorbildliches Naturschutzgesetz mit seinen Ergänzungsbestimmungen an erster Stelle steht. Wir wollen deshalb einige wichtige Abschnitte daraus im Wortlaut kennenlernen.

Gesetz zur Erhaltung und Pflege der heimatlichen Natur
Naturschutzgesetz vom 4. August 1954

Die fortschreitende wirtschaftliche Entwicklung führt zur weitgehenden Inanspruchnahme der Naturkräfte und Bodenschätze und bedingt Eingriffe in den Haushalt der

Natur. Zur Lösung der wirtschaftlichen, kulturellen und wissenschaftlichen Aufgaben ist es erforderlich, die Natur vor unberechtigten und nicht notwendigen Eingriffen zu schützen, die Schönheit der Pflanzen- und Tierwelt zu erhalten und zu pflegen und der Wissenschaft die Möglichkeit der Forschung zu geben. Indem die Wissenschaft die mannigfaltigen Zusammenhänge des Pflanzen- und Tierlebens, der Bodenbildung und des gesamten Landschaftshaushaltes erforscht, schafft sie entscheidende Grundlagen für die Gestaltung der Natur sowie für die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit.

Der Schutz der Natur ist eine nationale Aufgabe. Wir sichern damit zugleich unseren werktätigen Menschen, unserer wandernden Jugend und allen Naturfreunden Freude und Erholung in unserer schönen deutschen Heimat. Von der Sorge um das Wohlergehen unseres werktätigen Menschen erfüllt und um einen besseren und wirksameren Naturschutz als bisher zu gewährleisten, wird das nachstehende Gesetz beschlossen.

§ 1

Naturschutzgebiete

(1) Zu Naturschutzgebieten können Landschaften oder Landschaftsteile erklärt werden, die sich durch bemerkenswerte, wissenschaftlich wertvolle oder vom Aussterben bedrohte Pflanzen- oder Tiergemeinschaften auszeichnen oder deren Geländeformen von hoher Bedeutung für die erdgeschichtliche Betrachtung unseres Landes sind.

(2) Die Erklärung derartiger Landschaften oder Landschaftsteile zu Naturschutzgebieten soll erfolgen, wenn sie geeignet sind, der naturwissenschaftlichen Forschung, insbesondere zur Beobachtung der Pflanzen- und Tiergemeinschaften in ihrer natürlichen Umwelt zu dienen oder das Studium der natürlichen Entwicklung der Böden und Landschaftsformen zu fördern.

(3) In Naturschutzgebieten ist es verboten,

a) den Zustand des Gebietes zu verändern oder zu beeinträchtigen,
b) Pflanzen zu beschädigen, zu entnehmen oder Teile von ihnen abzutrennen,
c) Tiere zu beunruhigen, zu fangen oder zu töten,
d) die Wege zu verlassen, zu lärmen, Feuer anzumachen, zu zelten oder das Gebiet zu verunreinigen. . .

§ 2

Landschaftsschutzgebiete

(1) Zu Landschaftsschutzgebieten können Landschaften oder Landschaftsteile erklärt werden, die besondere nationale Bedeutung haben oder die besondere Eigenarten oder Schönheiten aufweisen und deshalb geeignet sind, der werktätigen Bevölkerung als Erholungsgebiete und Wanderziele zu dienen.

(2) In den Landschaftsschutzgebieten ist es unzulässig, den Charakter der Landschaft zu verändern. Hoch- und Tiefbauten jeder Art dürfen nur im Einvernehmen mit der Bezirks-Naturschutzverwaltung errichtet werden.

§ 3

Naturdenkmäler

(1) Einzelne Gebilde der Natur, deren Erhaltung wegen ihrer nationalen, heimatkundlichen oder wissenschaftlichen Bedeutung in gesellschaftlichem Interesse liegt, können zu Naturdenkmälern erklärt werden.

§ 4

Geschützte Tiere

(1) Unter den Schutz dieses Gesetzes können nichtjagdbare wildlebende Tiere gestellt werden, die vom Aussterben bedroht sind oder deren Schutzbedürftigkeit sich sonst aus ihrem Wert für Forschung und Lehre, ihrem Nutzen für die Volkswirtschaft oder ihrer Gefährdung durch unberechtigte Verfolgung ergibt.

(2) Es ist verboten,

a) unter Schutz gestellte Tiere zu beunruhigen, ihnen nachzustellen, sie zu fangen, zu quälen, zu verletzen, zu töten oder in Gewahrsam zu nehmen,
b) Eier, Puppen und Larven sowie Brut- oder Wohnstätten dieser Tiere zu beschädigen, zu zerstören oder wegzunehmen,
c) die geschützten Tiere, Teile von ihnen oder die unter Buchstabe b) genannten Gegenstände zu verarbeiten oder in den Handel zu bringen. . .

§ 5

Geschützte Pflanzen

(1) Unter den Schutz dieses Gesetzes können wildwachsende Pflanzen gestellt werden, die in ihrem Bestande bedroht sind oder deren Schutzbedürftigkeit sich sonst aus ihrem Wert für Forschung und Lehre, ihrem Nutzen für die Volkswirtschaft oder ihrer Gefährdung durch unberechtigte Aneignung ergibt.

(2) Es ist verboten, wildwachsende geschützte Pflanzen zu beschädigen, auszureißen oder auszugraben oder Teile davon abzupflücken oder sonst abzutrennen, soweit nicht die Zentrale Naturschutzverwaltung aus wirtschaftlichen Gründen oder für Zwecke der Wissenschaft, des Unterrichts oder der Volksbildung Ausnahmen gestattet. . .

§ 8

Duldungspflicht

(1) Schutzmaßnahmen, die zur Erhaltung und Pflege von Schutzgebieten, Naturdenkmälern, Tieren und Pflanzen notwendig sind, haben die Eigentümer oder Rechtsträger sowie Dritte, denen Rechte an den betroffenen Objekten zustehen, zu dulden. Die Maßnahmen können mit polizeilichem Zwang durchgesetzt werden . . .

§ 9

Allgemeiner Schutz für nichtjagdbare wildlebende Tiere

(1) Es ist untersagt, die nicht unter dem Schutz des § 4 stehenden nichtjagdbaren wildlebenden Tiere zu quälen.

(2) Nichtheimische nichtjagdbare Tiere dürfen ohne Erlaubnis der Zentralen Naturschutzverwaltung in der freien Natur nicht ausgesetzt werden. Außerdem ist es unzulässig, ohne Erlaubnis der Zentralen Naturschutzverwaltung Voraussetzungen für eine Ansiedlung solcher Tiere zu schaffen . . .

§ 11

Naturschutzverwaltung

(1) Die Naturschutzverwaltung wird ausgeübt,

a) von den Räten der Kreise als Kreis-Naturschutzverwaltung,

b) von den Räten der Bezirke als Bezirks-Naturschutzverwaltung,
c) von dem Ministerium für Landwirtschaft, Erfassung und Forstwirtschaft als Zentrale Naturschutzverwaltung.

(2) Die Naturschutzverwaltung hat die Aufgabe, den Naturschutz zu fördern, ihn wirksam zu organisieren, für den Naturschutz als nationale Aufgabe aufklärend und werbend zu wirken, Verbindung zu anderen Dienststellen und Massenorganisationen zu unterhalten und dabei auf eine Abstimmung der verschiedenen Interessen hinzuwirken. Ferner ist von ihr dafür zu sorgen, daß die Naturschutzanordnung befolgt und Zuwiderhandelnde zur Verantwortung gezogen werden.

§ 12

Naturschutzbeauftragte

(1) Zur Unterstützung der Naturschutzverwaltung sind in Kreisen und Bezirken auf Vorschlag des Instituts für Landesforschung und Naturschutz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin ehrenamtliche Naturschutzbeauftragte zu bestellen, und zwar für die Kreise von den Vorsitzenden der Räte der Kreise und für die Bezirke von den Vorsitzenden der Räte der Bezirke.

(2) Die Naturschutzbeauftragten haben die Aufgabe, den Naturschutz zu fördern, für den Gedanken des Naturschutzes aufklärend, werbend und beratend zu wirken und dafür zu sorgen, daß die Naturschutzanordnungen befolgt werden. . .

Es ist wichtig, daß wir die unter Schutz gestellten Tiere und Pflanzen kennen. Nur dann können wir sie schützen. Zu den Tieren, die unter Schutz gestellt wurden, gehören folgende Arten:

Säugetiere. Biber, Wildkatze, Seehund, Ringelrobbe, Mauswiesel, Igel, Maulwurf, Spitzmäuse, Fledermäuse, Haselmaus, Ziesel, Gemse.

Vögel. Adler, Schwarzstorch, Höckerschwan, Uhu, Großtrappe, Kranich, Kolkrabe sowie alle anderen nichtjagdbaren wildlebenden Vögel. Nicht geschützt sind nur: Saatkrähe (in Brutkolonien ist auch die Saatkrähe geschützt), Nebelkrähe, Rabenkrähe, Eichelhäher, Elster, Feldsperling, Haussperling.

Kriechtiere. Alle heimischen Arten der Kriechtiere sind geschützt.

Lurche. Laubfrosch, Kröten, Unken, Feuersalamander, Molche.

Insekten. Rote Waldameise, Hirschkäfer, Segelfalter, Apollofalter, alle einheimischen Tagfalter (mit Ausnahme der weißflügeligen Weißlingsarten: Baumweißling, Kohlweißling, Rübenweißling, Rapsweißling), alle einheimischen Schwärmer, Ordensbänder und Bärenspinner, alle Rosen- und Goldkäfer, Puppenräuber.

Weichtiere. Weinbergschnecke (in der Zeit vom 1. März bis 31. Juli), Flußperlmuschel.

Alle jagdbaren Tiere fallen unter das Jagdgesetz, das ihnen bestimmte Schutzmaßnahmen zusichert.

Folgende **Pflanzenarten** sind unter Schutz gestellt:

Frühlingspflanzen. Federgras, Kuhschelle, Großes Windröschen, Adonisröschen,

Seidelbast, Märzbecher, Schlüsselblume, Leberblümchen, Maiglöckchen, Salomonssiegel.

Sommerblüher im Laubwald. Türkenbund, Diptam, Gelber Fingerhut, Geißbart, Eisenhut.

Pflanzen der Triften und Bergwiesen. Trollblume, Akelei, Wiesen-Schwertlilie, Große Eberwurz, Berg-Wohlverleih (Arnika), Enzian.

Strandpflanzen. Meerkohl, Stranddistel, Sanddorn.

Immergrüne Pflanzen in Wald und Moor. Bärlappe, Sumpf-Porst, Birngrün, Wintergrün, Eibe, Wacholder (das Sammeln der Wacholderbeeren ist erlaubt), Stech-Hülsen (Stechpalme).

Farne. Straußfarn, Königs-Rispenfarn (Königsfarn), Hirschzunge.

Insektenfressende Pflanzen. Sonnentau, Fettkraut.

Alle Orchideen und alle blüten- und knospentragenden Zweige der wildwachsenden Weiden.

Exkursionen in den heimatlichen Wald

Wenn wir ein Waldstück unserer engeren Heimat biologisch untersuchen, dringen wir tiefer in entscheidende Zusammenhänge der Landschaft ein und lernen Boden, Pflanzen und Tiere in ihren vielseitigen Wechselbeziehungen untereinander an Ort und Stelle kennen.

Vorbereitung

Wir zeichnen auf einer Karte (eventuell Kartenskizze) die Waldverteilung unserer engeren Heimat ein! Wir stellen fest, an welche Bodenarten und welche Oberflächengestaltung der Landschaft der Wald gebunden ist! Verschiedene Waldformen werden zweckmäßig durch verschiedene Farben oder Schraffierung unterschieden. Eine geologische Karte zeigt uns Zusammenhänge zwischen Grundgestein und Geländeform.

Wald steht meist auf den ertragärmsten Böden oder dort, wo eine andere Nutzung (Landwirtschaft) ausgeschlossen ist, zum Beispiel auf felsigen oder steilen Hängen. Wir versuchen zu erfahren, warum die von uns untersuchte Fläche mit Wald bestockt ist!

Zur näheren Untersuchung wird ein etwa 400 bis 500 m² großes Waldstück von beliebiger Form ausgewählt. Es soll ein Ausschnitt aus einem Wald sein, wie er in unserer Heimatlandschaft häufig ist.

Arbeiten an Ort und Stelle

a) Bodenuntersuchung. Wir untersuchen den Boden nach den verschiedenen Verfahren (s. S. 118ff.) und fertigen eine einfache Skizze vom Profil des Bodens an.

Jede Baumart stellt bestimmte Ansprüche an den Boden. Vom Boden und vom Klima hängen in erster Linie der Bestand an Bäumen und die Zusammensetzung des gesamten Waldes ab.

b) Mikroskopische Untersuchungen. Wir entnehmen eine Bodenprobe, schlämmen sie auf, lassen absetzen und untersuchen Proben der obersten abgelagerten Schicht unter dem Mikroskop auf Kleinlebewesen. Wir versuchen festzustellen, zu welcher Gruppe Lebewesen sie gehören. Außerdem ermitteln wir ihre Häufigkeit.

c) Tierbeobachtungen. Auf Beobachtungsgängen stellen wir die Anwesenheit und das Verhalten verschiedener Tiere im Untersuchungsgebiet fest. Alle Beobachtungen werden notiert (Datum, Tageszeit, Verhalten, sonstige bemerkenswerte Umstände).

d) Untersuchung der Pflanzengemeinschaft. Gute Artenkenntnis ist die Voraussetzung dafür, daß wir den Pflanzenbestand auf der Probefläche in seiner Zusammensetzung erfassen können. Wir benutzen für unsere Arbeit Bestimmungsbücher oder Bestimmungstabellen (s. S. 113).

Die einzelnen Pflanzenarten entwickeln sich im Laufe eines Jahres zu verschiedenen Zeiten. Manche blühen schon im Frühjahr, manche im Sommer und einige im Herbst. Dadurch wechselt die Pflanzengemeinschaft ihr Aussehen. In Laubwäldern und in Laubmischwäldern können Hauptblütezeiten sowohl im Frühjahr (z. B. Anemone, Lerchensporn, Leberblümchen) als auch im Sommer liegen (z. B. viele Gräser, Springkraut, Taubnessel, Wald-Ziest). Günstige Zeiten für Bestandsaufnahmen in solchen Wäldern sind also die Monate April und Mai sowie Juli und August. Die besten Möglichkeiten zur Untersuchung von Nadelwäldern bieten die Monate Juni, Juli und August, denn bis zum Mai blühen in ihnen nur einige wenige Bodenpflanzen.

In Nadelwäldern sind die Schichten sehr klar zu unterscheiden; es gibt kaum Schwierigkeiten bei der Abgrenzung. Alle Holzgewächse mit weniger als 50 cm Höhe rechnen wir noch zur Feldschicht. Die Strauchschicht reicht bis etwa 5 m Höhe. Alle Arten der einzelnen Schichten unseres Waldstückes nehmen wir nacheinander auf und stellen sie in einer Tabelle zusammen (s. S. 110 u. 111).

Je vollständiger die Pflanzengemeinschaft erfaßt wird, desto wertvoller ist eine solche Aufnahme. Wir nehmen in unsere Zusammenfassung auch Angaben über Bewirtschaftung der Fläche beziehungsweise über künftige Wirtschaftsmaßnahmen auf, die wir beim zuständigen Revierförster erfahren können.

Da die Pflanzengemeinschaften sehr zuverlässig die gegebenen Standortverhältnisse ausdrücken, geben solche Pflanzenaufnahmen wichtige Hinweise für die Waldpflege und für die Walderneuerung.

Verhalten bei Beobachtungen im Walde

Bei allen Arbeiten halte unbedingt die Natur- und Landschaftsschutzbestimmungen ein! Hände weg von seltenen Tier- und Pflanzenarten! Wir wollen beobachten und erkennen, nicht zerstören und verjagen!

Vermeide Lärm und hastige Bewegungen, um die Tiere nicht zu erschrecken! Entnimmst du Pflanzen- oder Bodenproben, so richte die Stelle wieder so her, daß sie nicht von der Umgebung absticht!

Beispiele für Übersichtstabellen

	Kiefern-Fichten-Mischwald Juni 1958	Buchen-Trauben-Eichen-Mischwald Mai 1958
Untergrund	stark saurer Boden mit Humusauflage	steiniger, wenig tiefgründiger Boden
Höhe über dem Meeresspiegel	300 m	320 m
Hanglage	—	NNO
Neigung der Fläche	eben	45 bis 50°
Fläche in m²	850	200
Höhe der Baumschicht	25 m	22 bis 25 m

Pflanzenarten (nach Häufigkeit geordnet)

Baumschicht	Gemeine Kiefer Gemeine Fichte	Rot-Buche Trauben-Eiche
Strauchschicht	Eberesche Hänge-Birke Gemeine Fichte Faulbaum Gemeine Kiefer	Rot-Buche Trauben-Eiche Trauben-Holunder Eberesche Brombeere
Krautschicht	Draht-Schmiele Europäischer Siebenstern Wolliges Reitgras Dorniger Wurmfarn Blaues Pfeifengras Eberesche Heidelbeere (Blaubeere) Gemeine Fichte Harz-Labkraut Stauden-Feuerkraut (Schmalblättriges Weidenröschen) Schattenblume Gemeines Rispengras Gemeines Ruchgras	Wald-Flattergras Gemeiner Wurmfarn Wald-Bingelkraut Gold-Taubnessel Wald-Reitgras Dorniger Wurmfarn Große Sternmiere Nickendes Perlgras Rot-Buche Eberesche Wald-Sauerklee Schmalblättrige Hainsimse Wald-Frauenfarn Hain-Rispengras Trauben-Eiche

Pflanzenarten (Fortsetzung)

Krautschicht	Wolliges Honiggras Hänge-Birke Graugrüne Segge	Berg-Weidenröschen Rauhes Johanniskraut Nabelmiere Knotige Braunwurz
Moosschicht	Gemeines Widertonmoos Weißmoos Spitzblättriges Torfmoos Gekrümmtes Torfmoos	Schönes Widertonmoos Wellenblättriges Katharinenmoos Schwanhalsiges Sternmoos

Standort, Verbreitung und Besonderheiten der häufigsten Laubbäume

Rot-Buche (Buchengewächse). Bevorzugt Kalkböden und feuchtes Klima. Meidet Flußauen. Häufig bestandbildend. Ebene bis Mittelgebirge. Bis über 40 m. Schattenholz. 200 bis 300 Jahre alt. Wertvolles Nutzholz. Erblich veränderte Form: Blutbuche.

Hain- oder Weißbuche (Haselgewächse). In Laubmischwälder eingestreut. Vor allem Lehm- und Sandlehmgebiete. Ebene und Hügelland. Bis 25 m. Frosthart und schattenfest. Als Hecke geeignet. Große Ausschlagfähigkeit. Werkhartholz.

Stiel-Eiche (Buchengewächse). In Waldungen auf nährstoffreichen Lehmböden und sandigen Lehmböden. Vor allem Flußauen in der Ebene. Bis 40 m. Lichtholzart. Tiefwurzler. 500 bis 800 Jahre alt.

Trauben-Eiche (Buchengewächse). Auf nährstoffreicheren Gesteinsböden. Vor allem im tieferen und mittleren Bergland. Bis 35 m. Lichtholzart. Tiefwurzler. Wertvolles Nutzholz (Furnierholz). Rinde zu Gerbzwecken.

Winter-Linde (Lindengewächse). In Laubmischwäldern, besonders auf sandhaltigen Lehmböden. Alleebaum. Bis 30 m. Schattenholz. Tiefwurzler. Gutes Ausschlagvermögen. Duftende Blüten.

Sommer-Linde (Lindengewächse). Zerstreut in krautreichen Laubmischwäldern, Schluchtwäldern. Bis 35 m. Wie Winter-Linde.

Gemeine Esche (Ölbaumgewächse). Auwälder, feuchte Laubmischwälder, an Teichen und Flüssen. Auch trockene Laubmischwälder auf Kalk. Meidet Staunässe. Alleebaum, Parkbaum. Bis 35 m. Lichtholz. Tiefwurzler. Etwas frostgefährdet. Wertvolles Nutzholz (Hartholz).

Feld-Ulme (Ulmengewächse). In lichten Wäldern und auf sonnigen Hügeln. Tiefgründiger, lockerer Boden bevorzugt. Ebene und Flußtäler. Bis 40 m. Durch Ulmensterben (Pilzkrankheit) bedroht. Lichtholzart. Nutzholz.

Berg-Ulme (Ulmengewächse). Schluchtwälder und Auen, in lehmreichen Berglagen. Bis 30 m. Weniger wärmebedürftig. Beide Arten als Alleebäume.

Hänge-Birke (Birkengewächse). Lichte Laub- und Nadelwälder, Blößen, Lichtungen, Kahlschläge. Vor allem Nord- und Osteuropa, von der Ebene bis ins Gebirge. Pionierholzart. Bis 30 m. Vielfältige Verwendung als Nutzholz und Zierbaum.

Berg-Ahorn (Ahorngewächse). Im Hügelland zerstreut, Bergland bis über 1000 m. Krautreiche Schlucht- und Bergwälder. Wertvolle Mischholzart. Häufig angepflanzt. Bis 30 m. Bis 500 Jahre alt. Halbschatten- bis Schattenholz. Tiefwurzler.

Spitz-Ahorn (Ahorngewächse). Häufig Alleebaum und verwildert. Zerstreut in Ebene und Hügelland, besonders auf kalkhaltigen Lehm- und Steinschuttböden. Bis 25 m. Bis 150 Jahre alt. Halbschattenholz. Gute Bienenweide.

Feld-Ahorn (Ahorngewächse). Laubmischwälder und trockene Wälder, besonders in Lehm- und Kalkgebieten. Ebene bis Hügelland. 3 bis 20 m. Langsamwüchsig. Vorzügliches Holz für Drechslerarbeiten (Maßholder).

Schwarz-Pappel (Weidengewächse). Stromtalpflanze, Auwälder und Flußniederungen. Künstlich verbreitet. Mäßig wärmeliebend. Bis 30 m. Alle Pappelarten sind sehr schnellwüchsig, dienen heute besonders der Zellstoffgewinnung. Die heimische Schwarz-Pappel ist sehr selten. Angebaute Pappeln sind Kreuzungen der Schwarz-Pappel mit amerikanischen Pappeln (Pappelbastarde).

Robinie oder **Falsche Akazie** (Schmetterlingsblütengewächse). Park- und Alleebaum, forstlich angebaut. Ebene bis 700 m. Anspruchslos, wärmeliebend, stickstoffanreichernd (durch Wurzelknöllchen). 15 bis 25 m. 1601 aus Nordamerika in Europa eingeführt. Lichtholzart. Raschwüchsig.

Rot-Eiche (Buchengewächse). Als Straßenbaum und in Wäldern angepflanzt. Anspruchslos hinsichtlich Wärme und Boden. Kalkmeidend. Bis 30 m. 1740 aus Nordamerika eingeführt. Raschwüchsig. Lichtholz. Empfindlich gegen Spätfröste.

Standort, Verbreitung und Besonderheiten der häufigsten forstlich genutzten Nadelhölzer

Gemeine Kiefer (Kieferngewächse). Auf Sandboden der verbreitetste Nadelbaum. Häufig und bestandbildend. Sehr formenreich, z. B. Höhenkiefer mit spitzer und Flachlandkiefer mit schirmförmiger Krone. Bis 40 m. Lichtholzart. Tiefwurzler. Licht- und Frostkeimer. Sehr wertvolles Nutzholz. Harzgewinnung.

Berg-Kiefer (Kieferngewächse). Auf Gebirgskämmen, Felsen, Mooren. Anpflanzung auf Dünen und als Zierstrauch in Gärten. Niederliegender und knieförmig aufsteigender Stamm oder kleiner Baum bis 10 m. Formenreich. Als Latschenkiefer im Hochgebirge guter Lawinenschutz.

Strobe, Weymouths-Kiefer (Kieferngewächse). Ähnliche Standortansprüche wie Gemeine Kiefer. Besonders auf sandigen Lehmböden. Schlechtes Wachstum auf feuchten Stellen. Halbschattenholzart. Bis 25 m. Heimat: Östliches Nordamerika. Leichtes, harzreiches Holz.

Gemeine Fichte, Rottanne (Kieferngewächse). Ursprünglich Gebirgsbaum, auf verschiedenen Böden, auf Blockhalden und felsigen Abhängen. Jetzt überall künstlich verbreitet, vor allem in Reinbeständen. Sehr formenreich. Bis 200 Jahre alt. Flachwurzler. Bis 50 m. Wertvolles Bauholz. Gerbstoff aus der Rinde. Harznutzung (Abb. 89).

Douglasie (Kieferngewächse). Vor allem in wintermildem Klima und auf sandigen Lehmböden. Auch als Zierbaum in Gärten und Parkanlagen. Heimat: Nordamerika. Raschwüchsig. Bis 30 m. Harzreiches Nutzholz.

Weiß-Tanne (Kieferngewächse). Vorwiegend in Gebirgslagen im Süden. Gemischt mit Laub- und Nadelhölzern, weniger Reinbestände. Bevorzugt frische, kühle, nährstoffreiche Gebirgsböden. Bis 50 m. Schattenholzart. Tiefwurzler. Bis 500 Jahre alt. Anfällig gegen Parasitenbefall. Wertvolles Bauholz (Abb. 89).

Europäische Lärche (Kieferngewächse). Überall im Gebiet forstlich angebaut oder als Zierbaum. Ursprünglich im obersten Waldgürtel der Alpen und Karpaten. Bis 35 m. Lichtholzart. Gut geeignet als Mischholzart, auch mit Schattenholzarten. Wertvolles, haltbares Nutzholz, z. B. als Gruben- und Mastholz.

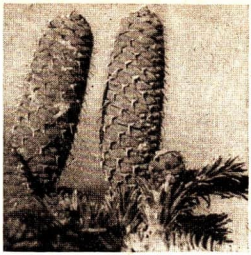


Abb. 89 Fruchtstände (Zapfen) bei Nadelbäumen oben Weiß-Tanne, unten Gemeine Fichte

Bestimmungstabelle für die wichtigsten Nadelhölzer

1 Blätter nadelförmig 3

1* Blätter schuppenförmig 2

2 Blätter scharfspitzig, locker dem Haupttrieb anliegend, oberseits dunkelgrün, unterseits blaßgrün, flächenständige Blätter auf dem Rücken mit länglichem Drüsenhöcker (Abb. a). Zweige waagerecht oder schräg gestellt. Zapfenschuppen ohne Dorn (Abb. c).

Abendländischer Lebensbaum – *Thuja occidentalis*

2* Blätter stets an den Zweig angepreßt, beiderseits gleichfarbig, auf dem Rücken mit Drüsenfurche. Zweige senkrecht gestellt. Zapfenschuppen mit langem Dorn (Abb. b).

Morgenländischer Lebensbaum – *Biota orientalis*

3 Nadeln einzeln stehend (vgl. auch 9*) 4

a

b

c

d

e

3* Nadeln zu zweien oder vielen zusammen stehend 6

4 Nadeln mehr oder weniger (±) vierkantig, auf kleinen braunen Rindenstielchen (Abb. e). Entnadelte Zweige raspelartig rauh, Zapfen hängend, im ganzen abfallend (Abb. 89, unten).

Gemeine Fichte, Rottanne – *Picea abies*

4* Nadeln flach, ± zweizeilig angeordnet 5

5 Nadeln auf der Unterseite mit zwei weißlichen Streifen, auf einem kleinen, drüsigen Polster sitzend, Nadelspitze nicht eingekerbt (Abb. h). Zapfen hängend, im ganzen abfallend.

Douglasie – *Pseudotsuga taxifolia*

5* Nadeln auf der Unterseite mit zwei weißlichen Streifen. Scheibenartiges Nadelpolster (Abb. g) verbleibt beim Abfallen an der Nadel. Nadelspitze eingekerbt. Zapfen aufrecht stehend, Schuppen einzeln abfallend (Abb. 89, oben).

Weiß-Tanne – *Abies alba*

6 Nadeln zu zweien in einer Scheide (Abb. f) 7

6* Nadeln zu mehreren zusammenstehend 8

7 Nadeln 40 bis 70 mm lang, etwas in sich gedreht

a) Stets aufrechter Baum, im Bereich der Krone mit rotgelber Borke, Nadeln stachelspitzig.

Gemeine Kiefer – *Pinus silvestris*

b) Meist liegender Baum, wenn aufrecht, im Bereich der Krone mit dunkelgraubrauner Borke, Nadeln nicht stachelspitzig.

Berg-Kiefer – *Pinus montana*

7* Nadeln meist 80 bis 150 mm lang, derb, von dunkelgrüner Farbe, meist mit gelber Stachelspitze.

Schwarz-Kiefer – *Pinus nigra*

8 Nadeln zu 5 oder zu vielen eng zusammen stehend 9

8* Nadeln in Quirlen zu 3, stachelspitzig, oberseits hellblaugrau mit grünen Seitenrändern (Abb. d).

Gemeiner Wacholder – *Juniperus communis*

9 Nadeln dünn, weich, 0,5 mm breit, bis 150 mm lang, pinselartige Gruppen an den Zweigenden bildend, Zapfen bis 150 mm lang.

Strobe, Weymouths-Kiefer – *Pinus strobus*

9* Nadeln 10 bis 30 mm lang, zu vielen (bis 40) an knopfigen Kurztrieben gehäuft (an einjährigen Langtrieben auch einzeln stehend), stets sommergrün und zart (Abb. i).

Europäische Lärche – *Larix europaea*

f

g

h

i

Häufige Laubmoose des Waldes (Abb. 90)

Gattung	Widertonmoos (*Polytrichum*)	Katharinenmoos (*Atrichum*)	Sternmoos (*Mnium*)	Weißmoos (*Leucobryum*)	Schlafmoos (*Hypnum*)	Torfmoos (*Sphagnum*)
Wuchs	rasenbildend	rasenbildend	rasenbildend	polsterbildend	rasenbildend	rasenbildend
Stengel	aufrecht, Höhe: 2 bis 15 cm, unverzweigt, Blätter spiralig angeordnet	aufrecht, Höhe: 2 bis 5 cm, unverzweigt, Blätter spiralig angeordnet	aufrecht, bildet Ausläufer, Höhe: 1 bis 15 cm, oben ein rosettenartiger Blattschopf	auffallend weißgrüne Polster, Höhe: bis 12 cm, dicht angeordnete Blätter	kriechend, gefiederte Äste, Höhe: 3 bis 10 cm, Blätter spiralig angeordnet	kurzästig, an der Spitze quirlartig, Höhe: 10 bis 30 cm, Blätter spiralig angeordnet
Blätter	lineal-lanzettlich, Blattrand meist gesägt	zungenförmig, querwellig, Blattrand scharf gesägt	glatt, breiteiförmig bis länglich-elliptisch, ganzrandig bis gezähnt	lanzettlich, an der Spitze fast röhrig, ohne Blattrippe	meist glänzend, klein, lang zugespitzt, ganzrandig	ohne Blattrippe, etwa 3 mal so lang wie breit, sehr klein
Sporenkapsel	Frühjahr und Sommer gestielt, aufrecht, kantig, dichtfilzige Haube	Herbst und Winter gestielt, geneigt, walzig, kappenförmige Haube	Frühjahr gestielt, geneigt, länglich-oval	Frühjahr und Herbst gestielt, geneigt walzig (selten fruchtend)	Frühjahr, Sommer und Winter gestielt, geneigt, kurz-zylindrisch	Frühjahr und Sommer aufrecht, kugelig
Standort	meist feuchte Stellen, kalkarme Böden	vor allem Wegränder und Böschungen im Walde	feuchte Waldböden, neutral bis sauer	schlechte Waldböden, sauer	verschiedenartige Böden, Gesteine und Holz	vor allem Hochmoore und nasse Stellen in Wäldern, sauer
Besonderheiten	Massenauftreten in kälteren Gebieten, bevorzugt saure Böden			Verwendung in der Gärtnerei		Verwendung in der Gärtnerei

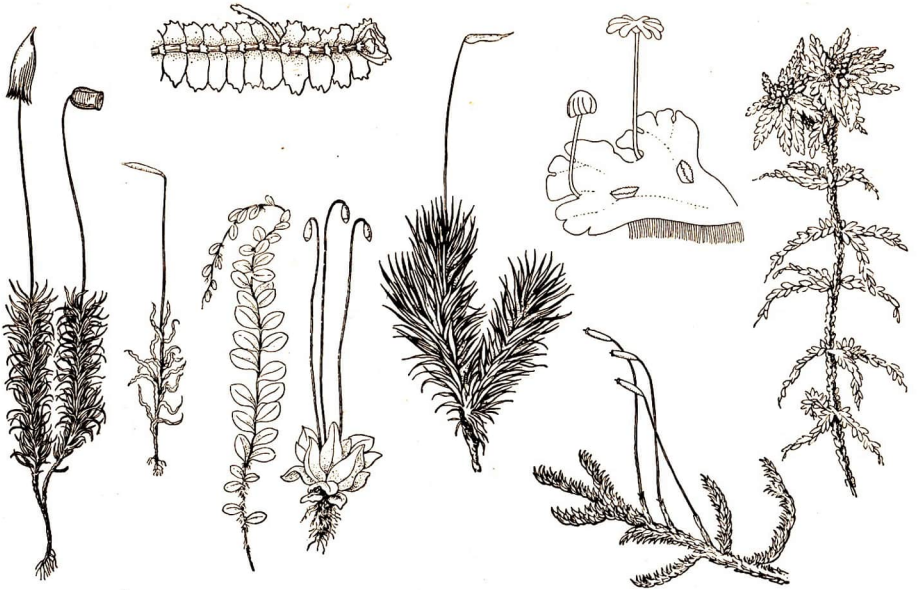


Abb. 90 Häufige Laubmoose des Waldes. Von links nach rechts: obere Reihe: Peitschenlebermoos, **Brunnenlebermoos;** untere Reihe: Widertonmoos, Katharinenmoos, Sternmoos, Weißmoos, Schlafmoos, Torfmoos

Der Boden

Wir wissen bereits, daß die meisten Pflanzen mit ihren Wurzeln im Boden verankert sind und ihm Wasser und Nährstoffe entnehmen. Durch die Assimilation wandeln sie mit Hilfe des Chlorophylls anorganische Stoffe der Luft und des Bodens in organische Stoffe um. Pflanzenteile, insbesondere die Nährstoffspeicher, dienen den Tieren und dem Menschen als Nahrung. Um hohe Erträge von unseren Kulturpflanzen zu erzielen, müssen wir ihnen günstige Bedingungen zum Gedeihen schaffen.

Das Wachstum der Pflanze hängt außer vom Klima sehr stark von den Eigenschaften und der Beschaffenheit des Bodens ab. Eigenschaften und Beschaffenheit des Bodens können durch richtige Maßnahmen zugunsten eines höheren Ertrages verändert werden. Deshalb ist es wichtig, den Boden, die Beziehungen zwischen Boden und Pflanze und die Maßnahmen zur Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit genau zu kennen.

Entstehung der Böden

Durch Einwirkung des Frostes, der Sonneneinstrahlung, des fließenden Wassers und des Windes werden feste Gesteine im Laufe langer Zeiträume immer mehr zerkleinert. Diesen Vorgang bezeichnet man als **physikalische Verwitterung** (Abb. 91).

Im Regen- und Bodenwasser sind Säuren (z. B. Kohlensäure) enthalten. Sie wirken auf das Gestein ein und lösen chemische Verbindungen heraus; neue Mineralien werden gebildet. So entsteht beispielsweise aus Feldspat oft Ton, der für den Ackerbau wichtig ist. Alle diese Vorgänge bezeichnet man als **chemische Verwitterung.**

Abb. 91
Kernsprung in einem Granitblock

Algen und Flechten sind oft an der Bodenbildung maßgebend beteiligt. Manche Arten zersetzen den glatten Stein und schaffen so ein wenig Nährstoff (chemische Verwitterung). Pflanzenwurzeln dringen in die Spalten der Gesteine ein und zersprengen sie beim Wachsen (physikalische Verwitterung). Durch Ausscheidungen der Wurzeln, vor allem durch Säuren, zerstören die Pflanzen kleine Bodenteilchen (chemische Verwitterung). Man bezeichnet die durch Organismen verursachte Verwitterung auch als biologische Verwitterung. Sie beruht teils auf chemischen und teils auf physikalischen Vorgängen.

Als Endprodukt der physikalischen und chemischen Verwitterung bildet sich aus dem Ausgangsgestein ein verschiedenfarbiger Boden, der **Verwitterungsboden.** Die Zerstörung der Gesteine und die Bildung von Verwitterungsboden können wir auch heute noch beobachten.

Einzelheiten über die Bildung und Umlagerung des Bodens enthält das Lehrbuch der Erdkunde für die 9. Klasse „Grundlagen der allgemeinen physischen Erdkunde".

Wenn in dem Material, das durch physikalische und chemische Verwitterung entsteht und durch Wind, Wasser und Eis verlagert und gemischt wird, sich Organismen (z. B. Bakterien, Pilze, Algen, Urtiere, Würmer, Milben) ansiedeln, wird es zu fruchtbarem Boden. Unter **Fruchtbarkeit** versteht man die Eigenschaft des Bodens, die Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen. Zuerst siedeln sich niedere Pflanzen wie Flechten und Moose an. Sterben sie ab, so hinterlassen sie Rückstände, die die Grundlage für das Leben der Bodenorganismen bilden. Nun erst können sich höhere Pflanzen ansiedeln. Auch der Regenwurm tritt als Bodenverbesserer erst auf, wenn genügend pflanzliche Rückstände im Boden vorhanden sind, die ihm als Nahrung dienen. **Ein Boden ohne Bodenorganismen ist unfruchtbar.**

Unter Boden verstehen wir den obersten Teil der Verwitterungsschicht der Erdrinde, der unter dem Einfluß von Luft, Wasser und Bodenorganismen zum Träger der Fruchtbarkeit wird.

Die Bestandteile des Bodens

Der Boden besteht zum überwiegenden Teil aus festen Stoffen. Es sind mineralische Stoffe und organische Stoffe (Humus). Die mineralischen Stoffe sind durch Verwitterung des Muttergesteins entstanden, während die organischen Stoffe Rückstände der Pflanzen- und Tierwelt sind. Die Hohlräume zwischen den festen Teilen sind mit Wasser und Luft gefüllt. Ferner finden wir im Boden eine große Anzahl größerer und kleinerer Bodenorganismen.

Die mineralischen Bestandteile

Die **mineralischen Bestandteile** des Bodens führen je nach ihrer Korngröße verschiedene Bezeichnungen. Mit Hilfe der Fingerprobe, des Siebverfahrens und der Schlämmanalyse kann man die verschiedenen Korngrößen bestimmen.

Bestimmung des Bodens

Bei der Fingerprobe wird feuchter Boden zwischen den Fingern gerieben und auf seine Körnigkeit, Formbarkeit und Klebrigkeit geprüft.

Beschaffenheit des Bodens	Bodenart
körnig, rauh	Sandboden
noch rauh, aber doch bereits etwas formbar, ausrollbar bis unter Bleistiftstärke	sandiger Lehmboden
klebrig, zu kleinen Figuren knet- und formbar	toniger Lehmboden
fettig glänzend, sehr gut knet- und formbar	Ton

Aufgaben und Fragen

1. Nimm verschiedene Bodenproben in die Hand! Untersuche sie auf gröbere und feinere Bestandteile!
2. Betrachte kleinere Bodenteilchen mit der Lupe!
3. Welcher feuchte Boden fühlt sich rauh und körnig an? Welcher feuchte Boden schmiert?

Siebverfahren. Für die Siebprobe benötigen wir zwei Siebe mit verschiedenen Lochweiten (20 mm und 2 mm). Wir untersuchen eine lufttrockene Bodenprobe, die wir vor dem Sieben wägen (Klumpen werden mit der Hand oder einem Holzstück zerrieben). Beim Sieben bleibt im größeren Sieb alles Material über 20 mm Durchmesser (Steine) zurück; im zweiten Sieb verbleiben die Teile mit einer Größe von 20 bis 2 mm (Kies). Bodenteile, die durch dieses Sieb fallen, sind kleiner als 2 mm und werden als Feinboden bezeichnet. Der Feinboden wird gewogen und sein Anteil an der Bodenprobe festgestellt.

Mechanische Trennung der Bodenteilchen

Bodenbestandteile	Korngrößen
Steine	über 20 mm
Kies.....	20 bis 2 mm
Feinboden (Feinerde)	unter 2 mm

Das Siebverfahren gibt uns Auskunft über die Zusammensetzung des Bodens aus Bestandteilen unterschiedlicher Größe. Je größer der Anteil des Feinbodens ist, desto wertvoller kann der Boden sein.

Wir untersuchen nun den Feinboden auf seine verschiedenen Bestandteile.

Schlämmanalyse. Mit Hilfe der Schlämmanalyse ermitteln wir den Anteil der abschlämmbaren Teile am Feinboden. Dazu nehmen wir einen Standzylinder (Schlämmzylinder) von 30 cm Höhe, der 5 cm über dem Boden seitlich eine verschließbare Öffnung hat. Wir wägen 50 g des durch das Siebverfahren gewonnenen lufttrockenen Feinbodens ab und bringen ihn in eine Schale mit Wasser. Wir kochen ihn unter Umrühren auf, damit sich die feinen Bodenteilchen von den gröberen Bestandteilen lösen.

Nach dem Abkühlen gießt man die Probe in den Zylinder, füllt ihn fast bis zum Rand mit Wasser und schüttelt gut durch. Man läßt das Ganze 10 Minuten stehen. Die gröberen

Bestandteile des Feinbodens, der Sand, setzen sich ab, während die feineren Bestandteile, der Staub und Ton, noch im Wasser schweben. Die so abgeschlämmten Teilchen läßt man mit dem Wasser aus der seitlichen Öffnung ablaufen. Um die zwischen den Sandteilchen verbliebenen abschlämmbaren Teile vollständig zu entfernen, wird der Bodensatz so lange abgeschlämmt, bis das Wasser klar bleibt.

Der abgesetzte Sand wird anschließend in einer Porzellanschale vorsichtig über der Flamme getrocknet. Wir wägen ihn. Aus der Differenz zur Menge des Feinbodens vor dem Abschlämmen ergibt sich der Anteil der abschlämmbaren Teile. Wir geben ihn in Prozenten an.

Beispiel: 50 g einer Bodenprobe (Feinboden) enthalten 40 g Sand. Dann sind 10 g abgeschlämmt worden, das entspricht 20%. Der Boden enthält 20% abschlämmbare Teilchen.

Man kann bei diesem Versuch an Stelle des Schlämmzylinders auch einen beliebigen Standzylinder oder ein anderes Gefäß benutzen. In diesem Falle gießt man das Wasser mit den abgeschlämmten Teilchen vorsichtig ab.

Korngrößen des Feinbodens

Bodenbestandteile	Korngrößen	
Grobsand	2 bis 0,2 mm	Sand
Feinsand	0,2 bis 0,02 mm	Sand
Trennung durch Schlämmanalyse		
Schluff (Staub)	0,02 bis 0,002 mm	abschlämmbare Teilchen
Ton	unter 0,002 mm	abschlämmbare Teilchen

Die Schlämmanalyse zeigt uns das Verhältnis zwischen Sand und abschlämmbaren Teilchen. Dieses Verhältnis ist für die Beurteilung eines Bodens von Bedeutung. Je nach dem Anteil der einzelnen Größengruppen können die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens sehr unterschiedlich sein (s. S. 125 ff).

Die Bodenkolloide. Die feinsten abschlämmbaren Teilchen mit einer Korngröße von weniger als 0,01 mm ⌀ werden als Bodenkolloide bezeichnet. Je feiner die Bodenteilchen sind, je mehr Bodenkolloide vorhanden sind, desto mehr wird die Oberfläche einer bestimmten Bodenmenge vergrößert.

Auf der Oberfläche der Bodenkolloide vollziehen sich wichtige physikalisch-chemische Vorgänge. Bodenkolloide haben infolge ihrer negativ-elektrischen Ladung die Fähigkeit, an ihrer Oberfläche Bestandteile der im Bodenwasser gelösten Salze, insbesondere Calcium-, Kalium- und Ammoniumionen, festzuhalten und zu speichern. Dadurch wird ein Auswaschen dieser für die Pflanzenernährung wichtigen Nährstoffe in das Grundwasser verhindert. Für die Wurzelhaare der Pflanzen sind diese gespeicherten Nährstoffe erreichbar.

Der Nährstoffvorrat eines Bodens hängt also einmal von dem Vorhandensein einer größeren Zahl von Bodenkolloiden ab. Zum anderen ist es wichtig, welche Nährstoffe an ihrer Oberfläche gespeichert sind. Die Aufnahmefähigkeit der Bodenkolloide

für Ionen aus der Bodenlösung ist begrenzt. Ist die Oberfläche besetzt, so können keine weiteren gebunden werden.

Häufig verdrängen neu hinzukommende die bisher gebundenen Ionen. Kaliumionen werden beispielsweise von Calciumionen verdrängt, wenn man bei der Düngung ein Calciumsalz in übergroßer Menge dem Boden zuführt (Abb. 92). Während Kaliumionen von den Pflanzen als Nährstoff benötigt werden, führt eine Anreicherung mit Calciumionen zur Zusammenballung von Kolloiden und trägt so zur Verbesserung der Krümelstruktur bei. Der Landwirt muß diese komplizierten Vorgänge im Boden kennen und bei der mineralischen Düngung beachten (s. S. 138).

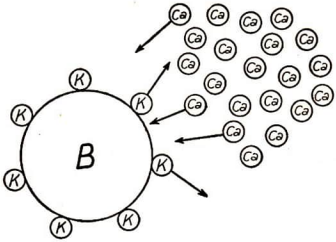


Abb. 92 Basenaustausch an Ton- oder Humusteilchen
Die dem Bodenteilchen (*B*) ansitzenden Kaliumbestandteile (*K*) werden durch die in übergroßer Menge in den Boden eingebrachten Calciumbestandteile (*Ca*) verdrängt

Aufgabe

Berechne die Oberfläche eines Würfels mit 1 cm Kantenlänge! Welche Gesamtoberfläche entsteht, wenn wir den Würfel in 1000 Würfel mit einer Kantenlänge von 0,1 cm zerlegen würden? Berechne die Gesamtoberfläche, wenn wir die Würfelchen von 0,1 cm Kantenlänge in noch kleinere Würfelchen von 0,01 mm Kantenlänge zerteilen würden!

Die organischen Bestandteile

Die organischen Substanzen des Bodens bezeichnet man als Humus. Humus bildet sich durch die Tätigkeit der Bakterien, Pilze und Bodentiere aus abgestorbenen Pflanzenteilen, Tierresten und Ausscheidungen der Bodenlebewesen.

An der Zersetzung der organischen Rückstände im Boden sind besonders Bakterien beteiligt. Die abgestorbenen Pflanzenreste (z. B. Kohlenhydrate, manche Eiweißstoffe, Zellulose) werden durch die Bakterien sehr schnell zu Kohlendioxyd, Wasser und Ammoniak zersetzt. Diesen Teil des zersetzten Produktes nennt man Nährhumus. Er dient der Ernährung der Bakterien. Dabei werden Wasser, Kohlendioxyd, Ammoniak, Phosphor, Schwefel, Eisen, Kalium, Calcium und andere Stoffe frei, die als Nährstoffe für die Pflanze von Bedeutung sind.

Andere Teile der Pflanzenreste sind schwer zersetzbar und werden von den Bakterien kaum angegriffen. Diese dunkel gefärbten organischen Bestandteile nennt man den Dauerhumus.

Nährhumus fördert das Bakterienleben. Ist er ausreichend im Boden vorhanden, so vermehren sich die Bakterien sehr stark. Dauerhumus vermag wie die Bodenkolloide, Nährstoffe und Wasser an seiner Oberfläche festzuhalten. Er fördert die Krümelbildung.

Die Menge und die Form des Humus einer Bodenart haben großen Einfluß auf das Wachstum der Pflanzen. Durch Zufuhr organischer Stoffe (z. B. Stalldüngung, Einpflügen der Stoppeln, Gründüngung) kann man den Humusgehalt künstlich erhöhen.

Bestimmung des Humusgehaltes. Wir bestimmen den Humusgehalt, indem wir eine lufttrockene Bodenprobe, deren Masse wir vorher durch Wägen festgestellt haben, ausglühen. Man stellt den Massenverlust der Bodenprobe fest und errechnet aus der Differenz zwischen der Menge des Bodens vor und nach dem Ausglühen den ungefähren Humusanteil.

Beispiel: 100 g Boden hatten einen Verlust an Masse von 3 g. Das entspricht einem Humusgehalt von 3 %.

Wir unterscheiden sauren und milden Humus. Der milde Humus bildet sich im Boden bei Anwesenheit von Kalk, Nährstoffen und Bodenluft. Er zeigt alle günstigen Eigenschaften eines Kolloids und ist die wertvollste Form des Humus. Der saure Humus bildet sich unter Luftabschluß (im Untergrund oder in sehr nassem Boden sowie in reinen Nadelwäldern unter der dicken Schicht der harzhaltigen Nadeln). Seine Säuren (Huminsäuren) können wertvolle Metallionen (z. B. Calciumionen) von der Oberfläche der Bodenkolloide verdrängen. Diese basischen Bestandteile werden mit dem Sickerwasser in den Untergrund ausgewaschen. Der Boden versauert. Saurer Humus ist deshalb im Ackerboden unerwünscht.

Bestimmung der Humusform. 2 bis 3 g einer Bodenprobe werden in ein Reagenzglas geschüttet und mit 2 %igem Ammoniakwasser versetzt. Nach kräftigem Schütteln wird filtriert. Die Farbe des Filtrates zeigt die Humusform an.

Tabelle zur Bestimmung der Humusform

Farbe	Humusform
wasserhell	milder Humus
hellgelb	Mischung von saurem und mildem Humus
dunkelbraun	saurer Humus

Das Bodenwasser

Das Bodenwasser gelangt mit den Niederschlägen in den Boden; es tritt als Sickerwasser, Haftwasser und Grundwasser auf.

Die Formen des Bodenwassers

Wasserform	Kennzeichen
Sickerwasser	Bodenwasser, das sich, der Schwerkraft folgend, abwärts zum Grundwasser bewegt; aus feuchten Erdklumpen auspreßbar, bei und nach starken Niederschlägen und bei Wasserzufluß im Boden über dem Grundwasserspiegel reichlich vorhanden, in Trockenzeiten fehlend

Die Formen des Bodenwassers (Fortsetzung)

Wasserform	Kennzeichen
Haftwasser	Bodenwasser, das in Kapillaren des Bodens, an der Oberfläche der Bodenteile und innerhalb der Ton- und Humusteile festsitzt; nicht durch Druck auspreßbar, auch in scheinbar trockenem Boden zum Teil noch vorhanden
Grundwasser	Wasseransammlung im Boden über einer wasserundurchlässigen Schicht; eingesickertes Wasser der Niederschläge und Gewässer; obere Grenze ist der Grundwasserspiegel

Das Wasser mit den Nährsalzen ist im Boden als eine Lösung von geringer Konzentration vorhanden. Das Grund- und das Sickerwasser sind von den Pflanzenwurzeln leicht aufnehmbar. Haftwasser ist nur zu einem Teil für die Pflanzen verfügbar, da die Saugkraft der Wurzel nicht ausreicht, den Bodenteilchen alles Wasser zu entziehen. Das für die Pflanze nicht mehr verfügbare Wasser nennt man totes Wasser.

Aufgabe

Beschaffe verschiedene lufttrockene Bodenproben (beispielsweise Sand, Lehm, Ton)! Verschließe Glasrohre von etwa 2 cm ∅ am Ende mit einem Mulläppchen. Fülle sie gleichmäßig bis zur Hälfte mit den Bodenproben! (Stoße die Glasrohre nach dem Füllen leicht auf, damit die Bodenteilchen dicht lagern!) Befestige die gefüllten Glasrohre an einem Stativ und setze unter jedes Glasrohr ein Becherglas! Gieße auf alle Bodenproben die gleiche Menge Wasser! Beobachte, wie schnell das Wasser durchsickert!

Die einzelnen Bodenarten vermögen, verschieden viel Wasser aufzunehmen und festzuhalten. Ton-, Lehm- und Humusböden weisen ein hohes, Sandböden ein geringes Wasserhaltevermögen auf.

Ein Boden mit einem hohen **Wasserhaltevermögen** läßt Wasser nur langsam durchsickern. Bei einem geringen Wasserhaltevermögen ist die Wasserdurchlässigkeit sehr groß.

Die Bodenluft

Die nicht mit Wasser angefüllten Hohlräume des Bodens enthalten Bodenluft. Sie unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung von der atmosphärischen Luft vor allem durch einen höheren Gehalt an Kohlendioxyd (0,3 bis 2%). Meist ist auch der Gehalt an Wasserdampf höher als der der atmosphärischen Luft. Der Sauerstoffgehalt ist etwas niedriger. Die Ursachen für diese Unterschiede gegenüber der atmosphärischen Luft liegen in der Atmung der Wurzeln und der Tätigkeit der Mikroorganismen.

Für die Kulturböden ist eine ausreichende Durchlüftung äußerst wichtig. Ist die Durchlüftung durch Verkrustung oder gestautes Wasser unterbunden, so leiden die

Pflanzenwurzeln und die Bodenlebewesen unter Sauerstoffmangel. Die chemischen Vorgänge im Boden können nicht normal ablaufen.

Ein gut durchlüfteter Boden erwärmt sich viel schneller als ein schlecht durchlüfteter Boden. Man spricht deshalb von „warmen" und „kalten" Böden.

Der Anteil der Bodenluft kann verschieden hoch sein. Grobkörniger, steiniger Boden besitzt viele Poren und ist gut durchlüftet. Boden mit hohem Tonanteil lagert dicht zusammen, besonders wenn er sehr naß ist.

Die Bodenlebewesen

Es gibt viele Arten von Bodenorganismen. Erst durch ihre Tätigkeit wird ein Boden fruchtbar. Wird das Leben der Bodenorganismen behindert, so können die Pflanzen- und Tierreste nicht zersetzt werden. Es kommt zu großen Anhäufungen von Humus, wie beispielsweise im Hochmoor, ohne daß die Pflanzen die vorhandenen Nährstoffe verwerten können.

Übersicht über die Bodenlebewesen

Mikroorganismen	Bakterien, Pilze, Algen, Urtiere
kleinere Tiere	Regenwurm und andere Würmer, Milben, Asseln, Insekten und ihre Larven
größere Tiere	Maulwurf, Hamster

Mikroorganismen. Die Menge der Mikroorganismen schwankt nach dem Zustand des Bodens zwischen 2 Millionen und 600 Millionen in jedem Gramm Boden; Sandböden enthalten oftmals nur einige 100000 je Gramm. Im Frühjahr, Spätsommer und Herbst sind bei uns im Boden die meisten Mikroben vorhanden. Bei Trockenheit, niedrigen Temperaturen und in tieferen Bodenschichten finden wir wesentlich weniger Mikroben.

Unter den Mikroben spielen die Bakterien die größte Rolle. Viele von ihnen zersetzen den Nährhumus. Mineralische Bestandteile der Pflanzen- und Tierreste werden als Nährsalze frei. Sie bauen einige dieser Nährsalze so um, daß sie von den Pflanzen aufgenommen werden können (s. S. 121). Das dabei frei werdende Kohlendioxyd verbrauchen die Pflanzen zur Photosynthese.

Viele Bakterien scheiden schleimige Stoffe aus, die die Bodenteilchen verkitten, und tragen so zur Krümelbildung bei. Sie hinterlassen ferner nach ihrem Absterben Nährstoffe aus ihrem eigenen Körper. Über die Bakterien findet somit eine Speicherung von Nährstoffen statt.

Kleinere Tiere. Würmer, Milben, Asseln, Insekten und ihre Larven durchwühlen den Boden. Dabei vermischen sich die oberen und die unteren Bodenschichten. Die dabei entstehenden Röhren dienen der Durchlüftung des Bodens.

Den höchsten Anteil an der Verbesserung des Bodens hat der Regenwurm. Er frißt Erde und abgestorbene Pflanzenteile. Dabei zersetzt er organische Stoffe und scheidet bakterienreiche Bodenkrümel aus.

Größere Tiere. Maulwurf, Hamster und andere Tiere lockern den Boden beim Wühlen. Dabei werden die einzelnen Bodenschichten gemischt und durchlüftet.

Das Verhältnis der Bodenbestandteile

Die Zusammensetzung der festen Bestandteile und die Anteile von Bodenluft und Bodenwasser sind bei den einzelnen Bodenarten verschieden. Man kann durch eine geregelte Humuszufuhr (beispielsweise Stalldüngung, Unterpflügen von Stoppeln) die Zusammensetzung des Bodens günstig beeinflussen. Durch richtige Bodenbearbeitung, Entwässerung (Dränage, Entwässerungsgräben) und Förderung der Bodenlebewesen kann eine gute Durchlüftung des Bodens erreicht werden.

Der Anteil des Bodenwassers hängt zunächst von der Höhe der am Ort fallenden Niederschläge ab. Ferner ist entscheidend, wieviel Wasser der Boden verdunstet und wieviel Wasser bei einem Regen abläuft. Durch eine entsprechende Bodenbearbeitung kann der Wasservorrat des Bodens weitgehend erhalten werden.

Ein gut bearbeiteter Boden soll etwa 50% feste Bestandteile, 25% Bodenwasser und 25% Bodenluft enthalten (Abb. 93).

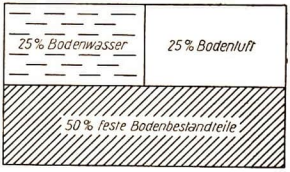


Abb. 93 Anteile der festen Bodenbestandteile, des Bodenwassers und der Bodenluft eines gut bearbeiteten Bodens

Eigenschaften des Bodens

Die Bodenarten

Der durch die Verwitterung des Ausgangsgesteins hervorgegangene Boden ist in seiner Zusammensetzung und Fruchtbarkeit sehr unterschiedlich. Man teilt den Boden nach der Größe der mineralischen Bestandteile, dem Humusgehalt und dem Kalkgehalt in verschiedene Bodenarten ein.

Einteilung nach der Körnung

Die Einteilung der Bodenarten wird nach dem prozentualen Anteil der Korngrößen und der abschlämmbaren Teilchen vorgenommen (s. S. 119 u. 120).

Einteilung der Bodenarten nach den abschlämmbaren Teilchen

Abschlämmbare Teilchen	Bodenart	Abkürzung	
0 bis 10%	Sand	S	Sandböden
10 bis 12%	anlehmiger Sand	Sl	
12 bis 25%	lehmiger Sand	lS	
25 bis 30%	stark sandiger Lehm	SL	Lehmböden
30 bis 35%	sandiger Lehm	sL	
35 bis 65%	Lehm	L	
65 bis 75%	schwerer Lehm	LT	Tonböden
75 bis 100%	Ton	T	

Reine **Sandböden (S)** sind für den Anbau von Kulturpflanzen wenig geeignet; sie sind nährstoffarm. Das Bodenwasser versickert schnell, es wird von den wenigen abschlämmbaren Teilchen nicht festgehalten; Sandboden ist stark wasserdurchlässig. Der Anteil an Bodenluft ist allerdings hoch; Sandböden erwärmen sich deshalb rasch.

Reine **Tonböden (T)** sind für den Pflanzenbau ebenfalls wenig geeignet. Ihr Wasserhaltevermögen ist außerordentlich hoch, da sie einen hohen Prozentsatz abschlämmbarer Teilchen aufweisen und die Nährstoffe gut gehalten werden. Tonboden ist wasserundurchlässig, Regenwasser bleibt auf der Oberfläche stehen. Die Bodenteilchen liegen beim Ton so eng aneinander, daß die Durchlüftung, Wasserführung und auch die Bodenbearbeitung erschwert werden.

Lehmböden (L). Lehm ist ein Gemenge von Sand und abschlämmbaren Teilen (Ton). Lehmböden vereinigen in sich die günstigen Eigenschaften von Sand und Ton. Sie haben einen genügend hohen Anteil an Bodenluft (Pflanzenwurzeln können atmen, Bakterien können leben) und ein gutes Wasserhaltevermögen. Lehm ist deshalb fruchtbar und für den Anbau von Kulturpflanzen brauchbar.

Berücksichtigung des Humusgehaltes

Humus trägt in Sandböden dazu bei, daß Wasser und Nährstoffe festgehalten werden, und fördert das Bakterienleben. Schwere Böden werden durch Humus gelockert. Deshalb sind Gemenge aus Humus, Ton, Sand und Kalk fruchtbar. Als **Humusböden** werden Böden mit einem Anteil von mehr als 20% Humus bezeichnet.

Die Einteilung der Böden nach dem Humusgehalt läßt erkennen, daß auf leichten Böden schon geringe Mengen Humus eine große Bedeutung haben. Sandböden mit

Einteilung der Böden nach dem Humusgehalt

Bezeichnung des Bodens	Humusgehalt	
	schwerer Boden (Ton, Lehm)	leichter Boden (Sand)
humusarmer Boden	bis 2%	bis 1%
humushaltiger Boden	2 bis 5%	1 bis 2%
humoser Boden	5 bis 10%	2 bis 4%
humusreicher Boden	10 bis 15%	4 bis 8%
anmooriger Boden	15 bis 20%	8 bis 15%
Humusboden	über 20%	über 15%

2 bis 4% Humus werden schon als humos angesprochen, während Tonboden erst ab 5% in diese Gruppe eingestuft wird.

Die Menge des Humus sagt aber noch nichts über seine chemische Wirksamkeit aus. Die chemische Wirksamkeit ist von der Humusform abhängig. So besitzt milder Humus alle günstigen Eigenschaften für den Boden, während saurer Humus im Ackerboden unerwünscht ist (s. S. 121 u. 122).

Berücksichtigung des Kalkgehaltes

Außer der Angabe der Körnung und des Humusgehaltes gehört der Kalkgehalt zur vollständigen Kennzeichnung der Bodenarten.

Kalk neutralisiert Säuren im Boden, fördert die Krümelstruktur, schließt Bodennährstoffe auf und wird von der Pflanze als Nährstoff benötigt.

Bestimmung des Kalkgehaltes des Bodens. Für die Bestimmung des Kalkgehaltes benötigen wir lufttrockenen Boden. Wir bringen eine Bodenprobe auf ein Uhrschälchen und tropfen verdünnte Salzsäure darauf. Bei Anwesenheit von Calciumcarbonat im Boden entweicht Kohlendioxyd. Je höher der Kalkgehalt ist, desto stärker braust der mit Salzsäure behandelte Boden auf.

Einteilung der Bodenarten

Berücksichtigt man alle Gesichtspunkte, die für Bodenuntersuchungen wichtig sind (Ausgangsgestein, Anteil des Feinbodens, Humus- und Kalkgehalt, Mischungsverhältnis von Sand und Ton), so kommt man zu folgender Einteilung der Bodenarten, die für die landwirtschaftliche Praxis von Bedeutung ist.

Steinböden. Steinböden bestehen aus Gesteinstrümmern verschiedener Größe, sie sind in Verwitterung begriffen und besitzen sehr geringe Fruchtbarkeit.

Sandböden. Sandböden enthalten bis zu 25% abschlämmbare Teilchen, es sind leichte und warme Böden, wasser- und luftdurchlässig, humusarm. Noch geeignet für Lupinen, Kartoffeln, Roggen und Frühgemüse.

Lehmböden. Lehmböden enthalten bis zu 65% abschlämmbare Teilchen, sie besitzen mittlere Wasserdurchlässigkeit, Erwärmbarkeit und Durchlüftung. Sie sind humos. Besonders geeignet für den Anbau von Weizen, Zuckerrüben, Klee und Luzerne.

Tonböden. Der Anteil der abschlämmbaren Teile der Tonböden beträgt etwa 70%. Es sind schwere, kalte Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit und schlechter Durchlüftung. Sie besitzen meist einen geringen Humusanteil. Für den Anbau von Kulturpflanzen kaum geeignet.

Mergelböden (in Gebieten der Grund- und Endmoränen). Mergelböden enthalten bis zu 70% abschlämmbare Teilchen und bis zu 50% Kalk. Sie haben ähnliche Eigenschaften wie Lehmböden und sind besonders für den Anbau von Weizen, Zuckerrüben, Klee und Luzerne geeignet. Sie sind häufig erst nach Entwässerungsmaßnahmen landwirtschaftlich nutzbar.

Lößböden. Lößböden weisen einen hohen Anteil abschlämmbarer Teilchen auf. Sie zeigen alle guten Eigenschaften der Sand-, Lehm- und Mergelböden. Gut geeignet für den Anbau aller landwirtschaftlichen Nutzpflanzen.

Humusböden. Böden mit einem Anteil von mehr als 15% Humus bezeichnet man als Humusböden. Sie sind in Mischungen mit Sand, Ton und Kalk fruchtbar und für den Anbau von Gräsern geeignet. (Moorboden gehört ebenfalls zu den Humusböden.)

Mergelböden haben für die Landwirtschaft die gleiche Bedeutung wie Lehmböden. Sie bestehen aus Ton, Sand und Kalk.

Neben der Einteilung nach Korngrößen spielen vor allem die Bearbeitbarkeit, die Feuchtigkeitsverhältnisse, der Humusgehalt und die Erwärmbarkeit des Bodens eine Rolle.

Die Fruchtbarkeit eines Bodens hängt nicht allein von dem Verhältnis der Korngrößen zueinander oder von der Art des Ausgangsgesteins ab. Sie wird sehr stark vom augenblicklichen Zustand der festen Bodenteilchen (Ton, Humus), von der Tätigkeit der Bodenlebewesen und vom Kalkgehalt bestimmt.

Die Bodenstruktur

Die Lage der einzelnen Bodenteilchen zueinander ist unterschiedlich. Sind sie zu Krümeln zusammengeballt, so befindet sich der Boden in **Krümelstruktur.** Hierbei bilden jeweils 20 bis 50 Bodenteilchen Krümel mit einem Durchmesser von 1 bis 5 mm (Abb. 94). Liegen die Teilchen dagegen einzeln und dicht beieinander, so sprechen wir von **Einzelkornstruktur** (s. Tabelle u. Abb. 95). Boden mit einer guten Krümelstruktur bezeichnet man als **garen** Boden (s. S. 144).

Abb. 94 Krümel

Die Bildung der Krümel erfolgt durch chemische Vorgänge im Boden sowie durch die Anwesenheit von Bodenbakterien, Pilzen und Algen. Mit den ausgeschiedenen Schleimmassen der Bakterien, dem Mycel (Zellfäden des Pilzkörpers) und den

Algenfäden werden die Bodenteilchen zusammengehalten und zu größeren Krümeln verkittet.

Die Bodenkrümel können bei Kalkmangel wieder zerfallen. Dies tritt besonders bei anhaltendem starkem Regen auf, man sagt, der Boden wird verschlämmt.

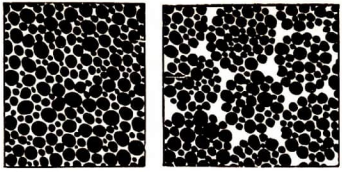


Abb. 95 Bodenstruktur. Links: Boden mit Einzelkornstruktur, rechts: Boden mit Krümelstruktur

Bodenstruktur

Einzelkornstruktur	Krümelstruktur
Hohlräume für Wasser und Luft unter 50 %	Hohlräume für Wasser und Luft 50 bis 65 %
enge Lagerung der Einzelteilchen	zwischen den Krümeln größere und kleinere Hohlräume
geringe Durchlüftung	gute Durchlüftung
stark behinderte Wasserbewegung	ungehinderte Wasserbewegung
Pflanzenwurzeln dringen schwer in den Boden ein	unbehindertes Wachstum der Pflanzenwurzeln
schlechtes Bodenleben	gutes Bodenleben
erwärmt sich schlecht	erwärmt sich gut

Aufgabe

Prüfe zwischen den Fingern gut beschatteten Boden (Kartoffelfeld, Buschbohnenbeet)! Prüfe ebenso Schlammboden einer ausgetrockneten Pfütze oder eines abgeernteten Getreidefeldes! Vergleiche!

Ein Boden mit Krümelstruktur besitzt **Kapillarität** (Haarröhrenwirkung). In den feinen Hohlräumen (unter 0,03 mm ∅) steigt das Grundwasser nach den Gesetzen der Kapillarwirkung trotz der entgegengesetzt wirkenden Schwerkraft von unten nach oben. Diese physikalische Erscheinung ist für die Wasserversorgung der Pflanzenwurzeln in Trockenzeiten äußerst wichtig. In den größeren Hohlräumen zwischen den Krümeln bewegt sich das Sickerwasser langsam von oben nach unten. Wir finden im Boden also gleichzeitig einen absteigenden und einen aufsteigenden Wasserstrom (Abb. 96).

Aufgabe des Landwirtes ist es, durch geeignete Maßnahmen dafür zu sorgen, daß der Boden sich in Krümelstruktur befindet. Damit werden die Wasser- und Luftverhältnisse für die Pflanze in günstigem Sinne beeinflußt (s. S. 133 u. 144).

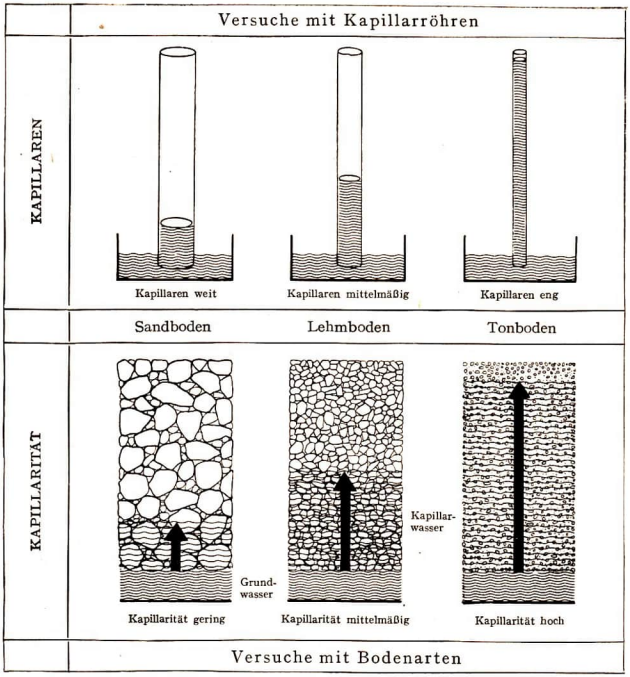


Abb. 96 Die unterschiedliche Kapillarwirkung der Bodenarten

Die Bodenreaktion

Das Bodenwasser kann sauer, neutral oder basisch (alkalisch) reagieren. Die Reaktion ist abhängig von der in der Bodenlösung frei vorhandenen Menge an Wasserstoffionen. Sie wird durch den p_H-Wert angegeben. Ein Boden ist neutral, wenn der p_H-Wert zwischen 6,5 und 7,4 liegt. Böden mit einem Wert unter 6,5 sind sauer, Böden mit einem Wert über 7,4 basisch.

Bodenbakterien können sich in sauren Böden nur schlecht entwickeln. Dadurch wird die Zersetzung von organischen Stoffen im Boden verzögert.

Die einzelnen Pflanzenarten stellen unterschiedliche Ansprüche an den p_H-Wert des Bodens. Man regelt den chemischen Zustand der Bodenlösung durch regelmäßige Gaben von Düngekalk.

Säuregrade des Bodens

Reaktion	p_H-Wert	geeignet für
basisch	über 7,4	Luzerne, Raps, Erbse, Gerste
neutral	6,5 bis 7,4	Weizen, Rot-Klee, Zuckerrübe
schwach sauer	5,3 bis 6,4	Hafer, Roggen, Kartoffel, Mais
sauer	4,6 bis 5,2	Gelbe Lupine
stark sauer	4,1 bis 4,5	Weiß-Klee
sehr stark sauer	unter 4	für den Anbau von Kulturpflanzen nicht geeignet

Bestimmung des Säuregrades. Wir verrühren etwas lufttrockene Feinerde mit destilliertem Wasser in einem Reagenzglas. Die erhaltene Bodenlösung filtrieren wir und tauchen einen Streifen Unitest-Indikatorpapier etwa 20 bis 30 Sekunden lang in das Filtrat. Wir vergleichen die entstandene Färbung des Papiers mit der der Packung beigegebenen Farbskala und lesen den entsprechenden p_H-Wert ab.

Für die landwirtschaftliche Praxis benutzt man zur Feststellung des p_H-Wertes Spezial-Indikatoren oder elektrische Geräte.

Das Bodenprofil

Beim Pflügen werden die oberen Schichten des Bodens bis zu einer Tiefe von etwa 30 cm gewendet. Diese Schichten bezeichnen wir als Ackerkrume oder Muttererde. Viele Pflanzenwurzeln (auch die vieler Flachwurzler) reichen aber tiefer (70 cm bis mehrere Meter). Sie entnehmen auch aus tieferen Schichten Nährstoffe und Wasser. Für den Anbau der Kulturpflanzen ist es deshalb wichtig, auch diese Bodenschichten genau zu kennen.

Uns interessiert beispielsweise:

Wie tief reicht der Humus in den Untergrund? – In welcher Tiefe stößt man auf unverwittertes Gestein? – Treten im Untergrund andere Bodenarten auf als an der Oberfläche? – Sind Bodenverdichtungen vorhanden?

Frische Stichwände eines Grabens, einer Sand-, Lehm- oder Baugrube lassen eine deutliche Schichtung des Bodens erkennen.

Die Aufeinanderfolge der Schichten bezeichnet man zusammen als **Bodenprofil**, die einzelnen Schichten als **Bodenhorizonte.**

Ein vollständiges Bodenprofil gliedert sich in der Regel in drei Horizonte, die man als A-, B- und C-Horizonte bezeichnet (Abb. 97).

Abb. 97 Schematische Darstellung eines Bodenprofils
A A-Horizont (Oberboden), *B* B-Horizont (Unterboden), *C* C-Horizont (Untergrund)

Der **A-Horizont** (Oberboden). In unserer gemäßigten Zone enthält die oberste Schicht des A-Horizontes, die Ackerkrume oder Muttererde, meist Humus und ist dunkel gefärbt. Im A-Horizont vollziehen sich fast alle chemischen Vorgänge sowie das Bodenleben. Seine Mächtigkeit kann sehr unterschiedlich sein (von einigen Zentimetern bis zu mehreren Metern).

An den A-Horizont schließt sich der **B-Horizont** (Unterboden) an. Er ist heller als der A-Horizont und schlecht durchlüftet. Mit der geringeren Durchlüftung vermindern sich auch Anzahl und Tätigkeit der Bakterien. Die aus dem A-Horizont ausgewaschenen Stoffe werden hier angereichert. Deshalb wird der B-Horizont auch als Anreicherungshorizont bezeichnet. Sammeln sich dabei bestimmte Salze und Eisenverbindungen an, so können sich sehr feste und undurchlässige, braune Schichten, sogenannter Ortstein, bilden.

Der **C-Horizont** (Untergrund) umfaßt bei Verwitterungsböden das anstehende Muttergestein. In anderen Fällen (z. B. Flußauen) besteht er aus unveränderten und untätigen Sanden, Lehmen oder Tonen.

Mitunter liegt nur eine dünne Bodenschicht auf Gestein, untätigen Sanden, Lehmen oder Tonen. In diesem Falle fehlt der B-Horizont und der C-Horizont schließt sich dem A-Horizont an.

Die Bodenprofile bildeten sich im Laufe langer Zeiträume. Sie verändern sich noch heute. Wir bezeichnen die Entwicklung des Bodenprofils als Bodendynamik.

Böden mit übereinstimmenden Merkmalen innerhalb eines Bodenprofils hat man zu Gruppen, den **Bodentypen**, zusammengefaßt. Die Farbtafel 8 zeigt vier Beispiele solcher Bodentypen.

Aufgaben

1. Betrachte an einem Graben oder einer Baugrube das Bodenprofil! Achte auf die Farbe der verschiedenen Horizonte! Miß die Dicke dieser Horizonte und fertige eine maßstabgerechte Skizze des Bodenprofils an! Achte auf den Wurzelverlauf von Pflanzen und auf Regenwurmkanäle!
2. Grabt im Schulgarten oder auf freiem Feld eine Grube nach dem Muster der Abbildung 98! Fertigt eine maßstabgerechte Skizze des Bodenprofils an!
3. Gib ein Urteil über die Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit der auf der Farbtafel 8 abgebildeten Bodentypen ab!

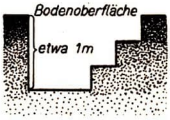


Abb. 98 Längsschnitt durch eine Profilgrube

Die Bodenschätzung

Die landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften und volkseigenen Güter müssen wissen, was sie anbauen und welche

Erträge sie erwarten können. Auch der Staat muß die Erträge der heimischen Landwirtschaft planen, um noch fehlende Nahrungsmittel einführen zu können. Dazu ist eine genaue Kenntnis der Böden in den Gemeinden nötig. Man schätzt deshalb die Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Das Ergebnis dieser Schätzung wird durch die Bodenzahl ausgedrückt. Die höchste Bodenzahl für einen Boden mit der besten Leistungsfähigkeit ist 100 (Lößboden in der Magdeburger Börde). Je geringer die Leistungsfähigkeit eines Bodens ist, desto niedriger ist seine Bodenzahl.

Bei der Schätzung eines Bodens und bei der Festlegung der Bodenzahl werden die Bodenart, die Entstehung des Bodens und der Zustand des Bodens berücksichtigt.

Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit

Die Bodenbearbeitung

Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt im starken Maße von einer richtigen Bodenbearbeitung ab. Der Zeitpunkt der Bearbeitung richtet sich nach dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens.

Ist der Boden zu feucht, so lockern die Geräte den Boden nicht, sondern verdichten ihn (sie „schmieren"); ist er zu trocken, so bilden sich harte Schollen.

Durch die Bearbeitung des Bodens erreicht man:

1. Lockerung des Bodens und Förderung der Krümelbildung: Wasser und Luft können in den Boden eindringen und werden in ihm gespeichert. Den Wurzeln der Kulturpflanzen wird das Wachstum erleichtert, ihnen wird Luft zum Atmen zugeführt.
2. Durchmischung des Bodens: Oberflächlich liegende Pflanzenreste gelangen in die Tiefe, abgewanderte Nährsalze, Ton- und Humusreste werden nach oben gebracht.
3. Einarbeiten von Stalldung und mineralischem Dünger: Verbesserung des Bodens durch Zuführung von humusbildenden Stoffen und Kalk sowie Anreicherung des Bodens mit Nährstoffen.
4. Einarbeiten von Ernterückständen (z. B. Stoppeln) und Gründüngung: Humusbildung.
5. Vernichtung der Unkräuter: Aus dem Boden gehobene Unkräuter vertrocknen an der Luft, in den Boden eingebrachte Samenunkräuter ersticken.
6. Verminderung der Verdunstung: Schaffung einer Isolierschicht durch Unterbrechung der Bodenkapillaren (Abb. 100).

Bodenbearbeitungsgeräte. Die moderne Landmaschinentechnik hat eine Vielzahl von Bodenbearbeitungsgeräten geschaffen. Alle Geräte sind jedoch aus fünf Grundformen entstanden.

Der **Pflug** wendet den Boden um etwa 135° und lockert ihn sehr stark. Es wird eine gute Krümelung mit einer hohen Anzahl an großen Poren erreicht. Der Luftgehalt des Bodens ist zunächst meistens hoch, Niederschläge und Frost können gut eindringen. Vor der Bestellung ist eine weitere Bearbeitung mit Ackerschleppe und Egge nötig.

Der **Grubber** (Kultivator) lockert die oberen Bodenschichten bis etwa 10 cm Tiefe. Feinere Bodenteilchen gelangen nach unten, gröbere Schollen werden zertrümmert.

Die Wasserverluste sind wegen der grobscholligen Oberfläche hoch. Der Boden muß noch mit Ackerschleppe und Egge bearbeitet werden.

Die **Ackerschleppe** ebnet den gepflügten oder gegrubberten Boden an der Oberfläche. Durch das Glätten verringert sich die Oberfläche und damit auch die Wasserverdunstung (Abb. 99). Die Verdunstung ist jedoch noch verhältnismäßig hoch. Der Kapillarwasserstrom steht noch unmittelbar mit der Luft in Verbindung und muß durch das Eggen gestört werden. Mit Hilfe der Ackerschleppe werden keimende Unkrautsamen vernichtet.

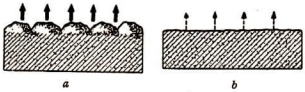


Abb. 99 Wirkung der Ackerschleppe
a ungeschleppt (große Oberfläche bedingt starke Verdunstung), *b* geschleppt (verringerte Oberfläche, verminderte Verdunstung)

Die **Egge** lockert den Boden bis etwa 5 cm Tiefe. Sie hinterläßt eine feinere gekrümelte Oberfläche als der Grubber. Der aufsteigende Kapillarwasserstrom wird unterbrochen und endet unter der Krümelschicht. Die Verdunstung des Bodenwassers wird gemindert (Abb. 100).

Die **Walze** verdichtet zu lockeren Boden. Sie wirkt den übrigen Bodenbearbeitungsgeräten entgegen. Durch das Walzen werden die Krümel der obersten Bodenschicht zusammengepreßt. Das Wasser dringt aus den feinsten Hohlräumen heraus und verdunstet. Der Walze muß die Egge folgen, damit eine Isolierschicht als Verdunstungsschutz geschaffen wird (Abb. 100).

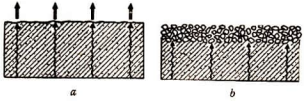


Abb. 100 Wirkung der Walze und Egge
a gewalzter Boden (Kapillaren reichen bis zur Bodenoberfläche, Kapillarwasser kann ungehindert verdunsten), *b* geeggter Boden (Kapillaren in der oberen Bodenschicht sind durch die Bodenbearbeitung zerstört, Kapillarwasserstrom ist unterbrochen und Verdunstung gemindert)

Die Bodenbearbeitungsgeräte werden auf den Feldern unserer sozialistischen Großbetriebe von Traktoren gezogen; dabei werden mehrere Geräte aneinander gehängt (Gerätekoppelung und -kombination).

Durch die Koppelung und Kombination der Geräte werden Zeit und Arbeitskraft eingespart und die Arbeitsproduktivität erhöht; außerdem werden übermäßiger Bodendruck durch die Traktoren und damit eine unnötige Bodenverdichtung vermieden.

Die Regelung des Wasserhaushaltes

Die jährlich bei uns fallende Niederschlagsmenge ist grob gerechnet etwa doppelt so hoch wie der Wasserbedarf unserer Kulturpflanzen. Trotzdem reicht die Feuchtigkeit, besonders in Jahren mit Trockenperioden, oft nicht aus. Die Niederschläge fallen unregelmäßig; ein Teil des Niederschlagswassers verdunstet nach Regenfällen

sofort wieder an der Oberfläche. Ein anderer Teil geht durch Verdunstung von Kapillarwasser (s. S. 99) verloren. Bei lang anhaltenden oder heftigen Regenfällen versickert ein beträchtlicher Teil so schnell in den Boden oder fließt an der Oberfläche ab, daß er für die Pflanze nicht nutzbar wird. Das gilt besonders für leichte Böden. Daraus ergibt sich, daß man trotz reichlicher Niederschläge mit dem Bodenwasser haushalten muß.

Man kann den Wasserhaushalt durch folgende Maßnahmen regeln:

1. Pflügen aller im Herbst nicht bestellten Felder vor Eintritt des Winters (Winterfurche).
2. Abschleppen der rauhen Furche im Frühjahr (s. S. 99).
3. Vermeiden unnützer Arbeitsgänge bei der Frühjahrsbestellung. Schnelles Arbeiten, am besten Gerätekoppelung.
4. Ständiges Lockern der obersten Bodenschichten in wachsenden Pflanzenbeständen durch verschiedene Geräte.
5. Sofortiges Schälen oder Auflockern von Stoppelfeldern nach der Getreideernte. Die gelockerte Schicht verhindert die Verdunstung aufsteigenden Kapillarwassers und bindet Niederschlagswasser.
6. Künstliche Bewässerung von Böden, die häufig unter Trockenheit leiden.

In Niederungen und besonders auf schwerem Boden finden wir häufig einen hohen Grundwasserstand, der Boden ist naß. Das gesamte Bodenleben ist infolge von Sauerstoffmangel gehemmt. Deshalb werden feuchte Böden entwässert. Man zieht Entwässerungsgräben oder verlegt Dränageröhren.

Aufgaben und Fragen

1. Welche Monate des Jahres können als Hauptwachstumszeit bezeichnet werden?
2. Welche Funktion erfüllt das Wasser im lebenden Pflanzenkörper?
3. Wie nimmt die Pflanze das Wasser auf?
4. In welcher Form tritt das Wasser im Boden auf?
5. Meßt in der Klimastation eurer Schule regelmäßig im Verlauf des Jahres die Niederschläge! Errechnet die Jahresmenge, und teilt sie der benachbarten LPG mit!

Nährstoff- und Humuszufuhr

(Düngung)

Die Wurzeln der Pflanzen entnehmen dem Boden jedes Jahr eine bestimmte Menge an Nährsalzen. Auf unbewirtschafteten Flächen werden die Nährstoffverluste durch die Verrottung abgestorbener Pflanzenteile wieder ausgeglichen. Es findet ein Kreislauf der Nährstoffe statt.

Beim Anbau von Kulturpflanzen wird dieser Kreislauf unterbrochen, da die abgeernteten Pflanzenteile vom Feld weggefahren, von ihrem Standort entfernt werden. Nur ein geringer Teil (z. B. Stoppeln und Wurzelreste) wird dem Boden wieder zugeführt.

Nährstoffverbrauch der Kulturpflanzen

Kulturpflanze	Ertrag je ha		Entzug an Reinnährstoffen je ha			
	Körner, Knollen, Rüben	Stroh, Blätter, Grünmasse	N	P_2O_5	K_2O	CaO
Winterroggen	20 dt	48 dt	55 kg	27 kg	62 kg	16 kg
Hafer	25 dt	40 dt	70 kg	30 kg	77 kg	19 kg
Mais (Körner)	40 dt	60 dt	98 kg	30 kg	100 kg	40 kg
Kartoffel	250 dt	80 dt	113 kg	30 kg	185 kg	70 kg
Zuckerrübe	300 dt	210 dt	130 kg	36 kg	160 kg	66 kg
Rot-Klee	—	70 dt	—	40 kg	145 kg	160 kg

Die von den Kulturpflanzen verbrauchten Nährstoffe müssen ersetzt werden, denn der Boden soll jährlich gleichmäßig hohe Erträge bringen. Wir müssen den Boden düngen und führen ihm vor allem Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium und Phosphor zu, man bezeichnet sie als **Kernnährstoffe.** Die übrigen Pflanzennährstoffe (Mangan, Eisen und Schwefel) sowie einige wichtige Spurenelemente (Bor, Kupfer) sind normalerweise im Boden in ausreichender Menge vorhanden und brauchen nicht ersetzt zu werden.

Die Zufuhr der Kernnährstoffe in richtiger Höhe und im richtigen Verhältnis ist für ein normales Pflanzenwachstum außerordentlich wichtig. Fehlt einer der Nährstoffe oder ist er in zu geringer Menge vorhanden, so wird das Wachstum der Pflanze gehemmt (Abb. 101).

Abb. 101 Buchweizen in Wasserkultur
a in Nährlösung ohne Kali,
b in vollständiger Nährlösung

Für die Düngung der Kulturpflanzen bedeutet dies, daß bei Mangel an einem Nährstoff das Pflanzenwachstum gehemmt ist, auch wenn die übrigen Nährstoffe ausreichend vorhanden sind. Nur durch gleichmäßige Zufuhr aller Kernnährstoffe in einem richtigen Verhältnis zueinander (Volldüngung) können hohe Ernten erzielt werden.

Die Menge der für eine Pflanzenart dem Boden zuzuführenden einzelnen Nährstoffe richtet sich nach

dem Nährstoffbedürfnis der Art,
dem Aufschlußvermögen der Wurzel der Art,
dem Zustand und Nährstoffvorrat des Bodens.

Aufgaben und Fragen

1. Welche Nährstoffe benötigt die Pflanze?
2. Wie werden die Nährstoffe aus der Bodenlösung aufgenommen und weitergeleitet?
3. Welche Funktionen erfüllt der Humus?

4. Wie verändert ein ständig absteigender Sickerwasserstrom den Nährstoffgehalt der Ackerkrume?
5. Warum entzieht der Rot-Klee nach der Jugendentwicklung dem Boden keinen Stickstoff?

Die organische Düngung

Durch die organische Düngung (Düngung mit Wirtschaftsdünger) werden den Böden humusbildende Stoffe zugeführt. Sie dienen der Verbesserung des Bodens. Die organischen Düngemittel enthalten neben zahlreichen Nährsalzen Stickstoffverbindungen, darunter Ammoniak, das bereits am Geruch erkennbar ist. Die wichtigsten organischen Düngemittel sind Stalldung, Jauche und Kompost. Diese Stoffe fallen im landwirtschaftlichen Betrieb an; hinzu tritt noch die Gründüngung.

Der Stalldung. Der Stalldung (Stallmist) ist der wichtigste organische Dünger. Er besteht aus den Ausscheidungen der Tiere und dem Stroh, das als Einstreu dient. Die Beschaffenheit des Stalldungs ist bei den einzelnen Tierarten unterschiedlich; sie hängt von der Fütterung, der Stallart, der Einstreu und der Behandlung des Dunges ab.

Da die Zersetzung der organischen Masse im Boden längere Zeit in Anspruch nimmt, wirken die frei werdenden Nährstoffe über längere Zeit.

Die zweiseitige Wirkung des Stalldunges (Nährstoff- und Humuszufuhr) macht den Stalldung auch heute noch zur Grundlage der Düngung.

Bevor der Stalldung auf das Feld gefahren wird, wird er gelagert und zubereitet. Er muß sich in einem bestimmten Maß zersetzen (Rotte genannt). Bringt man unverrotteten Dung in den Boden, so vermehren sich die Bakterien sehr stark. Bakterien, die organische Masse in gut durchlüftetem Boden zersetzen, verbrauchen selber Stickstoff; der Stickstoffvorrat des Bodens wird zum Schaden der Pflanze vermindert.

Die im Dungstapel ablaufenden chemischen und biologischen Vorgänge müssen gelenkt werden. Gefördert in ihren Lebensbedingungen werden alle Bakterienarten, die unter Sauerstoffabschluß leben und eine Rotte im Dungstapel herbeiführen. Der Mist wird zur Minderung der Sauerstoffzufuhr zu Haufen von etwa 2,5 m Höhe geschichtet, ständig festgetreten und feucht gehalten. Dadurch werden die Entwicklung der nur unter Sauerstoffzufuhr lebenden Bakterien gehemmt und eine restlose Zersetzung des Dunges verhindert.

Jauche. Die Jauche enthält schnellwirkenden Stickstoff, dazu Kali und einen geringen Prozentsatz Phosphorsäure. Ein Teil des Harnes der Tiere wird vom Stroh aufgesogen, der Rest läuft in unterirdische Jauchegruben. Hier macht die Jauche eine Gärung durch. Man fährt sie möglichst bei bedecktem oder regnerischem Wetter auf das Feld (vielfach auch auf das Grünland). Jauche muß rasch in den Boden eingebracht werden, weil sonst das Ammoniak in die Luft entweicht.

Kompost. Zur Kompostbereitung dienen Abfallstoffe (Rapsstroh, Kartoffelkraut, Gemüsereste, Laub, Küchenabfälle, Teichschlamm und Kohlenasche). Der Nährstoffgehalt des Kompostes ist nicht sehr hoch; er ist aber ein ausgezeichneter Humusdünger.

Besonders auf Wiesen und Weiden wird er zur Bodenverbesserung angewendet. Im Komposthaufen soll die Entwicklung der Bakterien gefördert werden, die viel Sauerstoff benötigen. Dadurch verrotten die sich zum Teil schwer zersetzenden Stoffe. Eine Kalkzugabe fördert außerdem die Lockerung und das Bakterienleben und wirkt der Versauerung entgegen.

Gründüngung. Bei der Gründüngung wurde früher die ganze Pflanze untergepflügt. Heute verfüttert man die Blattmasse; nur die Stoppeln und Wurzelmassen verbleiben auf dem Feld. Die Pflanzenreste werden im Boden von den Bakterien schnell umgesetzt und bilden Nährhumus.

Als Gründüngungspflanzen werden tiefwurzelnde, blattreiche und stickstoffsammelnde Pflanzen bevorzugt. Beim Anbau von stickstoffsammelnden Pflanzen (z. B. Lupinen) wird der Boden mit Stickstoff angereichert. Die angereicherte Menge an Stickstoff entspricht je Hektar etwa der von 180 bis 200 kg mineralischem Stickstoffdünger (Ammonsulfat). Durch den Anbau von tiefwurzelnden Pflanzen werden dem Boden die Nährstoffe (z. B. Kalium, Calcium, Phosphor) aus tieferen Schichten entzogen. Sie verbleiben nach der Zersetzung der Pflanzen in der Ackerkrume und stehen ebenso wie der Stickstoff den nachfolgenden Kulturpflanzen zur Verfügung.

Sehr wesentlich ist, daß die Gründüngungspflanzen mit ihren großen Blattmassen ein eiweißreiches Grünfutter liefern. Sie beschatten ferner den Boden gut und gewährleisten die Erhaltung der Krümelstruktur.

Auf leichten Böden hat die Gründüngung besondere Bedeutung. Durch die Humusanreicherung werden Wasser- und Nährstoffhaltevermögen verbessert. Sandige Böden mit sehr niedriger Bodenzahl werden durch regelmäßige Gründüngung fruchtbar. Schwere Böden werden durch die Gründüngung lockerer und dadurch besser durchlüftet. Die biologischen und chemischen Vorgänge im Boden werden gefördert.

Aufgaben und Fragen

1. Erkundige dich in der LPG oder im VEG, in welchen Abständen und in welcher Höhe Stalldüngergaben oder Kompost verabreicht werden!
2. Berichte, wie im Schulgarten ein Komposthaufen gesetzt wurde!
3. Erkundige dich in der LPG oder im VEG, wie dort Kompost bereitet wird!
4. Erkundige dich in einer benachbarten Gärtnerei nach der Art der Kompostbereitung!

Die mineralische Düngung

Bei der mineralischen (anorganischen) Düngung, Düngung mit Handelsdünger, werden dem Boden Salze oder Stoffe, die sich in Salze umwandeln, zugeführt. Sie dienen der Versorgung der Pflanzen und verbessern den Boden.

Als Düngemittel dienen Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Calciumverbindungen, die auch Magnesium enthalten müssen.

Der Anteil an Stickstoff (N), Phosphorpentoxyd (P_2O_5), Kaliumoxyd (K_2O) und Calciumoxyd (CaO) der einzelnen Düngemittel ist unterschiedlich und wird in Prozenten ausgedrückt. Dieser Anteil wird als Reinnährstoff bezeichnet.

Alle Kernnährstoffe haben für das Wachstum und für die Entwicklung der Pflanze

eine große Bedeutung. Fehlt auch nur einer der erforderlichen Stoffe, so kümmern die Pflanzen.

Stickstoffdünger. Stickstoff (N) ist am Aufbau des pflanzlichen Eiweißes beteiligt und an der Bildung des Chlorophylls. Bei Stickstoffmangel ist das Wachstum der Pflanzen und die Ausbildung der Früchte gehemmt. Die Blätter werden blaßgrün.

Phosphatdünger. Phosphor (P) ist am Aufbau des Eiweißes beteiligt und ist für die Entwicklung von Samen und Früchten notwendig. Ein hoher Phosphorsäuregehalt im Boden schafft günstige Voraussetzungen für eine rasche Vermehrung der Bodenbakterien und damit die Grundlage für eine Krümelstruktur.

Mit Magnesium-Phosphatdünger wird dem Magnesiummangel in unseren Böden vorgebeugt. Magnesium ist für die Bodenstruktur und die Entwicklung der Pflanzen notwendig.

Kalidünger. Kalium (K) ist an der Bildung und Umformung von Stärke und Zukker beteiligt. Es hat großen Einfluß auf die Festigkeit des Pflanzengewebes, beispielsweise auf die Standfestigkeit des Getreides. Die Widerstandskraft der Pflanze gegen Kälte und Dürre ist in erster Linie vom Gehalt an Kalium abhängig. Ferner begünstigt Kalium die Wasseraufnahme und vermindert die Wasserabgabe.

Kalkdünger. Calcium (Ca) benötigt die Pflanze zum Stoffwechsel. Es hemmt die Wasseraufnahme und begünstigt die Wasserabgabe. Kalkdüngemittel haben aber zugleich große Bedeutung für die Bodenstruktur (Bodengare) und die Ausnutzung der im Boden vorhandenen Nährstoffe.

Bei Kalkmangel tritt im Boden saure Reaktion auf. Wenn man dem Boden Kalk zuführt, verbessert man die Bildung und Erhaltung der Krümelstruktur (s. S. 129), beeinflußt die Bodenreaktion (s. S. 130) und trägt dazu bei, die im Boden gebundenen Nährstoffe löslich zu machen. Auch das Gedeihen der Bodenbakterien ist nur gewährleistet, wenn genügend Kalk im Boden vorhanden ist.

Die Menge des auszustreuenden Düngers richtet sich nach dem Verbrauch durch die angebaute Kulturpflanzenart, dem Vorrat im Boden und dem Nährstoffgehalt des Düngemittels.

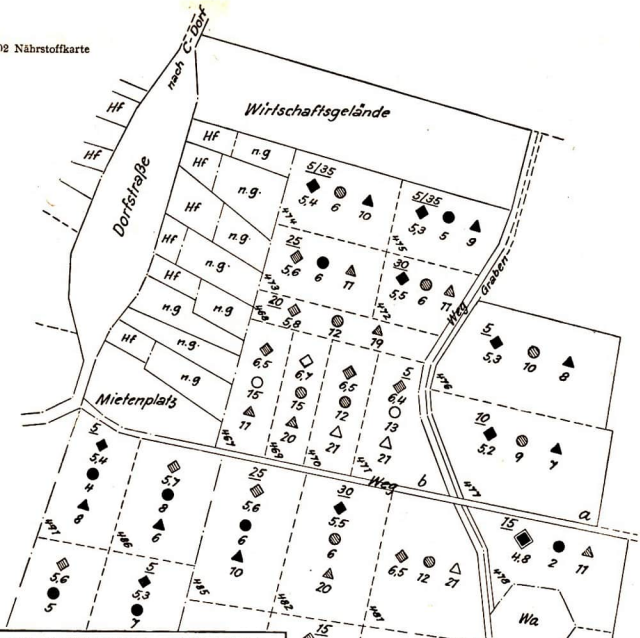
Den Vorrat an Kalk, Phosphorsäure und Kali und den p_H-Wert des Bodens hat man durch Untersuchungen der Böden aller landwirtschaftlichen Nutzflächen genau ermittelt. Die Untersuchungsergebnisse wurden auf mehrfarbigen **Nährstoffkarten** vermerkt (Abb. 102). Jedes VEG und jede LPG besitzt von ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen eine Nährstoffkarte, so daß die Menge des auszustreuenden Düngesalzes genau berechnet werden kann.

Weitere Einzelheiten über die anorganischen Düngemittel enthält das Lehrbuch für Chemie, Teil II, Anorganische Chemie.

Aufgaben

1. Erkundige dich in der LPG oder im VEG nach der Art der verwendeten Düngemittel und nach der je Hektar gestreuten Menge!
2. Erkundige dich nach der Nährstoffkarte der LPG oder des VEG! Vergleiche mit Aufgabe 1!

Abb. 102 Nährstoffkarte



Bodenuntersuchung auf Säurezustand und Nährstoffgehalt

Besitzer _____ Ha.

Gemeinde _____ Kreis

Erläuterungen:

Säurezustand: ◇ neutral bis alkalisch; ◈ schwach sauer; ◆ sauer

Phosphorsäure: ○ gut versorgt; ◎ mäßig versorgt; ● schlecht versorgt

Kali: △ gut versorgt; ◬ mäßig versorgt; ▲ schlecht versorgt

Nachuntersuchung in etwa 4 Jahren ist unbedingt notwendig, da Kalkung, Bodenbearbeitung, Nährstoffzufuhr und Nährstoffentzug im Laufe der Jahre die Nährstoffmengen im Boden verändern. Hinweise zur Auswertung auf dem Erläuterungsbogen!

Registr.-Nr.	Probenentnahme v. 196	**Zeichenerklärung:**	Ausführung:
Ausgefertigt und geprüft am:	1. Durchg. Prb.	——— Besitzergrenze — · — Schlaggrenze - - - - Probengrenze	$\frac{5}{72}$ bzw. gepauste Ziffer = Proben-Nr. $\frac{5}{}$ = erforderliche Kalkgabe in dz/ha kohlensaurem Kalk	Institut für Landw. Versuchs- und Untersuchungswesen
	für den 2. Durchg. verbleiben Prb.	n. g. = nicht geprobt H = Holz · Untergrundproben im Kreis a, b, c = Bodenart	72 unter Kalkstempel = pH-Wert, unter Phosphorsäurestempel = mg P_2O_5 in 100 g Boden, unter Kalistempel = mg K_2O in 100 g Boden	Abt. C Potsdam Templiner Straße 21 a
	Maßstab 1:			

Die Fruchtfolge

Man kann beobachten, daß auf einem Beet oder Ackerstück jedes Jahr eine andere Kulturpflanzenart angebaut wird. Der regelmäßige Wechsel der Pflanzenarten wird als **Fruchtwechsel** bezeichnet. Die Einhaltung des Fruchtwechsels trägt zur Erhaltung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, zur Gesunderhaltung der Böden bei.

Der jahrelange Anbau einer Kulturpflanzenart, beispielsweise von Getreide, auf ein und demselben Feld führt zur **Bodenmüdigkeit**. Sie entsteht dadurch, daß jede Kulturpflanzenart den Boden in einer ganz bestimmten Weise nutzt.

Jede Pflanzenart benötigt bis zur Entwicklung der Frucht von den einzelnen Nährstoffen (z. B. Stickstoff) unterschiedliche Mengen. Tiefwurzler entnehmen dem Boden die Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten, während Flachwurzler die Nährsalze der Ackerkrume entziehen. Manche Kulturpflanzen beschatten den Boden; sie fördern dadurch die Krümelstruktur und hemmen den Wuchs der Unkräuter. Auf einem lichtdurchlässigen Getreidefeld dagegen werden die Bodenkrümel zerstört, und die Unkräuter vermehren sich stark. Auch bestimmte Krankheiten und Schädlinge breiten sich aus, denn sie finden bei wiederholtem Anbau der gleichen Art die für sie günstigen Lebensbedingungen vor (z. B. Maisbeulenbrand, Kohlhernie). Die Folge ist ein zunehmender Rückgang der Ernteerträge. Man muß deshalb ständig andere Kulturpflanzenarten anbauen.

Der Fruchtwechsel muß so durchgeführt werden, daß zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit die unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Kulturpflanzenarten beachtet werden. Die Reihenfolge, in der die einzelnen Arten angebaut werden, nennt man **Fruchtfolge.**

Wichtige Merkmale für den Fruchtwechsel

Merkmale	Gruppenbezeichnung	Beispiele
Wurzelgeflecht der Pflanze entwickelt sich vorwiegend in der Ackerkrume	Flachwurzler	Getreidearten, Futtergräser
Wurzeln dringen in Horizonte unterhalb der Ackerkrume ein	Tiefwurzler	Lupine, Luzerne, Rot-Klee, Raps, Zuckerrübe, Erbse
Pflanzen mit dünnem, langem Stengel und schmalen Blättern	Halmfrüchte	Getreidearten
Krautige Pflanzen mit breiten beschattenden Blättern	Blattfrüchte	Kartoffel, Rüben, Erbse, Raps, Rübsen, alle Kleearten

Wichtige Merkmale für den Fruchtwechsel (Fortsetzung)

Merkmale	Gruppenbezeichnung	Beispiele
Pflanzen in Symbiose mit Knöllchenbakterien (Stickstoffsammler)	Stickstoffmehrer	Schmetterlingsblütengewächse
Pflanzen, die den Stickstoff aus dem Boden entnehmen	Stickstoffzehrer	übrige Kulturpflanzen
Pflanzen, die selbst große Menge an organischer Masse im Boden zurücklassen	Humusmehrer	Klee, Gräser, Luzerne
Pflanzen, die nur in gut gelockertem Boden mit reichem Bakterienleben und schneller Humuszersetzung gedeihen	Humuszehrer	Hackfrüchte (Kartoffel, Rüben) Raps, Rübsen
Pflanzen, nach deren Ernte die Krümelstruktur des Bodens vernichtet ist	Strukturzerstörer	Getreidearten
Pflanzen, die nach der Ernte den Boden in guter Struktur hinterlassen	Strukturförderer	Hackfrüchte, Klee, Raps
Pflanzen, die ohne Ertragsminderung 2 bis 3 Jahre auf demselben Feld angebaut werden können	selbstverträgliche Pflanzen	Roggen, Mais, Lupine, Serradella, Kartoffel
Pflanzen, bei deren Anbau auf gleichem Feld in aufeinanderfolgenden Jahren eine deutliche Ertragsminderung eintritt	mit sich selbst unverträgliche Pflanzen	Weizen, Gerste, Hafer, Klee, Rüben

Bei einem gut überlegten Wechsel der Kulturpflanzen innerhalb einer Fruchtfolge sollen nach Möglichkeit

Blattfrüchte mit Halmfrüchten wechseln,
Stickstoffzehrer auf Stickstoffmehrer folgen,
Humuszehrer nach Humusmehrern stehen,
Tiefwurzler mit Flachwurzlern abwechseln und
strukturfördernde Pflanzen nach strukturzerstörenden Pflanzen angebaut werden.

Die geschilderten biologischen Gesichtspunkte sind für das Aufstellen des Fruchtfolgeplanes grundlegend. Außerdem aber gilt es weitere Fragen zu berücksichtigen, etwa das Klima (z. B. Niederschlagsmengen) und die Bodenart (z. B. Sand- oder Lößboden). Der Fruchfolgeplan muß mit der innerbetrieblichen Planung (z. B. Viehhalteplan) und den Aufgaben des Volkswirtschaftsplanes übereinstimmen.

Unter Berücksichtigung aller dieser Faktoren werden Pläne für die Fruchtfolge aufgestellt.

Beispiel für eine Fruchtfolge (bei einer Bodenwertzahl 35 bis 40)

1. Jahr	Kleegrasgemisch
2. Jahr	Kartoffeln
3. Jahr	Winterweizen Zwischenfrucht: ½ Untersaat (Serradella) ½ Stoppelsaat (Senf)
4. Jahr	Futter- und Zuckerrüben
5. Jahr	Sommergerste Zwischenfrucht vor Grünmais und Futtergemenge aus ¼ Wickroggen (Gemisch von Roggen mit Arten der Wicke) ¼ Landsberger Gemenge (Gemisch aus Zottel-Wicke, Welsches Weidelgras und Inkarnat-Klee)
6. Jahr	½ Silomais und Futtergemenge ½ Öl- und Faserpflanzen
7. Jahr	Winterroggen mit Kleegraseinsaat (s. 1. Jahr)

Aufgaben und Fragen

1. Erläutere den Bau verschiedener Wurzelsysteme, und fertige Skizzen dazu an!
2. Wie kann sich der Nährstoffgehalt der tieferen Bodenschichten auch auf denjenigen der Ackerkrume auswirken?
3. Nenne Kulturpflanzen, die den Boden bei dichtem Bestand gut beschatten, und solche, die eine Sonneneinstrahlung bis auf den Boden selbst in lückenlosem Bestand zulassen!
4. Nenne aus deiner Umgebung Beispiele, wie Garten- oder Feldfrüchte von einem Jahr zum anderen auf demselben Beet oder Ackerstück wechseln!
5. Erkundige dich bei einer LPG oder bei einem VEG nach dem Fruchtfolgeplan! Lasse ihn dir erklären!

Der Zwischenfruchtanbau

Von einem Zwischenfruchtanbau sprechen wir, wenn in der normalen Fruchtfolge zwischen zwei Hauptfrüchten eine Futterpflanze mit kürzerer Wachstumszeit angebaut wird.

Die Zwischenfrüchte liefern zusätzlich hochwertiges Viehfutter, besonders in den Monaten, in denen auf den Hauptfruchtfutterschlägen nur wenig Grünfutter anfällt.

Die Zwischenfrüchte steigern die Bodenfruchtbarkeit. Felder mit Hauptfrucht und Zwischenfrucht sind fast das ganze Jahr beschattet. Die Bodenstruktur wird erhalten. Wurzeln und Stoppeln der Zwischenfrüchte liefern dem Boden zusätzlich Humus. Tiefwurzler unter den Zwischenfrüchten erschließen Nährstoffe aus dem Untergrund.

Viele der Zwischenfrüchte sind Schmetterlingsblütengewächse, sie mehren den Stickstoffgehalt des Bodens.

Der Zwischenfruchtanbau erfordert eine zusätzliche anorganische Düngung und entsprechende Bodenbearbeitung, weil die Felder innerhalb der Fruchtfolge im Jahr zwei Ernten bringen müssen. Nur durch den Einsatz der modernen Maschinen ist es möglich, die zusätzlichen Bestellungsarbeiten und die Ernte der Zwischenfrüchte zu bewältigen.

Dem Boden wird durch den Zwischenfruchtanbau mehr Wasser entzogen. Alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen müssen deshalb so getroffen werden, daß möglichst wenig Wasser verlorengeht (z. B. sofortige Bestellung nach dem Ernten der Hauptfrucht).

Der Zwischenfruchtanbau wird angewendet als

Untersaat: Einsaat im Frühjahr zwischen die Hauptfrucht, Nutzung im Herbst,
Stoppelsaat: Aussaat nach der Ernte, Nutzung als Grünfutter oder Silage,
Winterzwischenfrucht: Aussaat im Herbst, Ernte als Grünfutter im Mai.

Aufgaben und Fragen

1. Erkundige dich in der LPG oder im VEG, welche Formen des Zwischenfruchtanbaues im letzten Jahr angewendet wurden!
2. Nach welchen Hauptfrüchten werden Stoppelsaaten ausgesät?
3. Notiere, wann die Hauptfrucht vom Feld geräumt, wann die Zwischenfrucht eingesät und wann die Zwischenfrucht geerntet wurde!
4. Welche Zwischenfrüchte (auch Mischungen von verschiedenen Futterpflanzen) werden verwendet?
5. Wie wird das über den Zwischenfruchtanbau gewonnene Futter im Betrieb verwertet?

Die Bodengare

Hat ein Boden für das Wachstum der Kulturpflanzen die günstigsten physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften, so bezeichnet man diesen Zustand als **Bodengare.**

Wenn ein Stoppelfeld nach der Getreideernte längere Zeit unbearbeitet und unbebaut liegenbleibt, wird der Boden **garelos.** Dieser Boden trocknet leicht aus. Das Verhältnis von festen Bodenteilen, Wasser und Luft ist gestört. Ähnliches geschieht, wenn nach starken Regenfällen der Boden auf einem gerade bestellten Rübenfeld zusammengeschlämmt wird und später an der Oberfläche verkrustet.

Eine der wichtigsten Aufgaben des Landwirtes besteht darin, dafür zu sorgen, daß die Pflanze einen garen Boden vorfindet. Alle zu treffenden Maßnahmen zielen darauf hin, den Pflanzen optimale Wachstumsbedingungen zu schaffen.

Maßnahmen zur Erreichung der Bodengare:

1. Bearbeitung des Bodens zum richtigen Zeitpunkt, damit eine gute Krümelstruktur erreicht wird.

2. Zufuhr von Bodenkolloiden in Form von Humusstoffen (Dauerhumus).
3. Zufuhr von Humusstoffen zur Ernährung der Bakterien (Nährhumus).
4. Regelung des p_H-Wertes (Kalkung in regelmäßigen Abständen).
5. Anbau von beschattenden Kulturpflanzen.
6. Regelmäßiger Fruchtwechsel (Einhaltung einer langjährigen Fruchtfolge).
7. Ausfrierenlassen des im Herbst gepflügten Bodens während des Winters.
8. Regelmäßiger Ersatz der entzogenen Nährstoffe (Düngung).

Es handelt sich hier um ein System von Maßnahmen, die zusammen wirken müssen. Eine oder zwei dieser Maßnahmen allein für sich führen nur zu geringen Erfolgen im Ackerbau. Der Landwirt muß vielseitige Kenntnisse in seinem Beruf besitzen und durch ständige Beobachtung der Vorgänge auf den Feldern günstige Voraussetzungen für gutes Pflanzenwachstum schaffen.

Kulturpflanzen

Der Mensch entwickelte sich vom Sammler über den Jäger und nomadisierenden Viehzüchter zum seßhaften Ackerbauer. Als er vor Jahrtausenden seßhaft wurde, nahm er eine Reihe von Pflanzen in seine Pflege. Im Laufe der folgenden Zeit vergrößerte sich ihre Anzahl, und noch heute werden Wildpflanzen neu in die Landwirtschaft aufgenommen. Im Gegensatz zu den wildwachsenden Pflanzen werden diese als Kulturpflanzen bezeichnet.

Kulturpflanzen können sich in der Regel ohne Hilfe des Menschen in der Natur nicht behaupten. Bestimmte Eigenschaften oder Organe, beispielsweise Verbreitungseinrichtungen, sind verkümmert oder verlorengegangen.

Die Kulturpflanzen werden nach der Art der Nutzung oder nach den Besonderheiten bei ihrem Anbau und ihrer Pflege (ihrer Kultur) in Gruppen eingeteilt.

Einteilung der Kulturpflanzen nach der Art der Nutzung oder den Besonderheiten ihrer Kultur

Gruppe	Kulturpflanze
Hackfrüchte	Zuckerrübe, Runkelrübe, Kohlrübe, Kartoffel, Futtermöhre, viele Gemüsearten (Feldgemüsebau)
Getreide	Roggen, Weizen, Gerste, Hafer
Ölpflanzen	Raps, Rübsen, Öllein, Ölfaserlein, Mohn, Sonnenblume, Senf, Sojabohne
Faserpflanzen	Faserlein, Ölfaserlein, Hanf

Einteilung der Kulturpflanzen (Fortsetzung)

Gruppe	Kulturpflanze
Futterpflanzen	Gräser, Kleearten, Luzerne, Lupine, Wickenarten, Futtererbse, Serradella, Futterroggen, Futterraps, Sonnenblume, Markstammkohl, Futtermöhre
Gemüse	bekannte Gemüsearten unter Glas und im Freiland
Obst	bekannte Obstarten im Plantagenanbau

Anmerkung: Der **Mais** nimmt eine Sonderstellung ein. Wegen seiner intensiven Bearbeitung wird er zu den Hackfrüchten gezählt. Körnermais ist zu den Getreidearten zu rechnen, Silomais zu den Futterpflanzen.

Biologische Voraussetzungen für den Pflanzenbau

Unsere Kulturpflanzen stammen von Wildformen ab. Wir finden in unserer Heimat wenige Wildformen, da die meisten in Gebieten mit anderem Klima heimisch sind. Meist wachsen in einem solchen Gebiet die Wildformen mehrerer Kulturpflanzen. Wir sprechen deshalb von Entstehungsgebieten der Kulturpflanzen.

In unserer Heimat treffen wir die Wilde Möhre an Wegrändern oder auf Grasplätzen an. Die Möhre ist ein gutes Beispiel für die Entstehung einer Kulturpflanze, weil wir Kultur- und Wildform miteinander vergleichen können.

Die Möhre am Straßenrand wächst in einer Pflanzengesellschaft verschiedenartiger Gräser und Kräuter. Dieser Umgebung ist sie angepaßt. Durch ihre Pfahlwurzel vermag sie im Gegensatz zu den flachwurzelnden Gräsern Nährstoffe und Wasser aus tieferen Bodenschichten aufzunehmen. Als zweijährige Pflanze speichert die Möhre im ersten Jahr Nährstoffe in ihrer Wurzel und schiebt mit Hilfe dieser Nährstoffe im zweiten Jahr einen fast einen Meter hohen Stengel über die Gräser hinaus. So sind die Doldenblüten gut sichtbar und können von Insekten besucht werden.

Sät man Samen der Wilden Möhre in gut vorbereitete Gartenerde, so bleiben zwar die botanischen Merkmale der Art (z. B. Zweijährigkeit, Speicherwurzel) erhalten, die günstigeren Umweltverhältnisse bewirken aber einige Veränderungen. Die zähe und im Geschmack herbe Speicherwurzel verdickt sich und erhält schon im ersten Jahr einen besseren Geschmack. Sät man den Samen der im Garten vermehrten Wilden Möhre immer wieder in Gartenerde, so verbessern sich Größe und Geschmack der Wurzel immer mehr. Durch züchterische Maßnahmen entstehen verschiedene Sorten der Möhre (Karotten, halblange Möhre, Futtermöhren u. a.).

An diesem Beispiel, das beispielsweise auch für Kohl, Zuckerrübe und Getreide zutrifft, ist folgendes zu erkennen:

Manche Wildpflanzen besitzen Eigenschaften, die für den Menschen von Nutzen sind. Durch Pflege und Düngung (Veränderung der Umwelt) sowie vor allem durch züchterische Maßnahmen gewinnt man aus solchen Wildpflanzen Kulturpflanzen. Sie übertreffen bestimmte Leistungen der Wildpflanzen beträchtlich.

Die Hackfrüchte

Kulturpflanzen mit dicken unterirdischen oder oberirdischen Teilen müssen in einem größeren Abstand voneinander angebaut werden (z. B. Kartoffel, Rüben, Kohl). Bis zur Beschattung des Bodens durch ihre Blätter bedürfen sie einer gründlichen Bearbeitung und Pflege (Lockerung des Bodens, Unkrautbekämpfung). Sie werden deshalb als Hackfrüchte bezeichnet. Unsere wichtigsten Hackfrüchte sind die Kartoffel und die Zuckerrübe.

Die Kartoffel

Die Kartoffel stammt aus den Hochlanden von Chile und Peru, in denen auch heute noch zahlreiche Wildarten der Kartoffel vorkommen. Im 16. Jahrhundert brachten die Spanier sie nach Europa. Hier wurde sie zunächst in botanischen Gärten als Zierpflanze angebaut. Um die Mitte des 18. Jahrhunderts begann in Europa der Anbau der Kartoffel als Nutzpflanze; sie wurde später in vielen Ländern zu einem der wichtigsten Nahrungs- und Futtermittel.

Biologische Merkmale. Die Kartoffel gehört wie Tomate und Tabak zur Familie der Nachtschattengewächse. Sie ist eine Staude. Da sie bei uns nicht winterhart ist, wird sie einjährig angebaut. Die Frucht ist eine vielsamige zweifächerige Beere; sie enthält einen Giftstoff (Solanin).

Die Knollen bilden sich an fadenförmigen unterirdischen Ausläufern des Sprosses. Sie ergrünen am Licht. Die Entstehung und das Ergrünen der Knolle lassen erkennen, daß die Kartoffelknollen nicht Wurzelteile, sondern Sproßteile sind.

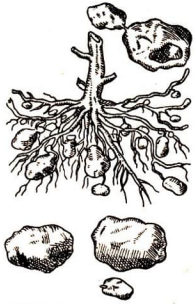


Abb. 103 Kartoffel
Alter Holzschnitt aus dem lateinischen Pflanzenbuch von Carolus Clusius vom Jahre 1601

Aufgaben und Fragen

1. Erläutere den Bau einer Kartoffelstaude (betrachte auch Abb. 48)!
2. Erläutere an Hand einer Kartoffelknolle deren Bau (betrachte auch Abb. 47)!
3. Vergleiche Blüte und Frucht der Kartoffel mit denen anderer Kultupflanzen (betrachte Abb. 104)!

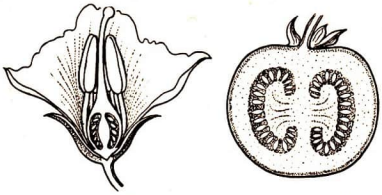


Abb. 104 Blüte und Frucht der Kartoffel

4. Schneide eine Kartoffelknolle der Länge nach durch! Lasse die Teile einige Tage an der Luft liegen! Beobachte die Schnittfläche!
5. Führe an einer durchgeschnittenen Kartoffelknolle den Stärkenachweis durch!
6. Wozu wird reine Kartoffelstärke verwendet?

Bedeutung. Die Kartoffel ist (außer der Kohlrübe) die einzige Hackfrucht, die auf leichteren Böden in die Fruchtfolge eingefügt werden kann.

Die Kartoffelknolle besteht zu 75 bis 80% aus Wasser und zu 20 bis 25% aus Trockenmasse. Für die Verwertung ist die Stärke am wichtigsten. Der Stärkeanteil in der Kartoffel schwankt je nach Reifezeit und Sorte (12 bis 20%). Frühkartoffeln sind nicht so stärkereich wie spätreifende Kartoffeln mit langer Wachstumszeit.

Die Kartoffel liefert bei uns von der Flächeneinheit die meiste Stärke. Das zeigt ein Vergleich mit dem Getreide. Kartoffelertrag je Hektar 200 dt mit 18% Stärke – 36 dt Stärke/ha, Gerstenertrag je Hektar 30 dt mit 62% Stärke – 18,60 dt Stärke/ha.

In der Deutschen Demokratischen Republik werden gegenwärtig etwa 15% der Ackerfläche mit Kartoffeln bebaut. Die Erträge liegen je nach Wachstumsbedingungen und Sorte zwischen 150 und 440 dt/ha.

Die Durchschnittsernte beträgt in der Deutschen Demokratischen Republik jährlich etwa 14 Millionen Tonnen Knollen. Die Ernte wird etwa folgendermaßen verbraucht:

22% Speisekartoffeln (je Kopf der Bevölkerung werden im Jahr durchschnittlich 170 kg verbraucht)
10% Pflanzkartoffeln
45% Futterkartoffeln
15% Fabrik- oder Industriekartoffeln

Der Rest (8%) der geernteten Kartoffeln geht durch Schwund während der Lagerung verloren (Fäulnis, Austreiben, Atmung).

Die Verarbeitung und Verwertung der Fabrikkartoffeln zeigt die Abbildung 105.

Krankheiten und Schädlinge. Unter den Krankheiten, die die Kartoffelstaude befallen, sind Viruskrankheiten (Virosen) die gefährlichsten. Ihre Übertragung erfolgt durch den Stich von Blattläusen (besonders Pfirsichblattlaus) und durch Berührung. Die eingetretene Infektion ist an den Blättern zu erkennen. Sie sind gekräuselt, eingerollt oder weisen eine besondere Strichel- oder Mosaikzeichnung auf (Kräusel-, Blattroll-, Strichel- und Mosaikkrankheit). Die Krankheiten werden durch infizierte Pflanzkartoffeln weiterverbreitet. Der Schaden besteht in einer beträchtlichen Ertragsminderung.

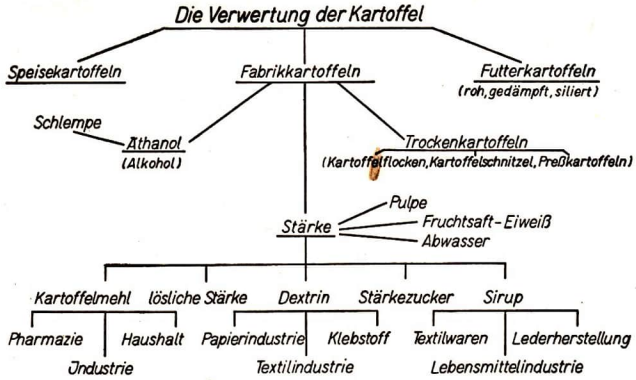


Abb. 105 Verarbeitung und Verwertung der Kartoffel

Zur Vermeidung von Virusschäden wird gesundes Pflanzgut in feuchteren und kühleren Gebieten der Deutschen Demokratischen Republik gezogen und vermehrt (Norddeutschland, Erzgebirge und Vogtland). Das Pflanzgut aus den **Vermehrungsgebieten** geht in diejenigen Bezirke, in denen Viruskrankheiten besonders stark auftreten. Ein regelmäßiger Pflanzgutwechsel ist notwendig, damit die Kartoffelerträge nicht absinken (der Landwirt sagt, die Kartoffeln bauen ab).

Ein weitverbreiteter Schädling der Kartoffel ist der Kartoffelnematode (Kartoffelälchen), der sehr schwer zu bekämpfen ist.

Aufgaben und Fragen

1. Wie wird die Kartoffelernte im VEG oder in der LPG, in der du am Unterrichtstag in der Produktion teilnimmst, verwertet?
2. Welche Maßnahmen ergreift der Betrieb, um die Kartoffeln möglichst verlustlos zu lagern? Wie lagert ihr zu Hause die Kartoffeln, um Verluste zu vermeiden?
3. Erkundige dich nach dem Pflanzgutwechsel im Betrieb! Woher bezieht der Betrieb sein Pflanzgut?

Die Zuckerrübe

Die Zuckerrübe wurde aus der Runkelrübe (Heimat: Küstengebiete Spaniens) gezüchtet, die wie die Rote Rübe und der Mangold von der Wildrübe abstammt. Der Chemiker Marggraf entdeckte 1747 den Zuckergehalt der Runkelrübe. Sein Schüler Achard entwickelte das Verfahren der Zuckergewinnung für die Praxis und

Abb. 106 Blütenstand der Zuckerrübe
Links: Blütenstand, rechts: Einzelblüte im Längsschnitt und Blütenknäuel

gründete 1801 die erste Rübenzuckerfabrik. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts wird die Zuckerrübe in größerem Umfang in Europa angebaut. Die Zuckerausbeute stieg durch die Züchtung gehaltvollerer Rüben von 8 auf 17% und mehr. Durch die Einführung des Zuckerrübenanbaues in Europa wurden wir von der Einfuhr des überseeischen Rohrzuckers unabhängig.

Die Zuckerrübe gehört zur Familie der Gänsefußgewächse. Sie ist eine zweijährige Kulturpflanze und speichert im ersten Jahr Nährstoffe – vor allem Zucker – im Rübenkörper. Aus ihm gewinnen wir Rübenzucker. Sie ist nicht winterhart.

Um Saatgut zu gewinnen, zieht man Rüben mit kleinem Rübenkörper, sogenannte Stecklingsrüben. Im Herbst werden sie eingemietet und im Frühjahr wieder ausgepflanzt. Während der Rübenkörper einschrumpft und saftlos wird (Verbrauch der Speicherstoffe!), streckt sich die Sproßachse in die Höhe. Die Sproßachse trägt wechselständige Blätter und bildet an ihrem Ende einen verzweigten Blütenstand, eine Rispe. Die Blüten sind unscheinbar. Sie werden zumeist durch den Wind bestäubt. Aus den Fruchtknoten gehen einsamige Nüßchen hervor, die von der verhärtenden Blütenhülle umschlossen bleiben. Die Hüllen benachbarter Blüten verwachsen miteinander und bilden Knäuel (Abb. 106). Die Knäuel sind eine Anpassung der Wildpflanze an den festen Boden ihres Standortes (Meeresstrand). Die dicht nebeneinander wachsenden Keimpflanzen unterstützen sich beim Durchstoßen der Erdoberfläche. Fruchtknäuel sind bei Kulturpflanzen unerwünscht. Zur Arbeitserleichterung und Einsparung von Saatgut zertrümmert man deshalb die Knäuel. An der Züchtung von Rübenpflanzen mit Einzelfrüchten wird gearbeitet.

Die Wildpflanze ist in der Regel mehrjährig, blüht und fruchtet aber schon im ersten Jahr; sie bildet keinen verdickten, nährstoffspeichernden Rübenkörper aus. Es ist ein Erfolg der Züchtung, daß die mehrjährige Rübe in die zweijährige umgewandelt wurde, die im ersten Jahr Nährstoffe speichert.

Aufgaben und Fragen

1. Öffne ein Rübenknäuel! Stelle die Zahl der Samen fest!
2. Beschreibe die einzelnen Abschnitte eines Rübenkörpers (betrachte dazu Abb. 107)!
3. Warum steigt in sonnigen Sommern der Zuckergehalt im Rübenkörper?

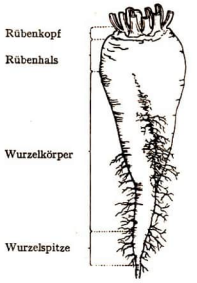


Abb. 107 Rübenkörper

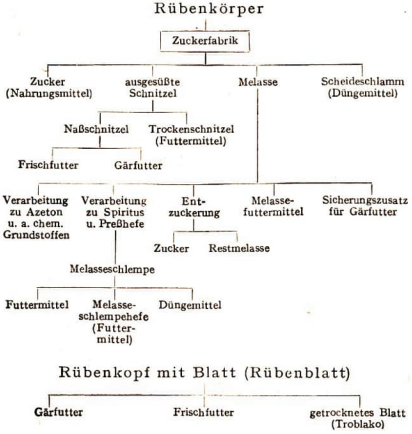
Bedeutung. Von unseren Nutzpflanzen bringt die Zuckerrübe die höchsten Erträge an Kohlenhydraten je Flächeneinheit.

Der Rübenkörper enthält etwa 75% Wasser und 25% Trockenmasse. Der Zuckergehalt schwankt zwischen 17 und 22% des Rübenkörpergewichtes. Die Rübenköpfe mit den Blättern sind ein wertvolles Viehfutter.

Es ist nicht möglich, Zuckerrüben in beliebiger Hektarzahl anzubauen. Die Zuckerrübe gedeiht nur auf nährstoffreichen Löß- und Lehmböden, die in gutem Zustand sind. Sie darf nicht mehrere Jahre hintereinander auf ein und demselben Feld angebaut werden. Durch längere Lagerung treten Zuckerverluste auf. Die Rüben müssen möglichst sofort nach der Ernte verarbeitet werden. Deshalb muß die Anbaufläche mit der Verarbeitungskapazität der Zuckerrübenfabriken übereinstimmen. Die Größe der zu bebauenden Fläche wird aus diesem Grunde durch den Staat festgelegt.

Im Jahre 1960 wurden in der Deutschen Demokratischen Republik aus 6837000 Tonnen geernteter Rüben 680100 Tonnen Weißzucker gewonnen.

Verwertung des Zuckerrübenkörpers



Aufgaben und Fragen

1. Erkundige dich nach der Zuckerrübenanbaufläche der benachbarten LPG oder des VEG und nach den durchschnittlichen Erträgen je Hektar! Berechne die mögliche

Zuckerausbeute bei einem Zuckergehalt von 19% (in der Praxis kann allerdings nicht der gesamte in der Rübe enthaltene Zucker gewonnen werden)!

2. Erkundige dich in der LPG oder im VEG, woher das Saatgut für den Zuckerrübenanbau bezogen wird!
3. Wie verwertet der landwirtschaftliche Betrieb, in dem du am UTP tätig bist, die Blätter und Rückstände des Rübenkörpers?
4. Die Fabrik bezahlt nur „reine Rüben" und rechnet den Prozentsatz an Erde und Wurzelmasse (Schmutz) als Schmutzprozente ab. Erkundige dich nach den Schmutzprozenten einzelner Lieferungen, und berechne die reine Rübenmenge!

Krankheiten und Schädlinge. Die wirtschaftlich bedeutendsten Krankheiten der Rüben sind, ähnlich wie bei der Kartoffel, die Viruserkrankungen. Überträger dieser Virosen sind Insekten (Rübenblattwanzen und Blattläuse). Die Blätter infizierter Pflanzen kräuseln oder vergilben (Kräuselkrankheit, Vergilbungskrankheit). Die kranken Blätter werden in ihrer Lebenstätigkeit gehindert, und der Ertrag der Rüben sinkt (bei starkem Befall bis zu 50%). Die Krankheit wird durch Bekämpfung der Überträger (giftige Stäubemittel) eingeschränkt. Eine Pilzerkrankung der Rüben ist der Wurzelbrand.

Das Getreide

Getreide wird schon sehr lange vom Menschen genutzt. Die ältesten Funde stammen aus dem Nildelta aus der Zeit um 4000 v. u. Z. In Europa wurden zunächst Weizen und Gerste angebaut (etwa 3000 v. u. Z.). Die wichtigsten Formen dieser Arten stammen aus Südwestasien oder Afrika. Die Wildformen von Hafer und Roggen wurden als Unkräuter mit den schon genutzten Arten verschleppt. In der Bronzezeit wurde zunächst der Hafer, in der Eisenzeit dann der Roggen in Europa angebaut. Jahrtausendelang war das Getreide, als Brei zubereitet oder zu Fladen verbacken, zusammen mit dem Fleisch gejagter Tiere das Hauptnahrungsmittel des Menschen. Bis heute ist es eines unserer wichtigsten Nahrungsmittel geblieben. Ein großer Teil der Getreideernte wird an Haustiere verfüttert.

Biologische Merkmale. Die Getreidearten sind einkeimblättrige Pflanzen. Sie gehören zur Familie der Süßgräser. Beim Getreide sind mehrere Blüten zu einem Ährchen vereinigt. Einige Getreidearten besitzen an den Blütenspelzen Grannen. Alle Getreidearten sind Windbestäuber (Roggen ist Fremdbestäuber; Hafer, Gerste und Weizen sind Selbstbestäuber). Das Korn ist eine Frucht, an der Samen und Fruchtschale miteinander verwachsen sind und eine Schale bilden.

Aufgaben und Fragen

1. Nenne die äußeren Merkmale unserer vier Hauptgetreidearten (Abb. 108)!
2. Erläutere den Bau eines Roggenährchens (Abb. 108)!
3. Beschreibe den Bau einer einzelnen Roggenblüte (Abb. 108)!

Abb. 108 Getreidearten. Von links nach rechts: Roggen, Weizen, Hafer, Gerste. Oben Ähren bzw. Rispe, darunter blühende Ährchen, Samen und Grund der Blattspreiten

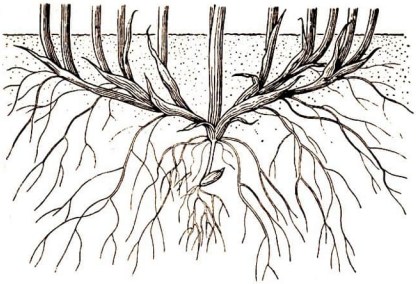


Abb. 109 Bestockte Roggenpflanze mit Halmen und Wurzeln. Die Wurzeln bilden ein ausgedehntes Wurzelgeflecht ohne Hauptwurzel. Alle Wurzeln entstammen dem Grunde der Sproßachse, sind also Beiwurzeln.

4. Erkläre die Besonderheiten des Baues eines Getreidehalmes im Unterschied zum Stengel eines Kreuzblütengewächses!
5. Betrachte den Querschnitt eines Getreidehalmes unter dem Mikroskop! Benenne die einzelnen Schichten!
6. Was versteht man unter dem Schossen des Getreides?
7. Zerschneide ein Roggenkorn der Länge nach, und betrachte es mit der Lupe!
8. Erläutere das Wurzelsystem einer bestockten Roggenpflanze (Abb. 109)!

Bedeutung. Das Getreide nimmt bei uns den größten Teil der Ackerfläche ein (etwa 45%). Der Roggen wird am häufigsten angebaut, er gedeiht auf leichteren Böden und verträgt ein kälteres und rauheres Klima. Der Weizen stellt an Boden und Klima höhere Ansprüche. Im Weltmaßstab überwiegt der Weizenanbau.

Ein beträchtlicher Teil des täglichen Nahrungsbedarfes des Menschen wird durch Getreideerzeugnisse gedeckt. Das Hauptassimilat ist die Stärke. Das Getreidekorn enthält außerdem Eiweiß, Vitamine und Mineralstoffe.

Da das Getreide nur einen geringen Wassergehalt besitzt, ist es gut lager- und transportfähig. Der hohe Eiweißgehalt des Weizenkornes begünstigt die Backfähigkeit (Klebergehalt). Die einzelnen Getreidearten werden sehr vielseitig genutzt.

Nutzung des Getreides

Art	Nutzung durch den Menschen	Nutzung für Haustiere
Roggen	Roggenbrot; Rohstoff für Brennereien (Alkoholherstellung)	geringe Mengen zu Futterzwecken
Weizen	Weizenbrot; Mischbrot unter Beimengung von Roggenmehl; Backwaren; Teigwaren; Grieß	geringe Mengen zu Futterzwecken (Hühnerfutter)
Gerste	Sommergerste oft Rohstoff für Brauereien; Graupen, Grütze	Wintergerste Nutzung als Futtergetreide (Schweinemast, Sauen, Ferkel)
Hafer	Haferflocken; Hafermehl	meist Futtergetreide (Pferde, Kälber, Sauen)

Für die Fütterung sind außerdem die Rückstände aus den Mühlenbetrieben wichtig. Der Mehlkörper des Kornes wird von der Schale nach dem Mahlen durch Siebe getrennt. Die Schalen von Weizen und Roggen ergeben als Rückstand die Kleie. Sie ist ein eiweißreiches Futtermittel und wird meist in Futtermischungen verwendet.

Für den landwirtschaftlichen Betrieb ist auch das geerntete Stroh von großer Bedeutung. Teils wird es als Futterstroh (Hafer- und Winterweizenstroh), teils als Streustroh (besonders Roggenstroh) verwendet. Mit dem Harn und Kot der Tiere vermischt gelangt das Streustroh in Form von Stalldung wieder auf den Acker und dient der Versorgung des Bodens mit Humus (s. S. 121 u. 137).

Vom Weizen werden die beim Dreschen anfallenden Spelzen (Spreu oder Kaff) zusammen mit saftigen Futtermitteln (Rüben) an Rinder, Schafe und Schweine verfüttert.

Mit Ausnahme des Hafers können unsere Getreidearten sowohl als Sommergetreide als auch als Wintergetreide angebaut werden. Das Wintergetreide hat eine längere Wachstumszeit (Herbst bis Sommer), die nur in den reinen Wintermonaten unterbrochen ist. Die überwinternden Formen unserer Getreidearten bedürfen der Frosteinwirkung. Erfolgt diese nicht, so entwickeln sie sich nicht zu fruchttragenden Pflanzen. Winterroggen im Frühjahr ausgesät, bildet nur Blattmasse, er schiebt keine Ähren.

Wintergetreide bringt im allgemeinen höhere Hektarerträge. Sein Anbau wird deshalb, wenn es technisch möglich ist, bevorzugt. In schneefreien, aber froststarken Wintern besteht allerdings die Gefahr, daß das Wintergetreide durch Ausfrieren Schaden erleidet.

Die Ölpflanzen

Pflanzenöle spielen für die menschliche Ernährung eine große Rolle. Sie werden auch zur Herstellung von Schmierölen, Seifen und Firnis verwendet. Den Hauptanteil an der Pflanzenölproduktion in der Welt haben Olivenöl, Sonnenblumenöl und Sojaöl.

Der Winterraps

Rapsöl wird zur Herstellung von Speiseölen und Margarine verwendet. Der Genuß von Pflanzenöl und Margarine ist nach modernen ernährungswissenschaftlichen Erkenntnissen nötig, da den pflanzlichen Fetten besondere Bedeutung zukommt.

Biologische Merkmale. Der Winterraps gehört zur Familie der Kreuzblütengewächse. Er besitzt eine tiefgehende Pfahlwurzel, von der zahlreiche Seitenwurzeln abgehen. Die Sproßachse steht aufrecht. Sie ist wie die Blätter durch einen Wachsüberzug (Verdunstungsschutz) blaugrün gefärbt.

Die Rapsfrucht ist eine Schote. Zur Reifezeit springt sie von der Spitze her in zwei Hälften auf, und die Samen werden verstreut.

Bedeutung. Der Winterraps liefert bei uns von allen Ölfrüchten die größte Ölmenge je Hektar.

Die Höhe der Rapsanbaufläche ist bei uns begrenzt, da der Raps nur auf besseren Böden, die in gutem Kulturzustand sind, gedeiht. Er verlangt ein mildes, feuchtes Klima (z. B. nördliche Bezirke der Deutschen Demokratischen Republik.) Die Hektarerträge sind nicht so gleichbleibend und sicher wie bei Getreide. Starker Schädlingsbefall und Auswinterungsschäden durch lang anhaltende Schneebedeckung verursachen Schwankungen im Ertrag. Die Pflanzenzüchter bemühen sich deshalb, weitere Ölpflanzen mit hohem Ölgehalt und sicheren Erträgen bei uns heimisch zu machen (z. B. Ölsonnenblume).

Der **Mohn** hatte neben dem Raps bisher bei uns die größte Bedeutung. Man verringert die Anbaufläche für Mohn sehr stark, da er von einer Krankheit befallen wird (Falscher Mehltau) und im Ertrag nicht mehr befriedigt.

Rapsöl wird zu Speiseöl oder zu Margarine verarbeitet. Auch zur Herstellung von Schmierölen und Seifen wird es verwendet. Die ausgepreßten Rückstände bilden den Ölkuchen, die extrahierten das Extraktionsschrot. Beide sind sehr eiweißhaltig (30 bis 35% Eiweiß) und werden zu Kraftfuttermischungen für Milchkühe verwendet.

Das Rapsstroh ist zu Streuzwecken nicht gut geeignet. Es kann aber industriell verwertet werden (Preßplatten, Pappe).

Erträge von Ölpflanzen unserer Heimat

Art	Familie	Körnerertrag dt/ha	Fettgehalt	Fettertrag dt/ha
Winterraps	Kreuzblütengewächse	10 bis 25	44%	5,3 bis 11,0
Weißer Senf	Kreuzblütengewächse	8 bis 16	26%	2,1 bis 4,2
Mohn	Mohngewächse	4 bis 12	42%	1,7 bis 5,0
Öllein	Leingewächse	8 bis 15	40%	3,2 bis 6,0
Ölsonnenblume	Korbblütengewächse	24 bis 28	30%	6,0 bis 7,0

Aufgaben

1. Zerdrücke Rapssamen zwischen zwei Papierblättern!
2. Beschreibe den Bau der Rapspflanze (Abb. 110)!
3. Beschreibe den Bau der Rapsblüte (Abb. 110)!
4. Nenne Pflanzen, die einen ähnlichen Blütenbau aufweisen!
5. Erläutere den Bau einer Schote! Vergleiche eine Schote mit einer Hülse!

Krankheiten und Schädlinge. Schädlinge des Rapses sind vor allem der Rapserdfloh, der Kohlerdfloh und der Rapsglanzkäfer.

Die Faserpflanzen

Der Lein ist eine der ältesten Kulturpflanzen. In schweizerischen Pfahlbauten der Jungsteinzeit wurden Gerätschaften gefunden, die auf den Anbau von Lein und die Verwendung von Leinfasern zur damaligen Zeit schließen lassen. In Ägypten und in Mesopotamien wurde der Lein schon etwa um 4000 v. u. Z. angebaut. Auch die Griechen, Römer und Germanen kannten den Leinanbau.

Der Lein gehört zur Familie der Leingewächse. Faserlein besitzt eine bis zu 1 m lange und sich wenig verzweigende Sproßachse und eine etwa 60 cm lange Pfahlwurzel. Der Stengel enthält im Rindenteil besonders lang ausgebildete Bastzellen (Fasern). Sie werden herausgelöst (Flachsröste) und zu Stoffen (Leinen) verarbeitet. Die Frucht ist eine fünffächrige Kapsel mit zehn bräunlichen Samen, die stark ölhaltig (32 bis 40%) sind. Beim Faserlein ist der Samenertrag geringer als beim Öllein.

Vor der Verarbeitung des Stengels werden die Kapseln abgetrennt und gedroschen. Aus dem Leinsamen wird Leinöl gewonnen. Die Rückstände bilden als Leinkuchen oder Leinextraktionsschrot ein wertvolles Kraftfutter (Abb. 111).

Die Futterpflanzen

Es gibt Kulturpflanzen, die sowohl der menschlichen Ernährung

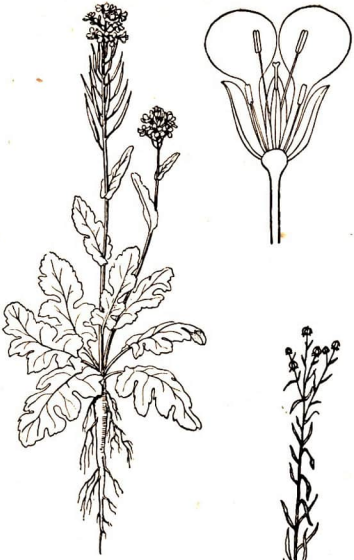


Abb. 110 Rapspflanze
Die Blätter stehen wechselständig. Die unteren sind groß und durch tiefe Einschnitte fiederteilig, nur ihr Endabschnitt ist ungeteilt; die oberen sind verhältnismäßig klein ungeteilt und fast ganzrandig. Die Blüten stehen in Trauben. Die Rapsblüten haben einen vierzähligen Kelch, eine ebenfalls vierzählige, leuchtendgelbe Krone, sechs Staubblätter sowie einen gestreckten Fruchtknoten. Die Staubblätter stehen in zwei Kreisen, die beiden Staubblätter des äußeren Kreises sind kürzer als die vier des inneren.

Abb. 111 Faserlein

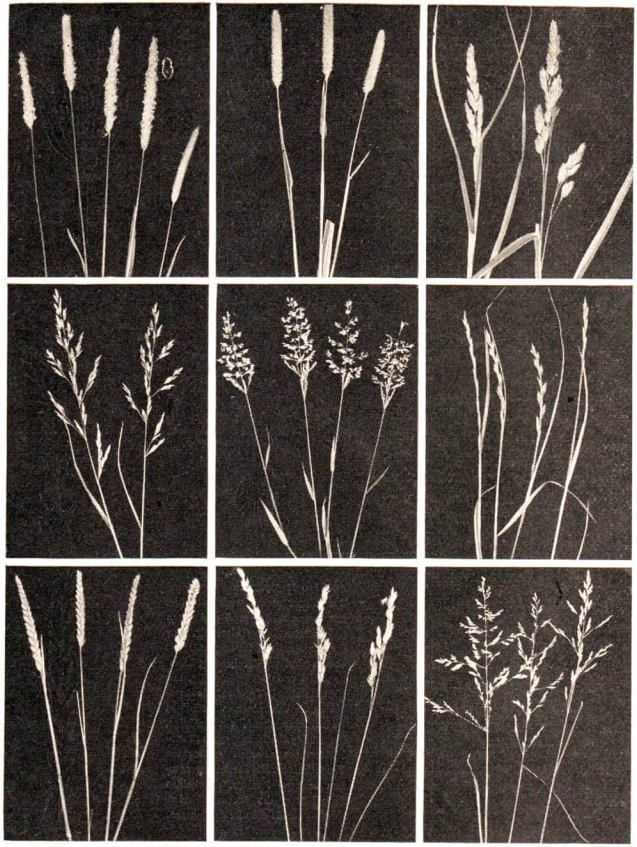


Abb. 112 Futtergräser. Obere Reihe: Wiesen-Fuchsschwanzgras, Wiesen-Lieschgras, Knäuelgras; mittlere Reihe: Wiesen-Schwingel, Weißes Straußgras, Deutsches Weidelgras; untere Reihe: Kammgras, Rot-Schwingel, Wiesen-Rispengras

als auch der Tierernährung dienen (Kartoffel, Getreide). Andere Pflanzen, wie beispielsweise Futtergräser und viele Schmetterlingsblütengewächse, werden erst nach Verfütterung an unsere Haustiere für den Menschen nutzbar gemacht, d. h. durch Umsetzung in Milch, Fleisch, Fett und Eier.

Die Futtergräser

Gräser findet man an den verschiedensten Standorten. Sie wachsen an Wegrändern, in Wäldern oder auf nassen, moorigen Flächen. Auf Ackerland werden Gräser angesät. So sind Weiden auf Mineralboden durch Aussaat von Grassamenmischungen entstanden. Meistens wird Gras in einer Mischung mit Klee angebaut.

Bei Futtergräsern werden folgende Gruppen unterschieden:

Horstgräser. Die Halme der Horstgräser bilden dicht beieinander stehende Büschel (z. B. Wiesen-Lieschgras).

Ausläufergräser. Die Ausläufergräser haben weitverzweigte unterirdische Ausläufer und bilden einen dichten Rasen (z. B. Wiesen-Rispengras).

Obergräser. Obergräser besitzen lange Halme, die Blätter erstrecken sich über den ganzen Stengel (z. B. Knäuelgras).

Untergräser. Untergräser haben kurze Halme, die Blätter befinden sich in Erdbodennähe (z. B. Rot-Schwingel).

Ferner gibt es ausdauernde Gräser und nicht ausdauernde Gräser. Richtige Höhe des Grundwasserstandes und für die Grasart geeignete Nährstoffverhältnisse sind die wichtigsten Voraussetzungen für das Gedeihen der Futtergräser. Auch die Bodenart ist für das Wachstum bestimmter Gräser wichtig. Auf zu nassen Wiesen wachsen im allgemeinen minderwertige Gräser mit geringem Futterwert. Gräser auf Weiden müssen den Tritt und Biß der Weidetiere ohne Schaden vertragen können.

Wichtige Süßgräser (s. Abb. 112)

Art	Botanische Merkmale	Ansprüche	Futterwert
Wiesen-Fuchsschwanzgras	Obergras, horstig, kurze Ausläufer, ausdauernd	feuchte, nährstoffreiche Böden	sehr wertvolles Wiesengras, ertragreich, nährstoffreich
Wiesen-Schwingel	Obergras, horstig, ausdauernd	feuchte, nährstoffreiche Böden	sehr gutes Wiesen- und Weidegras, nährstoffreich
Welsches Weidelgras	Obergras, horstig, nicht ausdauernd	hohe Nährstoffansprüche	wichtiges Gras für den Feldfutterbau

Wichtige Süßgräser (Fortsetzung)

Art	Botanische Merkmale	Ansprüche	Futterwert
Knäuelgras	Obergras, horstig, ausdauernd	spätfrostempfindlich, weniger feuchte Böden	vor der Blüte gutes Futtergras
Wiesen-Rispengras	Untergras, Ausläufergras, ausdauernd	auf leichteren und moorigen Böden in trockenen und feuchten Lagen	sehr gutes Futtergras auf Wiesen und Weiden
Rot-Schwingel	Untergras, Ausläufergras, ausdauernd	auf mittelfeuchten Böden	gutes Wiesen- und Weidegras
Wiesen-Lieschgras	Horstgras, ausdauernd	humose, feuchte Böden	wichtiges Futtergras
Weißes Straußgras	Untergras, Ausläufergras, ausdauernd	feuchte und nasse Moorböden	sehr gutes, nährstoffreiches Wiesengras
Kammgras	Untergras, horstig, ausdauernd	auf armen Böden	mäßiger Futterwert
Deutsches Weidelgras	Untergras, horstig, ausdauernd	auf guten Böden im feuchten Klima sehr biß- und trittfest	sehr gutes Weidegras, Beimischung zum Klee

Gräser wachsen auf Böden, die für die Kultur anderer Kulturpflanzen aus verschiedenen Gründen wenig geeignet sind (Moorböden oder schwere Lehmböden). Sie spielen außerdem beim Anbau von Futterpflanzen auf Äckern eine Rolle. Als Grünfutter oder Heu sind sie in der Tierfütterung unentbehrlich. Gutes Wiesenheu enthält 9,5% Roheiweiß, 2,5% Rohfett, 26% Rohfaser, 39% stickstofffreie Extraktstoffe, 3,2% Mineralstoffe. Nach der Art der Werbung (Ernte des Heues), kann die Heuqualität sehr unterschiedlich sein.

So reichen 6 kg schlechten Wiesenheues je Tag gerade zur Erhaltung einer Kuh aus; die gleiche Menge guten Wiesenheues reicht zur Erhaltung einer Kuh und zur Erzeugung von 3 kg Milch aus.

Aufgaben

1. Nenne einige Grasarten! Kennzeichne den Blütenstand!
2. Nenne Standorte, an denen man wildwachsende Gräser findet!
3. Nenne Kräuter, die auf Wiesen zusammen mit Gräsern wachsen!

Schmetterlingsblütengewächse

Eine Reihe von Schmetterlingsblütengewächsen wird landwirtschaftlich genutzt. Da sie zur Ordnung der Hülsenfruchtartigen gehören, die mit dem wissenschaftlichen

Namen Leguminosales heißen, bezeichnet sie der Landwirt auch als Leguminosen. Die meisten Arten werden angebaut, um eiweißreiches Grünfutter zu gewinnen. Auch zur Gründüngung sind verschiedene Arten geeignet (s. Farbtafel 5).

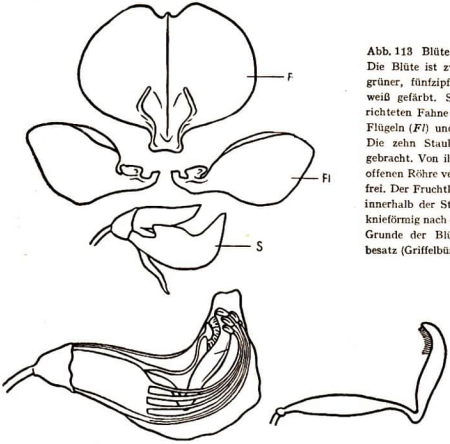


Abb. 113 Blüte der Erbse
Die Blüte ist zweiseitig gebaut. Ihr Kelch ist ein grüner, fünfzipfeliger Becher. Die Krone ist meist weiß gefärbt. Sie besteht aus der nach oben gerichteten Fahne (*F*), den beiden seitlich stehenden Flügeln (*Fl*) und dem kahnförmigen Schiffchen (*S*). Die zehn Staubblätter sind im Schiffchen untergebracht. Von ihnen sind neun am Grunde zu einer offenen Röhre verwachsen. Nur das oberste ist völlig frei. Der Fruchtknoten ist gestreckt. Er befindet sich innerhalb der Staubfadenröhre. Sein Griffel ist vorn knieförmig nach oben gebogen und besitzt auf der dem Grunde der Blüte zugekehrten Seite einen Haarbesatz (Griffelbürste).

Übersicht über landwirtschaftlich genutzte Leguminosen

Art	Botanische Merkmale	Ansprüche	Nutzung
Rot-Klee	Blüten: rot; kugeliger Kopf. Blätter: dreizählig	bessere Böden	Grünfutter, Heu, Beweidung
Weiß-Klee	Blüten: weiß: kugeliger Kopf. Blätter: dreizählig	bessere Böden	Weidenutzung (als Untersaat oder in Weidemischungen)
Luzerne	Blüten: blau; traubiger Kopf. Blätter: dreizählig	bessere Böden in hoher Kultur	Grünfutter, Heu, künstliche Trocknung (Luzernemehl), höchste Eiweißleistung je Hektar
Serradella	Blüten: hellrot; 2- bis 5blütige Dolden. Blätter: unpaarig gefiedert	Sandböden	Weidenutzung, Grünfutter, Heu, Gründüngung

Übersicht über landwirtschaftlich genutzte Leguminosen (Fortsetzung)

Art	Botanische Merkmale	Ansprüche	Nutzung
Süß-Lupine	Blüten: weiß, gelb oder blau; Trauben Blätter: gestielt, gefingert	sehr leichte bis mittlere Böden	Körnergewinnung, Grünfutter, Silage, Gründüngung
Saat-Wicke (Sommerwicke)	Blüten: einfach; bläulich oder purpurn Blätter: gefiedert, mit Ranken	mittlere Böden	im Gemenge mit Sommergetreide als Grünfuttersilage und Heu (Sommerzwischenfrucht)
Zottel-Wicke (Winterwicke)	Blüten: bläulich; Trauben (12- bis 30blütig) Blätter: gefiedert, mit Ranken, zottig und behaart	leichte Böden	in Gemenge mit Wintergetreide als Grünfutter, Silage, Heu

In Gemengen mit Sommergetreide werden zu Futterzwecken auch Ackerbohne und Futtererbse angebaut.

Aufgaben und Fragen

1. Wiederhole die Merkmale einer Erbsenblüte (s. auch Abb. 113)!
2. Nenne bekannte Schmetterlingsblütengewächse! Wie werden sie genutzt?

Der Mais

Der Mais ist eine der ältesten Kulturpflanzen. Seine Wildform ist nicht bekannt; er stammt wahrscheinlich aus Peru. In Europa wurde er nach der Entdeckung Amerikas bekannt. In den letzten Jahren ist der Mais in der Deutschen Demokratischen Republik als Grünfutter- und Silopflanze eine der wichtigsten Futterpflanzen geworden.

Biologische Merkmale. Der Mais gehört zu den Süßgräsern. Er besitzt einen markhaltigen Stengel und erzeugt sehr viel Blattmasse. Er ist eine einhäusige Pflanze. Die männlichen Blüten sind an der Spitze des Stengels in Rispen vereint, die weiblichen Blüten stehen in Kolben in den Achseln unterer Blätter. Die Kolben werden von einer Hülle aus häutigen Blättern, den Lieschblättern, umschlossen. Zur Blütezeit hängen aus der Spitze der Hülle die langen, fadenförmigen Narben heraus. Aus den weiblichen Blütenständen entwickeln sich Fruchtkolben, die mit Körnern dicht besetzt sind.

Bedeutung. Da der Mais auch auf leichteren Böden gedeiht und Trockenperioden gut übersteht, kann er in den meisten Gebieten der Deutschen Demokratischen Republik angebaut werden.

Nutzung des Mais

Anbauart		Erntezeit	Nutzung
Körnermais	Hauptfrucht	Vollreife (rund 135 Tage Vegetationsdauer)	Körner als Futtermittel
Grünmais	Zweitfrucht (nach Winterzwischenfrüchten)	Milchreife (etwa 120 Tage Vegetationsdauer)	Verfüttern der Pflanze in frischem Zustand
Silomais	Zweit- oder Hauptfrucht	Milch-Wachsreife (etwa 130 bis 150 Tage Vegetationsdauer)	Einsäuern gehäckselter frischer Pflanzen

In den letzten Jahren wurde vor allem der Anbau von Silomais gesteigert (1954 etwa 5000 ha, 1958 190000 ha, 1960 300000 ha). Etwa 10 bis 12% des Ackerlandes werden jetzt in vielen Betrieben mit Mais bestellt.

Diese Steigerung im Anbau erfolgte, weil der Silomais, verglichen mit anderen Futterpflanzen, die höchsten Nährstofferträge je Hektar bringt. Da auch die Runkelrübe mit Blatt an gute Silomaiserträge nicht heranreicht und der Maisanbau von der Saat bis zur Ernte voll mechanisiert werden kann, wird der Runkelrübenanbau zugunsten des Maises eingeschränkt.

Aufgaben

1. Vergleiche die Maisblüte mit der Blüte anderer Gräser!
2. Erläutere den Gärungsvorgang im Maissilo!

Der Gemüseanbau

Gemüse wurde schon von den Ägyptern, Griechen und Römern angebaut. Die Römer brachten zahlreiche im Mittelmeerraum beheimatete Gemüsearten mit nach Deutschland. Hier wurde der Gemüseanbau lange Zeit in Haus- und Klostergärten betrieben.

Durch die Zunahme der Bevölkerung steigerte sich der Gemüsebedarf. Außerdem wurden immer bessere Konservierungsverfahren entwickelt, so daß das geerntete Gemüse für lange Zeit haltbar gemacht werden konnte. Dies führte seit dem vorigen Jahrhundert zu einer starken Erweiterung der Gemüseanbauflächen.

Gemüse hat einen hohen Vitamin- und Mineralstoffgehalt. Darin liegt sein Wert. Es bildet als Beikost zu den nährstoffreicheren Nahrungsmitteln einen wichtigen Bestandteil unserer Gesamternährung. Für jeden Einwohner werden jährlich etwa 100 kg Gemüse benötigt. Der kleinere Teil dieser Menge wird in Hausgärten erzeugt. Die Masse des benötigten Gemüses, besonders für die Bevölkerung der Großstädte, muß auf den Feldern der LPG und in Gemüsespezialbetrieben produziert werden.

Das Frühgemüse wird bis zur Ernte entweder unter Glas angebaut (z. B. Gurke, Tomate, Treibsalat, Frühkohlrabi, Frühblumenkohl), oder die im Frühbeet vorgezogenen Jungpflanzen werden ins Freiland versetzt und reifen dort (z. B. Frühkohl, Kohlrabi, Kopfsalat, Tomate). Um das Wachstum zu beschleunigen, überdeckt man die Jungpflanzen im Freien anfangs mit Folienzelten, man schafft somit ein Gewächshaus im kleinen.

Viele Gemüsearten kann man gleich an Ort und Stelle aussäen (z. B. Zwiebel, Möhre, Erbse, Bohne, Radies, Rote Rübe). Bei vielen im Herbst zu erntenden Gemüsearten erfolgt die Anzucht der Jungpflanzen auf Saatbeeten (z. B. Kopfkohl, Grünkohl, Rosenkohl, Porree), sie werden später auf das Feld gepflanzt.

Vitaminreiches Gemüse ist zur Erhaltung der Gesundheit wichtig. Durch folgende Maßnahmen wird die gleichmäßige Versorgung mit Gemüse über das ganze Jahr gesichert:

1. Anbau von überwinternden Gemüsearten, die schon im zeitigen Frühjahr geerntet werden können (Spinat).
2. Erweiterung des Frühgemüseanbaues unter Glas (Treibgemüse).
3. Verlustlose Lagerung von Dauergemüse für den Winterbedarf (Kohlscheune, Miete).
4. Konservierung von Gemüse, das nicht sofort verbraucht werden kann, durch:
   Sterilisieren (Konservendosen, Weckgläser),
   Einfrieren (Feinfrostgemüse),
   Einsäuern (Sauerkraut),
   Einsalzen (Gurke),
   Einlegen mit Essig und Zucker (Gurke, Kürbis).

Der Gemüseanbau ist eine der intensivsten Formen des Pflanzenbaues mit den höchsten Erträgen je Flächeneinheit. Er wird besonders in klimatisch günstigen Gebieten betrieben (Magdeburger Börde, Elbtal bei Dresden, Erfurt) oder in der Nähe der Großstädte (kurzer Transportweg der empfindlichen Gemüse). In einigen Gebieten gibt es Spezialkulturen (Spreewald: Gurken und Meerrettich, Köthen: Zwiebeln).

Die Gemüsegruppen

Gemüsegruppe	Pflanze	Familie
Kohlgemüse	Kopfkohl, Blumenkohl, Rosenkohl, Grünkohl, Kohlrabi	Kreuzblütengewächse
Wurzel- und Knollengemüse	Möhre, Petersilie, Sellerie, Pastinak	Doldengewächse
	Rote Rübe, Kohlrübe	Gänsefußgewächse
	Rettich, Radies, Meerrettich	Kreuzblütengewächse
	Schwarzwurzel	Korbblütengewächse
Zwiebelgemüse	Küchenzwiebel, Porree, Schnitt-Lauch, Knob-Lauch	Liliengewächse

Die Gemüsegruppen (Fortsetzung)

Gemüsegruppe	Pflanze	Familie
Blatt- und Stielgemüse	Spinat, Mangold Grüner Salat	Gänsefußgewächse Korbblütengewächse
Fruchtgemüse	Gurke, Melone, Kürbis Tomate, Paprika	Kürbisgewächse Nachtschattengewächse
ausdauernde Gemüsepflanzen	Spargel Rhabarber	Liliengewächse Knöterichgewächse
Hülsenfrüchte	Erbse, Bohne	Schmetterlingsblütengewächse

Der Obstanbau

Der Obstanbau wurde schon im Altertum betrieben. Die Römer führten ihn auch in Germanien ein. Sie verbreiteten gleichzeitig das Pfropfen. Der Obstbau diente zunächst fast nur der Deckung des Eigenbedarfes der Anbauer. Erst seit dem 19. Jahrhundert wird der Obstbau für die Marktversorgung verstärkt betrieben.

Der Obstbau nimmt bei uns etwa 1 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche ein. In den Jahren von 1956 bis 1960 wurden in der Deutschen Demokratischen Republik im Jahr durchschnittlich etwa 30 kg Obst je Kopf der Bevölkerung erzeugt, eine Steigerung auf 80 bis 100 kg ist vorgesehen.

Ein großer Teil des Obstes kommt aus Haus-, Klein- und Bauerngärten. Für die Versorgung der städtischen Bevölkerung sorgt der Erwerbsobstbau. Hier werden Obstbäume an Straßenrändern, Feldrainen und vor allem in Plantagen angebaut. Geschlossene Obstanbaugebiete finden wir in klimatisch günstigen Gebieten oder in der Nähe der Großstädte (Werder bei Berlin, Radebeul bei Dresden).

Kernobst ist je nach Sorte längere oder kürzere Zeit lagerfähig. Bei sachgemäßer Lagerung (Temperatur: 2 bis 4 °C; relative Luftfeuchtigkeit 90 bis 95 %) hält sich Frischobst, z. B. Äpfel, bis zum Mai/Juni. Weniger lagerfähige Kernobstsorten und das Fallobst werden sofort verarbeitet.

Stein- und Beerenobst ist nur kurze Zeit lagerfähig. Der größere Teil der Ernte muß deshalb sofort verarbeitet werden.

Für die ganzjährige Versorgung werden Konserven hergestellt: Sterilkonserven (Kompotte), Feinfrostkonserven (Erdbeeren, Himbeeren, Pflaumen), Trockenkonserven (Backpflaumen) sowie obsthaltige Brotaufstrichmittel (Mus, Marmelade, Konfitüre, Gelee), Fruchtsäfte (Süßmost, Fruchtsirup, Fruchsaftkonzentrat) und Obstweine.

Schalenobst (z. B. Walnuß, Haselnuß) ist ohne Konservierungsmittel über Monate haltbar.

Obstgruppe

Obstgruppe	Bau der Frucht	Art	Familie
Kernobst	Fruchtfleisch umgibt kapselartigen Hohlraum, der mehrere Samen enthält	Apfel, Birne, Quitte	Rosengewächse
Steinobst	die überwiegend fleischige Frucht umgibt mit ihrer harten Innenschicht (Stein) einen Samen	Kirsche, Pflaume, Pfirsich, Aprikose	Rosengewächse
Beerenobst	vom saftigen Fruchtfleisch werden mehrere Samen völlig eingehüllt (nur bei Erdbeeren sitzen trockene Samen dem Fruchtfleisch auf)	Johannisbeere, Stachelbeere	Steinbrechgewächse
		Himbeere, Brombeere, Erdbeere	Rosengewächse
		Weinbeere	Weinrebengewächse
Schalenobst	eine harte Hülle umgibt einen genießbaren Samen (Kern)	Walnuß	Walnußgewächse
		Haselnuß	Haselgewächse

Der Wert des Obstes liegt in seinem Gehalt an Fruchtsäuren, Mineralstoffen, Vitaminen und Zucker. Der Nährwert ist im allgemeinen gering. Eine Ausnahme bilden die Nüsse, sie enthalten Fett und Eiweiß. Obst ist zur Gesunderhaltung des Menschen ebenso wie frisches Gemüse unerläßlich.

Von den verschiedenen Obstarten gibt es jeweils mehrere Sorten. Diese unterscheiden sich in Fruchtform, Geschmack, Reifezeit, Haltbarkeit und in den Ansprüchen an Boden und Klima.

Einige unserer Apfel- und Pflaumensorten fruchten nicht, wenn durch die Insekten Pollen derselben Sorte auf die Narbe übertragen wird. Bei der Anlage einer Apfelplantage werden deshalb verschiedene Apfelsorten gepflanzt (z. B. ist die Apfelsorte „Boskoop" selbstunfruchtbar, als Pollenspender baut man die Sorte „Goldparmäne" mit an).

Hohe Obsternten sind nur zu erreichen, wenn die Obstbäume ordnungsgemäß gepflegt und gedüngt werden. Die Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen ist von großer Bedeutung.

Aufgaben und Fragen

1. Ordne den Begriffen Kern-, Stein-, Schalen- und Beerenobst die einzelnen Arten zu! Beschreibe den Bau der Früchte! Vergleiche!

2. Erläutere, wie junge Obstbäume in der Baumschule gezogen werden! Erkläre die verschiedenen Arten des Veredelns!
3. Nenne Schädlinge des Kern- und Steinobstes!
4. Warum ist die Versorgung mit Frischobst wichtig?
5. Ist Kompott beziehungsweise Apfelmus ein vollwertiger Ersatz für einen rohen Apfel?

Die ausländischen Kulturpflanzen

Eine Anzahl ausländischer Kulturpflanzen haben für unsere Wirtschaft große Bedeutung. Von ihnen sind einige so wichtig, daß wir auf sie nicht mehr verzichten können (z. B. Baumwolle, ausländische Ölpflanzen). Auf andere könnten wir verzichten, aber sie werden seit vielen Jahren eingeführt und entsprechen unserem Geschmack und unseren Gewohnheiten (z. B. Kakao, Gewürze).

Die stärkehaltigen Nutzpflanzen

Der Reis. Der Reis ist im Weltmaßstab die wichtigste Getreideart; er ist ein Rispengras (Abb. 114). Die Grasfrucht ist von Spelzen fest umschlossen, die in der Reismühle abgeschält werden. Ein vitaminreiches Silberhäutchen, das die Körner umschließt, wird maschinell abgeschliffen. Im Handel erscheint bei uns der so vorbereitete, geschälte Reis.

In seinen Hauptanbaugebieten (Indien, China, Japan) ist der Reis, wie bei uns die heimischen Brotgetreidearten, das wichtigste Nahrungsmittel. Bei einseitiger Reisernährung sind ungeschälte Reiskörner wegen ihres Vitamin-B-Gehaltes vorzuziehen, da sonst eine gefürchtete Mangelkrankheit, die Beriberi, auftritt.

Der Reis wird in tropischen und subtropischen Anbaugebieten als Wasserreis bei reichlicher Bewässerung oder als Trockenreis ohne Bewässerung in höheren Gebirgslagen angebaut.

Abb. 114 Reis

Die ölhaltigen Nutzpflanzen

Die Sojabohne. Die Sojabohne (Abb. 115) ist eine alte Kulturpflanze. Sie gehört zur Familie der Schmetterlingsblüten-

Abb. 115 Sojabohne

gewächse. Ihr Wuchs ähnelt dem der Buschbohne. Aus den sehr kleinen hellvioletten bis weißen Blüten entsteht eine Hülse mit 1 bis 5 verschiedenfarbigen Samen. Sie enthalten 35% wertvolles Eiweiß, 20% Fett und Vitamine.

Der hohe Nährstoffgehalt (Eiweiß und Fett) wird von keiner anderen Kulturpflanze erreicht. In ihrer Heimat Ostasien ist die Sojabohne ein wichtiges Nahrungsmittel.

Das aus den Samen gewonnene Speiseöl ist geruch- und geschmacklos. Es findet bei der Margarineherstellung Verwendung. Auch für industrielle Zwecke (Seifen, Firnis, Malerfarben) wird es gebraucht. Die Extraktionsrückstände sind wegen ihres hohen Eiweißgehaltes (45%) eines der wertvollsten Kraftfuttermittel für Kühe (Sojaschrot).

Auch in der Deutschen Demokratischen Republik baut man bei uns gezüchtete Sorten der Sojabohne an.

Die Erdnuß. Die Erdnuß (s. Farbtafel 6) gehört zu den Schmetterlingsblütengewächsen. Sie wird etwa 80 cm hoch und besitzt gelbe Blüten. Nach der Befruchtung wächst das untere Ende des Fruchtknotens zu einem 5 bis 10 cm langen Stiel aus. Er neigt sich zur Erde und senkt den oberen Teil des Fruchtknotens in die Erde. Dort reifen die Erdnüsse aus. Die Hülse enthält meist zwei Samen.

Die Heimat der Erdnuß sind die brasilianischen Anden. Heute wird sie in allen tropischen und subtropischen Ländern der Erde angebaut und gehört mit zu den wichtigsten Ölpflanzen.

Die Samen enthalten etwa 46% Fett, dazu viel Eiweiß. Das ausgepreßte Öl wird wie das der Sojabohne verwendet. Die eiweißhaltigen Rückstände dienen als Viehfutter (Erdnußkuchen). In ihrer Heimat wird die Erdnuß auch als Nahrungsmittel verzehrt.

Abb. 116 Kokospalme

Die Kokospalme. Die Kokospalme (Abb. 116) gehört zu den Palmengewächsen. Sie ist eine tropische Pflanze und gedeiht besonders gut in der Nähe des Meeres (Südseeinseln). Am oberen Ende des bis zu 25 m hohen Stammes bilden sich dort, wo die großen Fiederblätter beginnen, die Früchte (Kokosnüsse). Unter ihrer äußeren lederartigen Schicht liegt eine Mittelschicht aus dichtem Fasergeflecht und darunter die steinharte Innenschicht, die den weißen, ölhaltigen Samen umgibt. In seiner Höhlung befindet sich die Kokosmilch.

Der ölhaltige Kern wird getrocknet und als Kopra nach Europa gebracht. In den Ölmühlen wird daraus ein hochwertiges Pflanzenöl gewonnen, es kommt als Kokosfett in den Handel und findet im Haushalt zu Koch- und Bratzwecken Verwendung. Die Rückstände sind eiweiß- und noch fetthaltig, sie bilden ein wertvolles Viehfutter (Kokoskuchen). Ein kleiner Teil der Kokosernte wird als Kokosnüsse verkauft.

Die faserhaltigen Nutzpflanzen

Die Baumwolle. Die Baumwolle (s. Farbtafel 6) gehört zur Familie der Malvengewächse. Sie ist eine sehr alte Kulturpflanze. Der bis zu 3 m hohe Strauch besitzt weiße, gelbe, rosa oder rote Blüten. Die Frucht ist eine mehrfächrige Kapsel. Zur Reifezeit quellen aus dieser Kapsel die Samen hervor. Ihre Samenhaare bestehen aus reiner Zellulose. Sie werden von den Samen getrennt und gelangen, in große Ballen gepreßt, als Rohstoff in die Textilfabriken. Die Baumwolle ist, rein verarbeitet oder im Gemisch mit Schafwolle oder synthetischen Fasern, die wichtigste Textilfaser. Aus minderwertigen kürzeren Samenhaaren wird Watte hergestellt.

Die Samen der Baumwolle enthalten 18% Öl. Es wird zu Speisezwecken verwendet. Die Preßrückstände (Baumwollsaatmehl und Baumwollextraktionsschrot) verwertet man als Viehfutter (Baumwollsaatkuchen). Hauptanbauländer sind heute die Sowjetunion, die Vereinigten Staaten von Amerika, die Volksrepublik China und die Vereinigte Arabische Republik Ägypten.

Die Gewürzpflanzen

Gewürze besitzen in der Regel keinen Nährwert. Ihre Inhaltsstoffe verleihen den mit ihnen gewürzten Speisen besonderen Geschmack. Manche dieser Inhaltsstoffe, beispielsweise die des Pfeffers, wirken anregend auf die Absonderung von Magensaft. Neben der Vielzahl heimischer Gewürze, haben sich bei uns eine ganze Reihe ausländischer Gewürze eingebürgert (z. B. Vanille, Ingwer, Zimt, Nelken, Pfeffer).

Der Pfefferstrauch. Der Pfefferstrauch (Abb. 117) ist auf den Sundainseln beheimatet, wo er noch heute angebaut wird. Er klettert mit Hilfe von Wurzeln an Stämmen empor. Im Plantagenbau wird er an Stangen gezogen. An den ährigen Blütenständen entwickeln sich kleine rote Früchte, deren Fruchtfleisch einen hartschaligen Samen umschließt. Die Früchte werden meist unreif abgepflückt und getrocknet. Gemahlen ergeben sie den schwarzen Pfeffer, der zum Würzen verwendet wird.

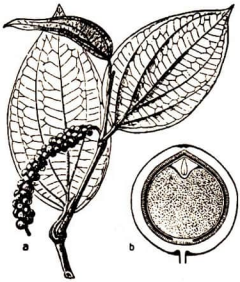


Abb. 117 Pfefferstrauch
a fruchtender Zweig, *b* Schnitt durch die Frucht

Die Kaffeepflanze. Die Kaffeepflanze (s. Farbtafel 7) wächst als Strauch oder kleiner Baum von 5 bis 6 m Höhe. Die immergrüne Pflanze blüht und fruchtet bei genügender Bewässerung während des ganzen Jahres. Sie gehört zur Familie der Rötegewächse, zu der auch die Labkräuter und der Wald-Meister gehören. Die Früchte sind Steinfrüchte; sie ähneln äußerlich Kirschen. Ihr Fruchtfleisch umschließt zwei bohnenförmige grüne Samen. Es wird durch verschiedene Verfahren entfernt. Die grünen Samen kommen als Rohkaffee zu uns. Sie werden geröstet (Röstkaffee) und kurz vor der Zubereitung zermahlen.

Der wirksame Bestandteil des Kaffees ist das Koffein (1 bis 1,5%). Es wirkt anregend auf die Herztätigkeit und das Nervensystem. In größeren Mengen genossen, erregt es Herzklopfen, Angstgefühle und Übelkeit und ist besonders für Jugendliche schädlich.

Die Heimat des Kaffees ist Äthiopien. Heute sind die wichtigsten Kaffeeanbaugebiete Süd- und Mittelamerika, Afrika und Südostasien.

Der Kakaobaum. Der Kakaobaum (s. Farbtafel 7) gehört der Familie der Stinkbaumgewächse an. Er ist ein immergrünes tropisches Gewächs von 4 bis 8 m Höhe. Die Blüten stehen in Büscheln direkt am Stamm oder an älteren Ästen. Die Früchte enthalten 30 bis 60 Samen, die sogenannten Kakaobohnen.

Die Kakaobohne enthält etwa 50% Fett (Kakaobutter), 15% Eiweiß, 8% Stärke und einen Reizstoff, das Theobromin, welcher eine ähnliche Wirkung wie das Koffein ausübt. Das Kakaopulver wird aus stark entfetteten Bohnen hergestellt. Die abgepreßte Kakaobutter wird zur Herstellung von Heilmitteln (Salben) verwendet. Aus wenig entölten Bohnen wird unter Zusatz von Zucker Schokolade hergestellt. Die Kakaobohne ist wegen ihres hohen Nährstoffgehaltes nicht nur ein Genußmittel, sondern auch ein Nahrungsmittel. Die Heimat des Kakaobaumes ist das tropische Südamerika. Hauptanbaugebiete sind heute Brasilien und Westafrika.

Abb. 118 Teestrauch; blühender Zweig

Der Teestrauch. Der Teestrauch (Abb. 118) gehört zur Familie der Teegewächse. Er ist immer grün und wird bis 2 m hoch. Die jungen, grünen Blätter werden gepflückt. Durch ein besonderes Verfahren entsteht der bei uns gewöhnlich verwendete schwarze Tee.

Die Blätter des Tees enthalten bis zu 2% Tein. Der aromatische Geschmack des Tees wird durch ätherische Öle bewirkt. Durch seinen Teingehalt hat der Tee ähnliche Wirkungen wie der Kaffee.

Die Heimat des Tees ist Hinterindien. Er wird heute vor allem in China, Japan, Indien, auf der Insel Ceylon und in Grusinien angebaut.

Die allgemeinen Voraussetzungen für die Haltung von Haustieren

Biologische Voraussetzung der Viehhaltung. Die Haustiere stammen von Wildformen ab. Die Umwandlung vom Wildtier zum Haustier, die **Haustierwerdung** (Domestikation), vollzog sich allmählich. Bestimmte Eigenschaften der Wildtiere blieben dabei erhalten, andere veränderten sich unter den besonderen Bedingungen der Haltung und Pflege. Es bildeten sich neue, für den Menschen Nutzen bringende Eigenschaften heraus. Die Haustiere verloren dabei zu einem großen Teil die Fähigkeit, ohne Pflege des Menschen leben zu können.

Sollen unsere Haustiere gesund bleiben und hohe Leistungen bringen, so müssen wir bei ihrer Ernährung, Pflege und Haltung die Lebensweise ihrer wildlebenden Vorfahren berücksichtigen.

Das Wildschwein ist ein Allesfresser. Es verzehrt sowohl tierische als auch pflanzliche Nahrung.

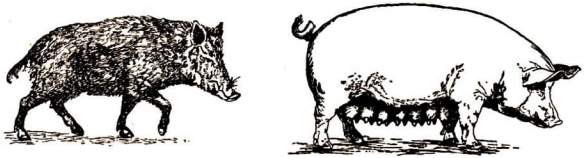
Das Hausschwein wird in der Hauptsache mit pflanzlichen Futtermitteln ernährt, weil diese billiger zu erzeugen sind und es unsinnig wäre, einen Fleischproduzenten mit tierischen Stoffen zu versorgen. Trotz weitgehender Anpassung an pflanzliche Nahrung ist das Hausschwein aber ein Allesfresser geblieben. Es benötigt, wenn es gut gedeihen soll, eine geringe Menge tierischen Eiweißes, das als Beifutter in Form von Fischmehl, Blutmehl oder Magermilch gegeben wird.

Die biologisch richtige Ernährung ist eine der Grundlagen der Viehhaltung.

Das Wildschwein hat die Gewohnheit, im Schlamm zu wühlen (sich zu suhlen). Durch das Schlammbad und das nachfolgende Scheuern an Bäumen wird die Tätigkeit der Haut angeregt. Außerdem wird durch die Schlammkruste Ungeziefer in seiner Entwicklung gehemmt (Läuse, Milben).

Diese natürliche Art der Hautpflege ist dem im Stall gehaltenen Hausschwein genommen. Soll es gesund aufwachsen, so muß ihm entweder die Möglichkeit zu suhlen

Abb. 119 Veränderung des Schweines. Links Wildschwein, rechts Hausschwein



gegeben werden (Auslauf), oder andere Pflegemaßnahmen müssen das Schlammbad ersetzen (baden, chemische Bekämpfung des Ungeziefers).

Die biologisch richtige Pflege ist die zweite Grundlage der Viehhaltung.

Das Wildschwein besitzt lange Deckhaare (Borsten) und darunter dichte Wollhaare. Es ist so gegen unterschiedliche Witterungseinflüsse geschützt.

Das Hausschwein trägt nur wenige Borsten, da es sich im Laufe der Zeit den Stallverhältnissen angepaßt hat. Die Temperatur im Stall muß so gehalten werden, daß nicht zu große Kälte dem fast nackten Schwein in seiner Entwicklung schadet. Ein warmes und trockenes Bodenlager (genügend Einstreu), das gegen die Kälte des Bodens und gegen Feuchtigkeit schützt, ist erforderlich. Hausschweine, die von jung auf draußen gehalten werden und abgehärtet sind, bilden wieder dichtere Haare aus. Die Fähigkeit, sich durch eine Haardecke gegen Kälte zu schützen, ist nicht ganz verlorengegangen.

Die biologisch richtige Haltung ist die dritte Grundlage der Viehhaltung.

Aufgabe

Vergleiche nach Abbildung 119 den äußeren Bau des Wildschweines mit dem des Hausschweines! Unter welchen Bedingungen leben beide Arten? Überlege, welche Beziehung zwischen Bau und Lebensweise besteht!

Bedeutung der Viehhaltung. Durch die Haltung von Vieh wird die Bevölkerung mit verschiedenen tierischen Produkten versorgt.

Im Rahmen des Siebenjahrplanes der Deutschen Demokratischen Republik ist zur Verbesserung des Lebensstandards eine erhebliche Erweiterung des Viehbestandes vorgesehen.

Tierische Produkte

Nahrungsmittel	Rohstoffe
Fleisch, Milch, Milchprodukte, Eier, Fette, Honig	Wolle, Häute, Felle, Haare, Horn, Federn, Wachs

Ökonomische Voraussetzungen. Wenn Vieh gehalten werden soll, muß Futter vorhanden sein. Den größten Teil des Futters erzeugt jeder landwirtschaftliche Betrieb selbst. So werden bei uns etwa 60% der landwirtschaftlichen Nutzfläche für die Ernährung des Viehes genutzt. Nur ein kleiner Teil des benötigten Futters wird aus Rückständen industriell verwerteter landwirtschaftlicher Produkte (z. B. Naß- und Trockenschnitzel der Zuckerrübe, Melasseschlempe, Rapskuchen) oder aus Abfällen anderer Industriezweige (z. B. Fischmehl, Tierkörpermehl) gedeckt.

Jeder landwirtschaftliche Betrieb schafft sich eine Futtergrundlage. Dabei wird angestrebt, von einer niedrigen Flächeneinheit möglichst viel Vieh zu ernähren.

Wege zur Schaffung einer guten Futtergrundlage

1. Anbau von Futterpflanzen, die einen hohen Nährstoffertrag je Hektar bringen (z. B. Mais).

2. Ausdehnung des Zwischenfruchtanbaues (s. S. 143).
3. Verbesserung der Wiesen und Weiden.
4. Verlustlose Ernte von Futterpflanzen (z. B. Gerüsttrocknung des Heues).
5. Richtige Konservierung der Futtermittel (Silage).

Wieviel Tiere in einem landwirtschaftlichen Betrieb gehalten werden, wird durch die staatlichen Planziffern für die tierische Produktion bestimmt. Sie beruhen auf den natürlichen örtlichen Bedingungen. Die meisten landwirtschaftlichen Betriebe halten mehrere Haustierarten. Durch besondere örtliche Verhältnisse wird in manchen Betrieben eine Tierart bevorzugt.

Betriebe mit viel natürlichem Grünland (Wiesen und Weiden) haben einen hohen Rinderbestand (Verwendung der Futtergräser und des Heues). Ebenso ist es bei Betrieben mit gutem Boden und Zuckerrübenanbau (Ausnutzung des Rübenblattes, Möglichkeit des Kleebaues).

Betriebe mit leichtem Boden und wenig natürlichem Grünland halten vorwiegend Schweine (Ausnutzung des Kartoffelanbaues).

Betriebe mit natürlichem, nicht zu nassem Grünland von geringem Wert halten bevorzugt Schafe (Ausnutzung der nährstoffarmen Gräser durch das genügsame Schaf).

Betriebe mit Wasserflächen (Teichen oder Seen) haben gute Möglichkeit, Wassergeflügel zu halten.

Alle Haustiere müssen so untergebracht werden, daß sie gesund und ohne Verluste aufgezogen werden können. Neben der Futtergrundlage ist der Bau von geeigneten Unterkünften (Ställen) eine wichtige Voraussetzung für die Viehhaltung.

Aufgaben

1. Erkundige dich in der LPG oder im VEG, welcher Viehbesatz je 100 ha bei den einzelnen Tierarten im Augenblick vorhanden ist! Welcher Viehbestand wird im Laufe des Siebenjahrplanes angestrebt?
2. Erkundige dich, ob es in dem von dir besuchten landwirtschaftlichen Betrieb natürliche Voraussetzungen für die verstärkte Haltung einer bestimmten Tierart gibt! Laß dir vom Betreuer die Futtergrundlage des Betriebes erläutern!

Die Ernährung der Tiere

Ein Wildtier, beispielsweise das Wildschwein, sucht sich seine Nahrung selbst. Es nimmt so viel auf, daß seine Lebensfunktionen (Blutkreislauf, Atmung, Körpertemperatur, Verdauung, Wachstum, Austragen und Säugen der Jungtiere, Bewegung) geregelt ablaufen. Die Nahrungsaufnahme erfolgt bei den Wildtieren unregelmäßig. Auf Zeiten des Nahrungsüberflusses (Herbst) folgen Zeiten des Nahrungsmangels (Winter). Diesen Schwankungen der Nahrungsaufnahme ist das Wildschwein angepaßt. Die bei einem Überangebot an Nahrung nicht benötigten Mengen werden in Körperfett umgesetzt und gespeichert. In Zeiten des Nahrungsmangels wird das Körperfett wieder abgebaut. Der Mensch hat sich diese Eigenschaft zunutze gemacht und durch züchterische Maßnahmen noch verstärkt.

Auch andere Haustierarten hat der Mensch im Laufe von Jahrhunderten züchterisch so beeinflußt, daß die Leistungen der Tiere seinen Wünschen entsprechen.

Beispiele für unterschiedliche Leistungen bei Wildtier und Haustier

Leistung	Wildtier	Haustier
Jährliche Milchleistung des Rindes	etwa 600 kg	durchschnittlich 2500 bis 5000 kg
Jährliche Eierleistung des Huhnes	8 bis 12 Stück	120 bis 200 Stück
Gewicht der Gans	etwa 4 kg	bis 15 kg
Mastfähigkeit des Schweines	in 9 Monaten 50 kg	in 9 Monaten 150 kg

Aufgaben und Fragen

1. Nenne zu folgenden Gruppenbezeichnungen einzelne Futtermittel: Grünfutter, Gärfutter, Rauhfutter, Körner und Samen, Knollen und Wurzeln, Rückstände aus industrieller Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte! Welche Haustierarten werden mit den einzelnen Futtermitteln gefüttert?
2. Betrachte Abbildung 120! Erkläre danach den Bau eines Wiederkäuermagens! Beschreibe den Weg des Futters!
3. Betrachte Abbildung 120 und Abbildung 121! Vergleiche den Bau des Wiederkäuermagens mit dem des Schweinemagens!

Zusammensetzung der Futtermittel. Das zur Erhaltung der Lebensfunktionen des Haustieres benötigte Futter nennt man **Erhaltungsfutter.** Die besondere Leistung unserer Haustiere (Milch, Fleisch- und Fettansatz, Entwicklung des Jungtieres, Eier,

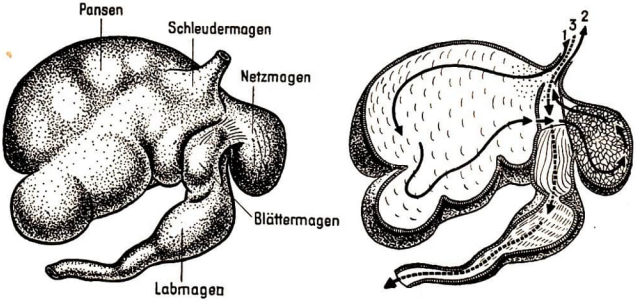


Abb. 120 Wiederkäuermagen (Magen des Hausrindes)
Links: Bezeichnung der einzelnen Teile, rechts: durchschnitten (die Pfeile zeigen den Weg der Nahrung an)

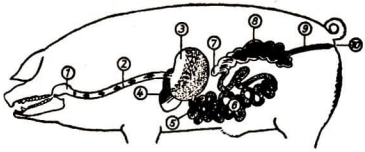


Abb. 121 Verdauungsorgane des Schweines *1* Schlund, *2* Speiseröhre, *3* Magen, *4* Leber, *5* Zwölffingerdarm, *6* Dünndarm, *7* Blinddarm, *8* Dickdarm, *9* Mastdarm, *10* After

Wolle oder Arbeit) muß mit einer zusätzlichen Futtermenge erreicht werden. Diesen Teil des Futters bezeichnet man als **Leistungsfutter.**

Die Menge des Leistungsfutters richtet sich nach dem Alter des Tieres und nach der Art und Höhe der Leistung.

Um die Tiere nach ihrer Leistung richtig füttern zu können, muß man die im Futtermittel enthaltenen Nährstoffe in ihrer Zusammensetzung und Menge kennen.

Jedes Futter setzt sich aus verschiedenen Hauptbestandteilen zusammen:

- Futtermittel
  - Wasser
  - Trockenmasse
    - Anorganische Substanz (Mineralstoffe)
    - Organische Substanz
      - Eiweiß
      - Fett
      - Stärke und Zucker
      - Rohfaser

Alle Futtermittel wurden auf ihren Nährstoffgehalt untersucht. Das Ergebnis ist in Tabellen festgelegt.

Wirkung der Futtermittel auf den Tierkörper. Die organischen Bestandteile der Futtermittel sind die eigentlichen Nährstoffe für das Tier. Sie werden von den Verdauungsorganen der Tiere zerkleinert, durch chemische Vorgänge verändert und in gelöstem Zustand durch die Darmwand in das Blut und die Lymphe aufgenommen. Der Körper verwendet die Futtermittel zur Erhaltung der Körperfunktionen und zum Aufbau körpereigener Stoffe. Eiweiß, Kohlenhydrate und Fett werden auch als **Energieträger** bezeichnet.

Mineralstoffe und Spurenelemente, Vitamine und Wasser sind lebensnotwendige Stoffe. Sie sind für den Ablauf chemischer Um- und Neubildungen im Tierkörper erforderlich.

Mineralstoffe sind in Form von verschiedenen Salzen notwendig, beispielsweise für den Aufbau des Skeletts (Calciumphosphate) oder

Energieträger

Leistungsart	vorwiegend benötigte Nährstoffe
Muskelenergie	**Kohlenhydrate**
Fleischbildung	**Eiweiße**
Fettbildung	**Kohlenhydrate,** Fett, Eiweiß
Milchbildung	**Eiweiß,** Fett, Kohlenhydrate
Eibildung	**Eiweiß,** Fett
Wollebildung	**Eiweiß,** Kohlenhydrate

zur Bildung der roten Blutkörperchen (Eisen- und Kupferverbindungen). Mineralstoffe sind bei einer abwechslungsreichen Fütterung im Gesamtfutter normalerweise in genügender Menge vorhanden. Bei einseitiger Fütterung oder für junge wachsende Tiere müssen sie dem Futter beigemischt werden.

Vitamine nehmen als Wirkstoffe am Stoffwechsel des Körpers teil. Ihr Fehlen bewirkt sogenannte Mangelkrankheiten. Junges Grünfutter ist reich an verschiedenen Vitaminen.

Wasser ist zur Erhaltung der Lebensfunktionen im Körper unbedingt notwendig (z. B. als Lösungsmittel, bei der Verdauung, zur Regelung der Körperwärme).

Ein und dasselbe Futtermittel wird von verschiedenen Tierarten entsprechend ihrem Verdauungssystem besser oder schlechter verdaut (rohfaserhaltige Futtermittel von Wiederkäuern z. B. besser als bei Schweinen). Man spricht von der Verdaulichkeit des Futters.

Die **Rohfaser** ist für den Ablauf der Verdauung wichtig und erzeugt besonders beim Wiederkäuer das Sättigungsgefühl (z. B. Strohzufütterung beim Rind).

Bewertung der Futtermittel. Die verschiedenen Futtermittel enthalten unterschiedliche Mengen Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate. Sie haben also einen unterschiedlichen Nährwert. Damit der Nährwert der verschiedenen Futtermittel gekennzeichnet werden kann, vergleicht man ihren Gesamtnährwert mit dem Nährwert reiner Stärke. Man hat festgestellt, wieviel Kilogramm reine Stärke verfüttert werden müßten, damit ein Tier dieselbe Menge Fett ansetzt wie beim Verfüttern von 100 kg eines bestimmten Futtermittels. Diese Stärkemenge wird als **Stärkewert** des betreffenden Futtermittels bezeichnet. Durch Versuche und Berechnungen wurde beispielsweise ermittelt, daß etwa 9 kg Stärke benötigt werden, damit ein Tier die gleiche Fettmenge bilden kann wie bei der Fütterung mit 100 kg Maissilage: Maissilage hat einen Stärkewert von 9 kg.

Wenn die Futtermittel richtig verwendet werden sollen, muß vor allem ihr Nährwert berücksichtigt werden. Deshalb muß sich der Landwirt über den Nährwert eines Futtermittels unterrichten können. Diese Möglichkeit geben ihm Futterwerttabellen, in denen der Stärkewert angegeben wird (s. Tabelle S. 177).

Da die Haustiere je nach Alter und Leistung einen unterschiedlichen Bedarf an Eiweiß haben, wird der **Eiweißgehalt** eines Futtermittels, obgleich sein Nährwert im Stärkewert enthalten ist, in den Futterwerttabellen gesondert angegeben.

Die Angabe der **Trockensubstanz** in den Futterwerttabellen ist notwendig, weil eine Futterration das Tier nicht nur mit den notwendigen Nährstoffen versorgen, sondern es auch sättigen muß. Die Sättigung wird aber nur durch die Trockensubstanz und nicht durch das in jedem Futtermittel enthaltene Wasser erreicht. Eine Kuh mit 20 kg Milchleistung benötigt an Erhaltungs- und Leistungsfutter z. B. 13 bis 18 kg Trockensubstanz.

Fütterungsnormen. Mit Hilfe von Fütterungsnormen ist es möglich, den Futterbedarf eines bestimmten Tieres für eine bestimmte Leistung wissenschaftlich zu berechnen.

Futterberechnung

Eine Kuh von 500 kg Lebendgewicht benötigt zur Erhaltung der Lebensfunktionen und für eine Leistung von 12 kg Milch mit 3,5% Fettgehalt täglich

Trockensubstanz
11000 bis 16000 g

Stärkewert
5700 bis 6000 g
davon Eiweiß 900 bis 960 g

Auszug aus der Futterwerttabelle für Wiederkäuer
1000 g des Futtermittels enthalten:

Futtermittel	Trockensubstanz	verdauliches Eiweiß	Stärkewert
Wiesengras	200 g	21 g	124 g
Grünmais	211 g	14 g	145 g
Wiesenheu	850 g	50 g	318 g
Haferstroh	850 g	8 g	144 g
Maissilage	197 g	12 g	92 g
Futterrüben (Gehaltsrüben)	135 g	5 g	81 g
Weizenkleie	880 g	116 g	622 g
Rapsschrot	890 g	288 g	567 g

Als Futtermittel stehen zur Verfügung (Tagesration):

	Trockensubstanz	Eiweiß	Stärkewert
7 kg Wiesenheu	5950 g	350 g	2226 g
10 kg Futterrüben (Gehaltsrüben)	1350 g	50 g	810 g
25 kg Maissilage	4925 g	300 g	2300 g
3 kg Haferstroh	2550 g	24 g	432 g
	14775 g	724 g	5768 g

Ausgleich des fehlenden Eiweißes durch ein Kraftfuttergemisch:

½ kg Rapsschrot	445 g	144 g	284 g
½ kg Weizenkleie	440 g	58 g	311 g
insgesamt	15660 g	926 g	6363 g

Der Vergleich der in der Futterration enthaltenen Nährwerte mit der vorgeschriebenen Fütterungsnorm zeigt, daß nicht genügend Eiweiß im Tagesfutter enthalten war. Da aber Milch vorwiegend ein Eiweißprodukt ist, mußte diese Eiweißlücke geschlossen werden. Das konnte in diesem Beispiel durch ein Kraftfuttergemisch geschehen.

Vergleichen wir die Fütterungsnorm und den Gesamtfutterwert, so stellen wir fest, daß genügend Trockensubstanz zur Sättigung im Futter enthalten ist. Auch Eiweiß ist in ausreichender Menge vorhanden. Der Stärkewert ist jedoch etwas zu hoch. Die geringe Erhöhung des Stärkewertes schadet nichts, sie wird sich günstig auf die Fettleistung des Tieres auswirken.

Futterberechnungen ähnlicher Art können für jede Tierart und jede Leistung vorgenommen werden.

Aufgabe

Erkundige dich am UTP während des Lehrganges „Tierische Produktion" nach den Tagesfutterrationen der Kühe und Schweine! Lasse dir von einem Fachmann vorrechnen, wie diese Rationen mit den Fütterungsnormen übereinstimmen!

Die Pflege der Tiere

Ein Haustier auf der Weide braucht wie das Wildtier keine besondere Pflege. Die Hufe des Rindes beispielsweise nutzen sich auf natürliche Art durch die Bewegung des Tieres ab und bleiben gesund. Die Haut wird durch wechselnde Temperatureinflüsse ständig gereizt und ist deshalb gut durchblutet. Der Regen säubert das Fell. Für das Weidetier gibt es genügend Möglichkeiten, sich ein trockenes, sauberes Lager zu suchen. Schweine treiben Hautpflege durch „Suhlen", Hühner nehmen Staubbäder.

Wird das Tier vorwiegend im Stall gehalten, so sind diese natürlichen Bedingungen nicht mehr ausreichend vorhanden. Zur Gesunderhaltung der Tiere und zur Erhaltung ihrer Leistung sind Pflegemaßnahmen notwendig.

Pflegemaßnahmen sind: normgerechte Fütterung – regelmäßige Tränke – trockenes Lager der Tiere – Sauberkeit im Stall – Pflege der Haut – Pflege der Hufe und Klauen – sorgsamer Umgang mit Tieren.

Weidetiere halten wie die Wildtiere einen geregelten Tagesablauf ein (Wechsel zwischen Nahrungsaufnahme und Ruhezeiten). Auch die Tiere im Stall brauchen einen geregelten Tagesablauf. Sie gewöhnen sich schnell an die vom Menschen eingerichtete Ordnung.

Nach der Fütterung ruhen die Tiere, und die Verdauungstätigkeit beginnt. Unruhe und Störungen während dieser Zeit führen zu einem erhöhten Energieverbrauch durch Bewegungen, die sich ungünstig auf die Leistung des Tieres auswirken.

Die Haut kann ihre Funktionen nur ausüben, wenn sie frei von Schmutz, Staub, abgestorbenen Hornzellen und Haarresten ist. Deshalb muß sie durch Putzen (Pferde, Kühe) oder Baden und Abbrausen (Schweine) regelmäßig gereinigt werden. Durch Striegel und Kardätsche wird die Haut massiert und die Durchblutung gefördert. Saubere Haut erleichtert die Schweißabsonderung, eine bessere Regelung der Körpertemperatur kann stattfinden. Regelmäßiges Putzen oder Baden befreit das Tier von lästigen Schmarotzern. Ist die Tätigkeit der Haut durch starke Verschmutzung behindert, so sinkt die Leistung des Tieres.

Bei Stallhaltung ist eine regelmäßige Pflege der Klauen von Schaf und Rind erforderlich, da sie nicht abgenutzt werden. Wegen der fehlenden Bewegung bilden sich besonders beim Rind zu lange Klauen. Tiere mit ungepflegten Klauen leiden oft große Schmerzen, sie sind unruhig, und ihre Leistung geht zurück.

Fliegen, Ratten und Mäuse sind nicht nur Krankheitsüberträger, sie beunruhigen auch das Vieh im Stall. Die Sauberkeit im Stall ist neben anderen Schutzmaßnahmen eines der wirksamsten Mittel gegen dieses Ungeziefer.

Unsere Haustiere unterscheiden sich von den Wildtieren unter anderem auch dadurch, daß sie auf die Annäherung des Menschen nicht durch Flucht oder Abwehr reagieren. Sie sind zahm geworden und an die Gegenwart des Menschen gewöhnt. Diese im Verlauf der Domestikation erworbene Eigenschaft darf nicht dadurch gestört werden, daß die Tiere durch Lärmen, Schelten oder Schlagen ihre Zutraulichkeit zum Menschen zeitweise wieder aufgeben. Alle Tiere müssen mit Ruhe und Umsicht behandelt werden, sonst geht ihre Leistung zurück.

Aufgaben und Fragen

1. Erkläre den Ausspruch „Gut geputzt ist halb gefüttert"!
2. Beobachte in der LPG oder im VEG die Kühe während der Wintermonate im Stall in der Zeit zwischen 9 und 12 Uhr!
3. Die Hufe der Arbeitspferde werden mit Hufeisen beschlagen, die der Fohlen nicht. Begründe!
4. Lasse dir im Kuhstall der LPG oder des VEG schadhafte Klauen zeigen! Erkundige dich nach der Behandlungsweise!

Die Haltung der Tiere

Unsere Haustiere waren vor einigen Jahrhunderten noch äußerst anspruchlose und widerstandsfähige Tiere, die die Unbilden der Natur recht gut ertrugen. Vom zeitigen Frühjahr bis zum Anfang des Winters wurden sie im Freien gehalten und in Wäldern, auf Wiesen oder auf den Brachfeldern gehütet. Während der kalten Wintermonate wurden sie in dunklen, niedrigen Schuppen untergebracht. Auf die Gesunderhaltung der Tiere wurde beim Bau dieser Ställe nicht geachtet. Die Tiere waren durch die Haltung im Freien genügend widerstandsfähig und erkrankten selten. Die Leistungen waren noch niedrig.

Als im 19. Jahrhundert die Erträge des Pflanzenbaues stiegen und neue Futterpflanzen eingeführt wurden, konnten auch die Viehbestände vermehrt werden.

Das Vieh wurde ausschließlich im Stall gehalten. Hier konnte es regelmäßiger gefüttert werden. Gleichzeitig war es vor ungünstigen Witterungseinflüssen besser geschützt. Von der verabreichten Futtermenge wurde weniger zur Erhaltung des Tieres benötigt, so daß die Leistungen der Tiere stiegen.

Aus dem Schwein beispielsweise, das man solange zur Nahrungssuche im Wald weiden ließ, wurde ein ausgesprochenes Stalltier. Auch Kühe wurden in einigen Gegenden Deutschlands ganzjährig im Stall gehalten. Man versäumte es zunächst, die Stallungen den veränderten Bedingungen der Tierhaltung im geschlossenen Raum anzupassen. Die Folge war, daß sich der Gesundheitszustand der Tiere verschlechterte. Erst seit etwa 50 Jahren bemüht man sich, die Ställe so zu bauen, daß für die Tiere ein günstiges Klima herrscht.

Die hygienischen Forderungen an den Stallbau
(Veränderung der Lebensbedingungen)

Freilandhaltung	Stallhaltung
Genügend Sauerstoff zur Atmung	Verringerung des Sauerstoffgehaltes der Luft in häufig zu kleinen, geschlossenen Räumen (Zunahme des CO_2-Gehaltes)

Die hygienischen Forderungen an den Stallbau (Fortsetzung)

Freilandhaltung	Stallhaltung
reine Luft, frei von Gerüchen und Ausdünstungen	Ammoniakgeruch durch Zersetzungsvorgänge im Stalldung (Reizung der Schleimhäute)
normale Luftfeuchtigkeit	erhöhte Luftfeuchtigkeit durch Atmung und Hautausdunstung der vielen Tiere im geschlossenen Raum sowie durch ihre Ausscheidungen und durch Lagerung von Futtermitteln
volle Sonneneinstrahlung	verringerte bis fehlende Sonneneinstrahlung
normale Tagestemperatur	erhöhte Temperatur durch die Körperwärme der Tiere

Biologische Ansprüche der Haustiere

Luft	Frischluft mit 21 % Sauerstoff, nur 0,05 % Kohlendioxyd, frei von Riechstoffen
Licht	Einwirkung der ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes auf die Haut, Einwirkung der Wärmestrahlen
Temperatur	Pferde 8 bis 14 °C, Milchvieh 10 bis 16 °C, Jungvieh 6 bis 10 °C, Mastschweine 12 °C, Zuchtschweine 10 bis 14 °C, Schafe 6 bis 10 °C
Luftfeuchtigkeit	relative Luftfeuchtigkeit von 70 % bei 10 bis 15 °C

Diese biologischen Ansprüche unserer Haustiere müssen bei der Einrichtung eines Stalles berücksichtigt werden.

Bauliche Maßnahmen zur Stallhygiene

Luft/Temperatur/ Luftfeuchtigkeit	aufklappbare Stallfenster, Be- und Entlüftungsanlage Viehzahl muß in Übereinstimmung mit Luftinhalt des Stalles stehen
Licht	genügend große Fenster

Die Haltung von Haustieren im geschlossenen Stall hat auf die Dauer nachteilige Folgen. Auch ein gut durchlüfteter und belichteter Stall kann den Aufenthalt in der freien Luft nicht ersetzen.

Im geschlossenen Stall verliert die Haut die Fähigkeit, sich auf den Wechsel von warm und kalt umzustellen, da die Tiere ständig bei annähernd gleichmäßigen

Temperaturen gehalten werden. Sie verweichlichen, erkälten sich leicht bei Zugluft und werden anfällig gegenüber bestimmten Krankheiten (z. B. Tuberkulose, Rachitis oder Rotlauf). Den Tieren fehlt auch die Bewegung. Frische Luft und Sonne im Freien sind besser als künstlich durchlüftete Ställe, in die nur stundenweise am Tage Sonne durch die Fenster gelangt.

Um die nachteiligen Folgen der aus wirtschaftlichen und klimatischen Gründen notwendigen Stallhaltung zu beseitigen, läßt man heute die Tiere sich möglichst viel unter dem Einfluß von bewegter Luft, Licht und Sonne außerhalb des Stalles aufhalten. Dies geschieht, den örtlichen Bedingungen entsprechend, in folgender Abstufung:

1. Ganzjährige Stallhaltung mit täglichem Auslauf
2. Stallhaltung im Winter, Weidegang im Sommer
3. Haltung im modernen Offenstall (z. B. Laufstall mit oder ohne Boxen; Abb. 122) ganzjährig mit Auslauf
4. Offenstallhaltung im Winter, Weidegang im Sommer

Für Schweine baut man Schweinehütten mit Auslauf (Abb. 123). Besondere Bedeutung hat die gesunde Tierhaltung für Jung- und Zuchttiere.

Durch eine gesunde, der biologischen Eigenheit der Tierart angepaßte Haltung erhöht sich die Langlebigkeit und Fruchtbarkeit der Tiere. Sie werden widerstandsfähig gegen Witterungseinflüsse und Ansteckung.

In unserer Republik werden in großem Umfang moderne Rinderstallkombinate gebaut, in denen gesunde und widerstandsfähige Rinder aufgezogen und gehalten werden.

Abb. 122 Rinderoffenstallanlage mit Windblenden im Institut für Pflanzenzüchtung in Bernburg

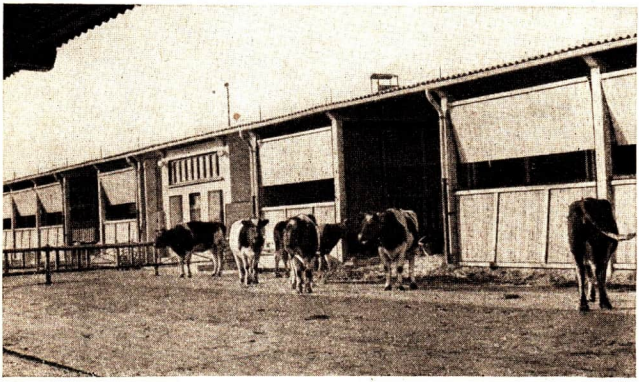


Abb. 123 Schweinehütte mit Auslauf

Aufgaben

1. Lasse dir in der LPG oder im VEG in einem geschlossenen Massivstall zeigen, wie die Be- und Entlüftung des Stallraumes durchgeführt wird!
2. Beurteile die Ställe, in denen du am UTP während des Grundlehrganges „Tierische Produktion" tätig bist! Überlege, warum heute noch nicht alle Ställe den biologischen Forderungen entsprechen können! Sprich mit den Tierpflegern darüber!
3. Lasse dir in der LPG oder im VEG in einem Rinderoffenstall erklären, durch welche Einrichtungen oder Maßnahmen die schädlichen Witterungseinflüsse von den Tieren ferngehalten werden, welche Möglichkeit aber besteht, sie den günstigen Witterungseinflüssen auszusetzen!

Die Tierkrankheiten

Wildtiere werden verhältnismäßig selten krank. Sind sie aber einmal von einer Krankheit befallen, so gehen die meisten zugrunde. Sie können bei einer Erkrankung vor ihren Feinden nicht mehr flüchten und werden von ihnen vernichtet.

Haustiere erkranken häufiger als Wildtiere. Sie sind empfindlicher und anfälliger, das dichte Zusammenleben im Stall fördert die Ansteckungsgefahr.

Durch falsche Ernährung (falsche Zusammensetzung des Futters, übermäßige oder unzureichende Ernährung der Tiere) können Magen- und Darmerkrankungen entstehen. Es treten auch tierische Schmarotzer (z. B. Eingeweidewürmer, Hautparasiten) auf. Infektionserreger (Bakterien und Viren) sind häufige Krankheitsursachen. Sie verursachen unter Umständen seuchenartige Erkrankungen.

Beim Auftreten seuchenartiger Infektionskrankheiten entstehen in unseren Tierbeständen große Verluste. So ist beispielsweise durch die **Maul- und Klauenseuche** der Rinder und Schweine noch vor etwa 10 Jahren großer Schaden verursacht worden.

Jede Krankheit führt in irgendeiner Form zu einem Leistungsabfall des betroffenen Tieres. Deshalb sind der vorbeugende Gesundheitsschutz und die Heilung der Tierkrankheiten von großer wirtschaftlicher Bedeutung.

Aufgaben und Fragen

1. Nenne einige Infektionskrankheiten bei Mensch und Tier!
2. Nenne Würmer, die in Mensch oder Tier als Parasiten leben!
3. Wie werden Infektionskrankheiten bekämpft? Nenne einige Beispiele!
4. Was versteht man unter vorbeugendem Gesundheitsschutz?

Krankheiten des Rindes. Von den zahlreichen Rinderkrankheiten sind Tuberkulose, Maul- und Klauenseuche sowie Bruzellose am meisten verbreitet.

Die **Rindertuberkulose** (Tbk) tritt vorwiegend als Lungentuberkulose auf. Sie befällt jedoch auch andere Organe, z. B. das Euter. Ihre Bekämpfung ist sehr wichtig, da durch die Milch erkrankter Tiere die Tuberkulose auf den Menschen übertragen werden kann. Außerdem treten durch die Krankheit erhebliche wirtschaftliche Schäden auf. Tuberkulosekranke Kühe haben eine kürzere Lebenszeit (5 bis 6 Jahre), ihre Milchleistung liegt um etwa 15% niedriger als die gesunder Kühe. Die Rindertuberkulose wird deshalb planmäßig bekämpft. Bis zum Jahre 1965 sollen in der Deutschen Demokratischen Republik alle landwirtschaftlichen Betriebe nur rindertuberkulosefreie Bestände besitzen.

Am Eingang vieler Gemeinden ist ein grünes Schild mit der Aufschrift „Sanierungsgebiet der Rindertuberkulose (Handelssperrgebiet für Rinder)" angebracht. In diesen Gemeinden werden alle Rinder regelmäßig auf Tuberkulose untersucht. Der Tierarzt spritzt den Tieren eine geringe Menge eines Auszuges aus Tuberkelbakterien (Tuberkulin) in die Haut. Völlig gesunde Tiere zeigen keine Reaktion. Bei Tieren, die von Tuberkelbakterien befallen sind, schwillt nach zwei bis drei Tagen die Impfstelle an. Man bezeichnet sie als Reagenten. Sie werden von den gesunden Tieren getrennt. Da 99% aller Kälber tuberkulosefrei geboren werden, werden sie zur Vermeidung einer Infektion gleich nach der Geburt in einen anderen Stall gebracht und dort mit tuberkulosefreier Milch aufgezogen.

Jeder Betrieb des Sanierungsgebietes ist bemüht, die Reagenten abzuschaffen. Ist ihm dies gelungen, so wird nach mehrmaliger Untersuchung der Tiere sein Bestand als tuberkulosefreier Rinderbestand anerkannt. Ein grünes Schild mit entsprechender Aufschrift wird am Eingang des Dorfes, Gehöftes oder Stalles angebracht.

Rotlauf der Schweine. Die Krankheit wird durch Rotlaufbakterien hervorgerufen. Besonders bei schwülem Wetter im Sommer ist die Gefahr des Ausbruchs der Krankheit groß. Sind Schweine an Rotlauf erkrankt, so kann das Bakterium durch Kot und Harn der kranken Tiere oder durch Insekten weiterverbreitet werden. Der Schweinebestand einer ganzen Gemeinde ist dann gefährdet.

Die äußeren Anzeichen der Krankheit sind: Appetitlosigkeit, Mattigkeit, hohes Fieber, Rötung der Haut. Bei leichterem Verlauf genesen die Schweine, behalten aber oft Folgekrankheiten (Herzklappenfehler). In schwereren Fällen sterben die Tiere nach 3 bis 4 Tagen.

Der Rotlauf kann durch eine vorbeugende Schutzimpfung bekämpft werden. Für alle LPG und VEG besteht die Pflicht, die Ferkel gegen Rotlauf impfen zu lassen.

Unter natürlichen Bedingungen gehaltene Schweine sind gegen Rotlaufinfektion weniger anfällig.

Aufgaben

1. Erkundige dich nach Tierkrankheiten, die bei den verschiedenen Haustierarten in deiner Heimat besonders stark auftraten! Laß dir berichten, wie diese bekämpft wurden!
2. Achte in der Umgebung deines Wohnortes auf Schilder mit der Aufschrift „Tuberkulosefreier Rinderbestand"!
3. Oft findest du an Stalltüren sogenannte Seuchenmatten. Erkundige dich, wozu sie angelegt wurden!
4. Überlege, welche Maßnahmen in einer LPG getroffen werden müssen, in der tbk-freie Rinder und Reagenten gehalten werden!

Auftretende Tierseuchen und nichtansteckende Krankheiten fügen unserer Landwirtschaft erheblichen Schaden zu. Die Leistungen der Tiere werden gemindert. Der staatliche Tiergesundheitsdienst, die Tierärzte und das Tierpflegepersonal der sozialistischen Landwirtschaft führen deshalb vorbeugende Maßnahmen durch, die das Auftreten von Krankheiten verhindern. Die Tiere werden jährlich zweimal untersucht, die Stallverhältnisse vom Tierarzt überprüft. Die Regierung der Deutschen Demokratischen Republik widmet dem vorbeugenden Tiergesundheitsschutz besondere Aufmerksamkeit.

Anhang

Übersicht über das Reich der Pflanzen (*Cormobionta*)

Zum Reich der Pflanzen zählen wir die Moospflanzen, die Farnpflanzen und die Samenpflanzen. Bei ihnen sind die Gewebe stärker differenziert als bei den mehrzelligen Protisten (Algen, Pilze). Sie stellen die höchstentwickelte Gruppe von Organismen dar, die ihren Körper durch Photosynthese oder Chemosynthese aufbauen. Oft faßt man unter dem Begriff Pflanzen auch weit mehr Formen zusammen: außer den Moospflanzen, Farnpflanzen und Samenpflanzen noch die Algen, die Rotäugelein, die Pilze, Gruppen der Urtierchen, die Blaualgen und die Bakterien. Dann grenzt man die von uns als Pflanzen benannten Moospflanzen, Farnpflanzen und Samenpflanzen von den anderen Formen als **Sproßpflanzen** ab.

Stamm: Moospflanzen (*Bryophyta*)

Kleinere Pflanzen mit verhältnismäßig geringer Differenzierung ihrer Gewebe. Ohne Wurzeln, an deren Stelle haarförmige Fäden (Rhizoiden), die die Pflanze im Boden verankern, aber kaum Wasser und Bodennährstoffe aufnehmen. Pflanzenkörper aus Moosstämmchen mit Moosblättern oder aus einem flächig ausgebreiteten Lager (Thallus) bestehend. Wasseraufnahme zumeist durch die Moosblätter oder das Lager (den Thallus). Verbreitung in der Regel durch Sporen, die in einer Sporenkapsel gebildet werden.

Klasse: Laubmoose (*Bryopsida*)

Beispiele: **Frauenhaarmoos** (*Polytrichum*, Abb. 90), **Schlafmoos** (*Hypnum*, Abb. 90).

Klasse: Torfmoose (*Sphagnopsida*, Abb. 90). (Einige Arten bilden die Hochmoore.)

Klasse: Lebermoose (*Hepaticopsida*)

Beispiele: **Brunnenlebermoos** (*Marchantia polymorpha*, Abb. 90), **Peitschenlebermoos** (*Bazzania trilobata*, Abb. 90).

Stamm: Farnpflanzen (*Pteridophyta*)

Zumeist kräftige krautige Pflanzen mit differenzierten Geweben, aus Sproßachse, Blättern und echten (aus Geweben zusammengesetzten) Wurzeln bestehend, Verbreitung durch Sporen, die in Sporenkapseln gebildet werden.

Klasse: Bärlappe (*Lycopsida*)

Beispiele: **Keulen-Bärlapp** (*Lycopodium clavatum*), **Flacher Bärlapp** (*L. complanatum*). (Alle Bärlappe stehen unter Naturschutz!)

Klasse: Farne (*Pteropsida*)

Beispiele: **Gemeiner Wurmfarn** (*Dryopteris filix-mas*), **Königs-Rispenfarn** (*Osmunda regalis*).

Klasse: Schachtelhalme (*Sphenopsida*)

Beispiele: **Acker-Schachtelhalm** (*Equisetum arvense*), **Teich-Schachtelhalm** (*E. fluviatile*).

Stamm: Samenpflanzen (*Spermatophyta*)

Kräuter oder Holzgewächse mit stark differenzierten Geweben und mit Blüten. Verbreitung durch Samen.

Unterstamm: Nacktsamer (*Gymnospermophytina*)

Meist Holzgewächse, die im Holz Gefäßzellen (Tracheiden: wasserleitende Zellen), jedoch keine Gefäße (Tracheen: Rohre aus mehreren miteinander verschmolzenen Zellen, s. S. 23) enthalten. Fruchtblätter der Blüten nicht zu einem Fruchtknoten verwachsen, Samenanlagen daher frei (nackt) liegend.

Klasse: Nadelbäume (*Coniferopsida*)

Bäume oder Sträucher, Blätter nadel- oder schuppenförmig.

Beispiele: **Weiß-Tanne** (*Abies alba*), **Gemeine Fichte** (*Picea abies*), **Gemeine Kiefer** (*Pinus silvestris*).

Unterstamm: Bedecktsamer (*Angiospermophytina*)

Kräuter oder Holzgewächse, die Gefäße (Tracheen) enthalten. Fruchtblätter der Blüten zu Fruchtknoten verwachsen, Samenanlagen daher in diesen eingeschlossen (bedeckt). Fast alle Kulturpflanzen sind Bedecktsamer.

Klasse: Einkeimblättrige (*Monocotyledonopsida*)

Keimpflanzen mit 1 Keimblatt. Blätter meist parallelnervig, ganzrandig. Blütenhüllblätter meist 6, Staubblätter in der Regel 3 oder 6.

Beispiele: **Weiße Lilie** (*Lilium candidum*), **Roggen** (*Secale cereale*), **Küchenzwiebel** (*Allium cepa*).

Klasse: Zweikeimblättrige (*Dicotyledonopsida*)

Keimpflanze mit 2 Keimblättern. Blätter netznervig.

Beispiele: **Rot-Buche** (*Fagus silvatica*), **Raps** (*Brassica napus*), **Möhre** (*Daucus carota*), **Sonnenblume** (*Helianthus annuus*).

Familien der Bedecktsamer mit wichtigen Kulturpflanzen

Einkeimblättrige

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Süßgräser (*Poaceae*)	Halme knotig; Blätter langscheidig; Blüten unscheinbar, mit Spelzen, meist in Ähren oder Rispen; Grasfrucht	alle Erdteile	Roggen, Weizen, Gerste, Hafer, Hirse, Reis, Mais (Früchte: Mehl); Mais, Gräser (Futterpflanzen); Zuckerrohr(Mark:Zucker)
Palmen (*Palmaceae*)	in der Regel hoher, meist unverzweigter Stamm mit großen gefiederten oder handförmig gespaltenen Blättern	tropische u. subtropische Gebiete	Cocospalme (Früchte: Öl, Fasern); Dattelpalme (Früchte: Stärke oder Obst); Ölpalme (Früchte: Öl); einige Zwergpalmen als Zimmerpflanzen
Liliengewächse (*Liliaceae*)	Stauden, meist mit Zwiebel, Knolle oder Rhizom; Blüten strahlig, meist mit 6 Blütenhüllblättern u. 6 Staubblättern; Fruchtknoten oberständig	alle Erdteile	Küchenzwiebel (Zwiebel: Gemüse u. Gewürz); Knob-Lauch (Zwiebel: Gewürz); Schnitt-Lauch (Blätter: Gewürz); Porree (Blätter: Gemüse); Spargel (junge Triebe: Gemüse)
Amaryllisgewächse (*Amaryllidaceae*)	Stauden, den Liliengewächsen ähnlich, doch Fruchtknoten unterständig	alle Erdteile	Sisal-Agave (Faserpflanze); bei uns heimisch z. B. Narzisse, Schneeglöckchen; Clivie als Zimmerpflanze, Agaven mitunter in Anlagen
Ananasgewächse (*Bromeliaceae*)	Rosettenpflanzen	Südamerika	Ananas (Fruchtstände: Obst); Bromelien als Zimmerpflanzen
Orchideengewächse (*Orchidaceae*)	Stauden; Blüten zweiseitig, mit 1 bis 2 Staubblättern	alle Erdteile	Vanille (Früchte: Gewürz); bei uns heimisch z. B. Knabenkraut
Bananengewächse (*Musaceae*)	Blüten zweiseitig Staubblätter z. T. kronblattartig; Fruchtknoten unterständig	Tropen	Banane (Früchte: Obst oder Stärke)

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Weidengewächse (*Salicaceae*)	Bäume oder Sträucher; zweihäusig; Blüten ohne Blütenhülle, in Achseln von Tragblättern: Kätzchen	nördliche Halbkugel	Korb-Weide, einige andere Weiden (Zweige: Flechtmaterial); Pappeln (Holz: Zellstoff)
Haselnußgewächse (*Corylaceae*)	Holzgewächse, einhäusig; Blüten in Kätzchen oder in knospenähnlichen Blütenständen	nördliche Halbkugel, Südamerika	Haselnuß (Frucht: Obst)
Walnußgewächse (*Juglandaceae*)	Bäume, einhäusig; Blüten in Kätzchen; Blätter gefiedert	nördliche Halbkugel	Walnuß (Frucht: Obst)
Pfeffergewächse (*Piperaceae*)	Holzgewächse oder Kräuter; Blüten ohne Blütenhülle	Tropen	Schwarzer Pfeffer (Früchte: Gewürz), bei uns als Zimmerpflanze
Maulbeergewächse (*Moraceae*)	Bäume oder Sträucher mit Milchsaft, häufig mehrere Früchte zu einer Scheinfrucht vereinigt	Tropen u. Subtropen	Weißer Maulbeerbaum (Blätter: Seidenraupenfutter); Feigenbaum (Fruchtstände: Obst); Gummibaum (Milchsaft: Kautschuk), bei uns als Zimmerpflanze
Hanfgewächse (*Cannabaceae*)	Stauden, zweihäusig, Blätter gefiedert oder gelappt	Europa, Asien	Hopfen (Fruchtstände: Biergewürz); Hanf (Faserpflanze)
Knöterichgewächse (*Polygonaceae*)	meist Kräuter; Stengel knotig; Nebenblätter zu stengelumfassenden Tuten verwachsen	alle Erdteile	Rhabarber (Blattstiele: Obst); Buchweizen (Samen: Stärke)
Gänsefußgewächse (*Chenopodiaceae*)	Kräuter oder Sträucher; Blüten unscheinbar, häufig in knäueligen Blütenständen	alle Erdteile	Zuckerrübe (Rübenkörper: Zucker); Runkelrübe (Futterpflanze); Rote Rübe, Mangold, Spinat (Gemüsepflanzen)
Lorbeergewächse (*Lauraceae*)	Holzgewächse mit ledrigen Blättern	Tropen, Subtropen, warme gemäßigte Gebiete	Lorbeer (Blätter: Gewürz) bei uns als Kübelpflanze; Zimtbaum (Rinde: Gewürz)

Zweikeimblättrige (Fortsetzung)

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Mohngewächse (*Papaveraceae*)	Kräuter; Blüten mit 2 Kelchblättern u. 4 Kronblättern; Frucht häufig eine Kapsel	nördliche Halbkugel	Schlaf-Mohn (Samen: Öl, Milchsaft: Opium)
Kreuzblütengewächse (*Brassicaceae*)	Kräuter; Blüten mit 4 Kelchblättern u. 4 Kronblättern, 2 kürzeren u. 4 längeren Staubblättern u. 1 Fruchtknoten; Frucht eine Schote	alle Erdteile	Brunnenkresse (Salatpflanze); Kohl (Gemüsepflanze); Raps, Rübsen, Senf (Samen: Öl, auch Futterpflanzen); Kohlrübe (Rübenkörper: Futter, auch Gemüse); Rettich, Radieschen (Rübenkörper u. Knolle: Gemüse)
Steinbrechgewächse (*Saxifragaceae*)	Kräuter oder Sträucher; Blätter ohne Nebenblätter; Blüten 5 strahlig	alle Erdteile	Johannisbeere, Stachelbeere (Früchte: Obst); viele Steinbrecharten in Steingärten
Rosengewächse (*Rosaceae*)	Holzgewächse oder Kräuter; Blätter mit Nebenblättern; Blüten meist 5 strahlig	alle Erdteile	Apfel, Birne, Quitte, Kirsche, Pflaume, Aprikose, Pfirsich, Erdbeere, Brombeere u. Himbeere (Früchte: Obst); Mandel (Samen: Gewürz)
Schmetterlingsblütengewächse (*Fabaceae*)	Kräuter oder Holzgewächse; Blätter häufig zusammengesetzt, mit Nebenblättern; Blüten zweiseitig, mit 10 Staubblättern, von denen wenigstens 9 am Grund zu einer Röhre verwachsen sind; Frucht eine Hülse	alle Erdteile	Lupine, Blaue Luzerne, Steinklee, Klee (Rot-Klee u. a.); Wundklee, Esparsette, Wicken (Futterpflanzen); Erbse, Ackerbohne (Samen: Gemüse, auch Futterpflanzen); Bohne (unreife Frucht u. Samen: Gemüse); Linse (Samen: Gemüse); Sojabohne (Samen: Öl u. Futter); Erdnuß (Samen: Öl u. Obst)
Leingewächse (*Linaceae*)	Kräuter oder Sträucher; Blüten meist 5 strahlig; Frucht eine Kapsel	nördliche Halbkugel	Lein oder Flachs (Stengel: Fasern; Samen: Öl)

Zweikeimblättrige (Fortsetzung)

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Rautengewächse (*Rutaceae*)	Holzgewächse oder Kräuter; Blätter mit Öldrüsen; Pflanzen stark duftend	warme Gebiete	Zitrone, Apfelsine, Mandarine (Früchte: Obst); bei uns heimisch z. B. Wein-Raute
Wolfsmilchgewächse (*Euphorbiaceae*)	Holzgewächse oder Kräuter; häufig mit Milchsaft; Blüten unscheinbar	alle Erdteile	Rizinus (Samen: bes. Öl als Heilmittel); Federharzbaum (Milchsaft: Kautschuk); bei uns heimisch z. B. Garten-Wolfsmilch
Weinrebengewächse (*Vitaceae*)	Kletterstäucher; Blätter handförmig gelappt oder gefingert; Blüten klein; Frucht eine Beere	nördliche Halbkugel	Weinstock (Beeren: Obst; Beerensaft: Wein)
Malvengewächse (*Malvaceae*)	Holzgewächse oder Kräuter; Blüten meist mit Außenkelch; Staubblätter zahlreich, untereinander u. mit Krone verbunden	alle Erdteile	Baumwolle (Samen: Fasern u. Öl), bei uns heimisch z. B. Stockrose
Stinkbaumgewächse (*Sterculiceae*)	Holzgewächse oder Kräuter; (Kakaobaum mit stammbürtigen Blüten)	Tropen	Kakaobaum (Samen: Kakao, Schokolade)
Teestrauchgewächse (*Theaceae*)	Holzgewächse mit immergrünen Blättern	Tropen, Subtropen	Teestrauch (Blätter: Tee) Kamellie als Zimmerpflanze
Doldengewächse (*Ammiaceae*)	Kräuter; meist stark duftend; Blüten klein, in meist zusammengesetzten Dolden; Frucht in zwei Teilfrüchte zerfallend	alle Erdteile	Petersilie, Dill, Garten-Kerbel (Gewürzpflanzen); Kümmel, Fenchel, Koriander (Früchte: Gewürz); Möhre, Sellerie, Pastinak (Rübenkörper: Gemüse)
Ölbaumgewächse (*Oleaceae*)	Holzgewächse; Blüten mit 2 Staubblättern	alle Erdteile	Ölbaum (Früchte: Öl); bei uns heimisch z. B. Flieder, Liguster
Lippenblütengewächse (*Lamiaceae*)	Kräuter oder Sträucher mit gegenständigen Blättern; Blüten zweiseitig, mit 4 Staubblättern u. vierteiligem Fruchtknoten	alle Erdteile	Echte Salbei, Melisse Echter Thymian, Majoran, Bohnenkraut, Basilienkraut, Pfeffer-Minze u. Krause Minze (Gewürzpflanzen, manche auch Heilpflanzen)

Zweikeimblättrige (Fortsetzung)

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Nachtschattengewächse (*Solanaceae*)	Kräuter oder Sträucher; Blüten meist strahlig; Kronblätter verwachsen; Frucht eine Beere oder Kapsel	alle Erdteile	Kartoffel (Knollen: Nahrungsmittel u. Futter); Tomate (Frucht: Gemüse, Obst); Paprika (Frucht: Gemüse, Gewürz); Tabak (Blätter: Rauchtabak)
Rötegewächse (*Rubiaceae*)	Holzgewächse oder Kräuter mit gegenständigen Blättern; Blüten strahlig, Kronblätter verwachsen; Fruchtknoten unterständig, zweiteilig	alle Erdteile	Kaffeestrauch (Samen: Kaffee); bei uns heimisch, z. B. Wald-Meister, Klebkraut
Kürbisgewäches (*Cucurbitaceae*)	meist mit Ranken kletternde Kräuter; Krone verwachsen, 5 strahlig; Frucht eine Beere	vornehmlich Tropen	Kürbis, Gurke (Früchte: Gemüse); Melone (Früchte: Obst)
Korbblütengewächse (*Asteraceae*)	Kräuter; Blüten in Körben; Staubbeutel der 6 Staubblätter untereinander verbunden	alle Erdteile	Sonnenblume (Früchte: Öl, auch Futterpflanze); Topinambur (Futterpflanze); Schwarzwurzel (Wurzel: Gemüse); Garten-Salat (Gemüse); Zichorie (Wurzel: Gewürz; Blätter: Salat); Endivie (Blätter: Salat)

Sachwörterverzeichnis

Das Zeichen * weist auf eine Abbildung hin

Assimilate 48f.*
Ausläufer 41

Baumwolle 169
Befruchtung 67
Beiwurzel 9*
Bestandsbegründung 100*
Bestäubung 65
Bildungszone 11, 12*
biologisches Gleichgewicht 93
Blatt 28ff.*, 34*
Blattformen 31*, 32
Blattnerven 29
Blütenformen 65
Blütenstände 63*, 64
Boden, Arten 125f.
  Bearbeitung 133f.*
  Gare 144
  Kolloide 120f.
  Lebewesen 124
  Luft 123f.
  Profil 131f.*
  Reaktion 130f.
  Schätzung 132
  Struktur 128f.*
  Wasser 122f.

Chemosynthese 47
Chlorophyll 33, 46 47
Chloroplasten 5*, 6, 33

Dauergewebe 11
Dickenwachstum 26
Diffusion 14
Dissimilation 51f.
Dornen 38f.*
Düngung 137f.

Entwicklung, Pflanze 80f.
Erdnuß 168
Ernährung, Tiere 173
Erdwendigkeit 79*

Farn 71f., 73
Fäulnisbewohner 54
Festigungsgewebe 21, 22*
Flachwurzler 10
Forstnutzung 99
Forstwirtschaft
  Bedeutung 97
  Technisierung 98*
Fortpflanzung, geschlechtliche und ungeschlechtliche 58ff.
  Moose und Farne 70f., 73*
Fruchtfolge 141f.

Fruchtformen 68
Fruchtwechsel 141
Futtergräser 158*, 159f.
Futtermittel 174ff.
Fütterungsnormen 176f.

Gärung 53f.
Gefäße 23f.*
Generationswechsel 72f., 73*
Getreide 152ff.*
Grundgewebe 21

Hauptwurzel 9*
Hautgewebe 21*
Holzteil 22, 23f., 24*
Humusgehalt 122, 126

Jahresringe 27
Jarowisation 81

Kaffeepflanze 170
Kakaobaum 170
Kalkgehalt, Bestimmung 127
Kambium 22*, 24ff.**
Kartoffel 147f.*
Keimung 74ff.
Kiefernwälder 94*
Knospe 19*
Knoten 18*
Kohlenstoff, Assimilation 46ff.
Kreislauf 57f.*
Kokospalme 168*
Kurztagpflanze 82*
Kurztriebe 18*, 19

Langtagpflanze 81*, 82
Langtriebe 18*, 19
Laubmischwälder 94f.*
Lein 157*
Leitbündel 22*, 23f.
Lichtwendigkeit 79*

Mais 162
Moos 70f., 73*, 115f.*, 116*, 185

Nährstoffe, Pflanze 43f.
Nährstoffkarte 139, 140*

Offenstall 181*
Osmose 14, 15*

Palisadenschicht 33
Pfefferstrauch 169*
Photosynthese 47
Plasmolyse 35*

Ranken 39*
Raps 155f., 157*
Reis 167*
Rindenteil 24f.*
Rindertuberkulose 183
Rosettenpflanzen 19
Rotlauf 184

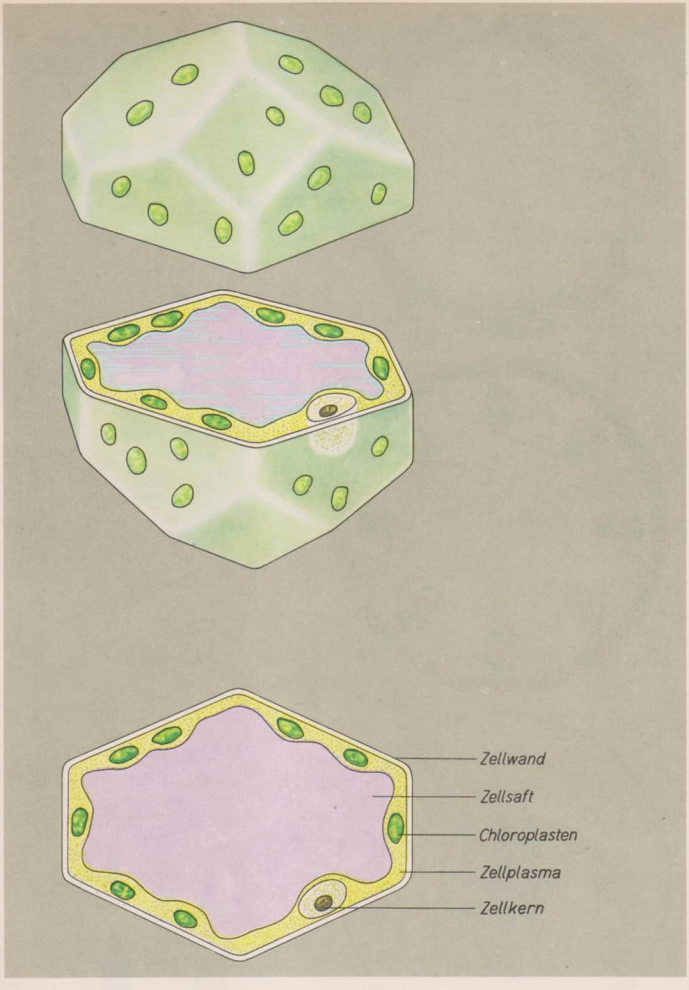
Same 68*
Schirmschlagverjüngung 101f.*
Schlämmanalyse 119
Schmarotzer 54*
Schmetterlingsblütengewächse 160ff.*
Schwammschicht 33
Schweinehütte 181, 182*
Siebröhren 24f.*
Siebverfahren 118
Sojabohne 167f.*
Spaltöffnungen 36*
Speicherwurzeln 16* 17*
Sproß 8, 18ff.*
Sproßgliederung 18*
Sproßknollen 40*
Stachel 39*
Stallhygiene 179ff.
Stärkenachweis 47*
Stickstoffkreislauf 58f.*
Stoffwechsel, Pflanze 42
Streckungszone 11
Symbiose 55

Teestrauch 170
Tiefwurzler 10
Tierkrankheiten 182
Tierpflege 178

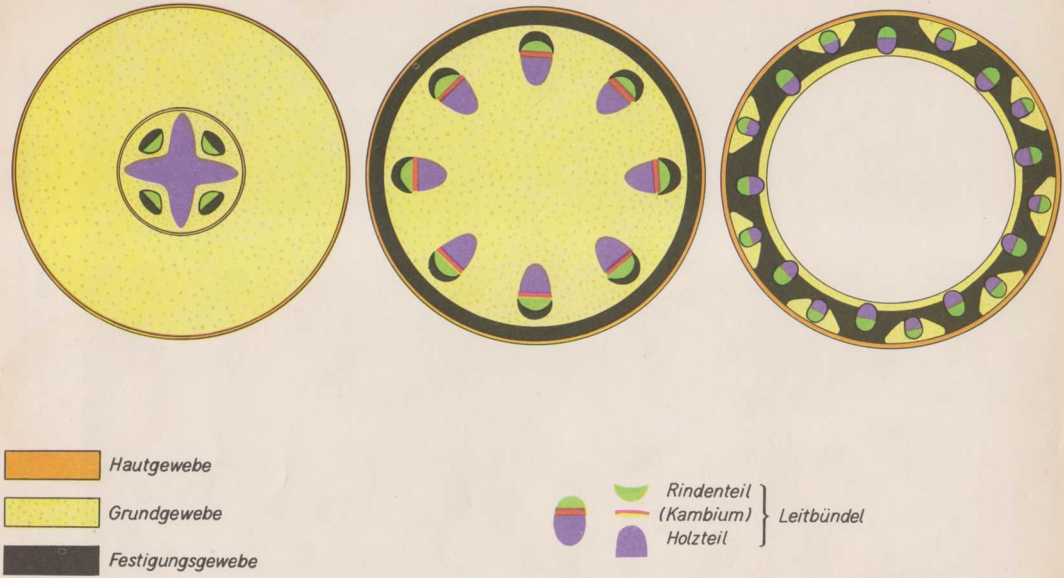
Verdunstung 33, 37
Verdunstungsschutz 21*, 36*

Wachstum 76ff.
Wachstumskegel 19f.*
Wasserhaushalt 104, 134f.
Wassertransport 15
Weiserpflanzen 91f.
Wuchsstoffe 79f.
Wurzeldruck 16
Wurzelhaare 12f.*
Wurzelstock 40*
Wurzelsystem 9*

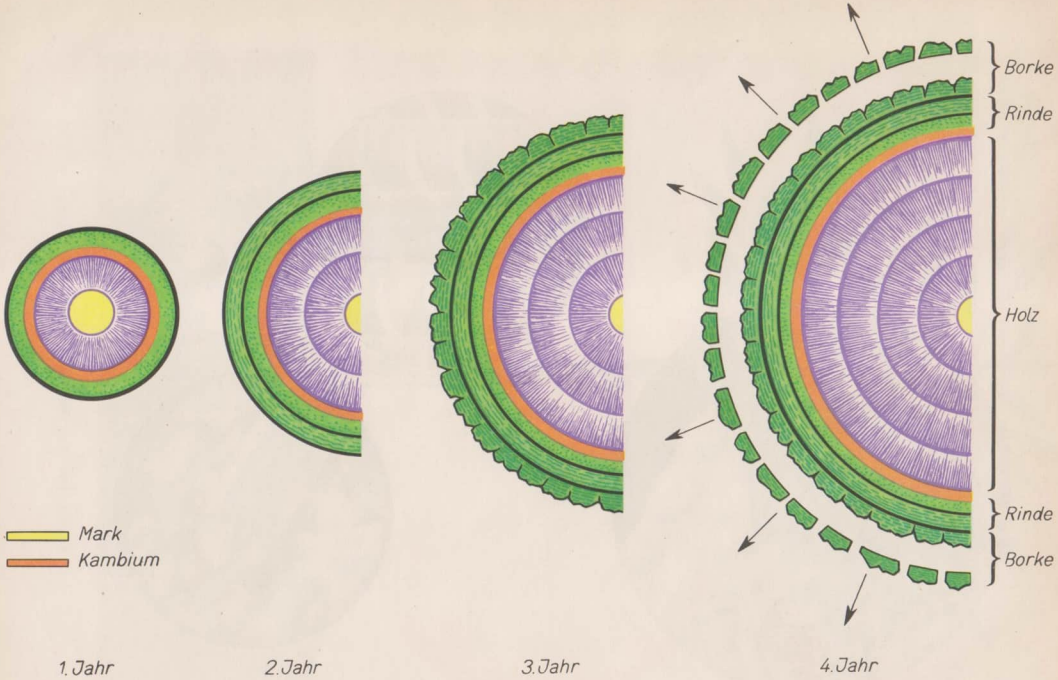
Zuckerrübe 149ff.*
Zwiebeln 41*
Zwischenfruchtanbau 143
Zwischenknotenstücke 18*
Zwischenzellräume 21*



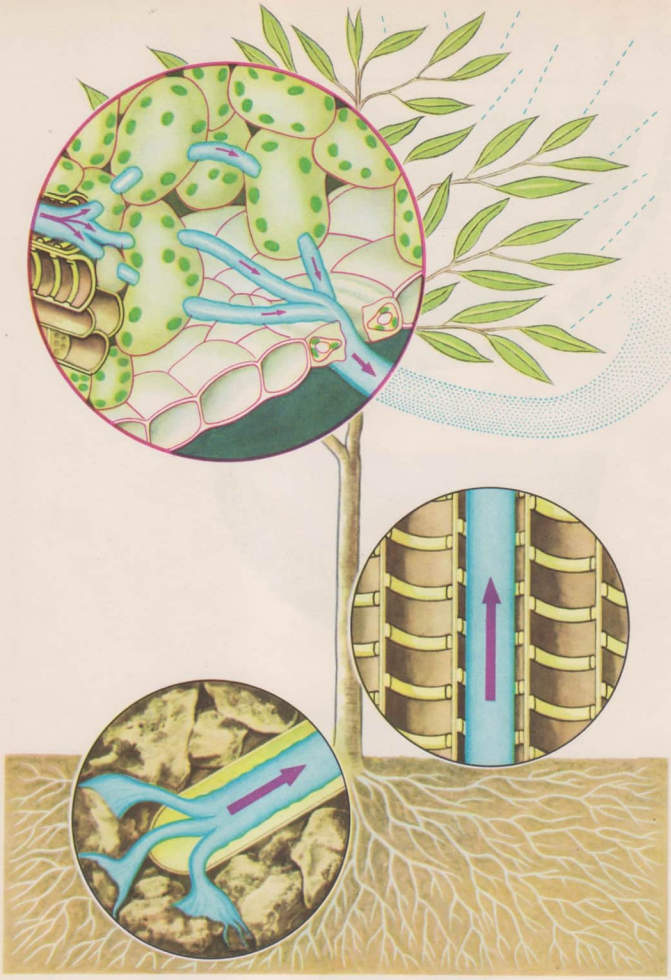
Tafel 1 Bau einer Pflanzenzelle
Oben: durchschnittene Zelle (Querschnitt); unten: Schnittfläche (Aufsicht)



Tafel 2 Vergleich zwischen dem Aufbau einer Wurzel (links), des Stengels zweikeimblättriger Pflanzen (Mitte) und eines Getreidehalmes (rechts)



Tafel 3 Dickenwachstum einer Sproßachse (schematisch)

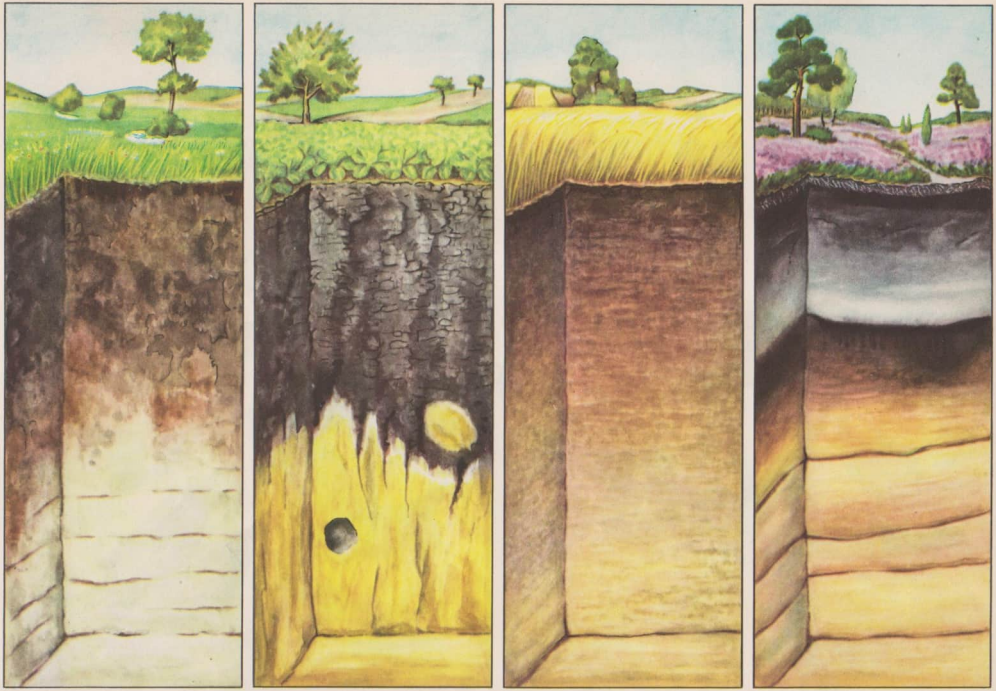


Tafel 4 Der Weg des Wassers durch die Pflanze

Tafel 5 Schmetterlingsblütengewächse (Futterpflanzen). Oben: Inkarnat-Klee, Rot-Klee, Weiß-Klee, Weißer Steinklee; Mitte: Gelbe Lupine, Bastard-Luzerne (Luzerne), Gemeiner Wundklee (Tannenklee); unten: Saat-Wicke, Zottel-Wicke, Serradella, Esparsette

Tafel 6 Ausländische Nutzpflanzen. Links: Baumwolle; rechts: Erdnuß

Tafel 7 Ausländische Nutzpflanzen. Links: Kaffee; rechts: Kakao



Tafel 8 Bodentypen. Von links nach rechts: Moorerdeboden (Gleyboden), Schwarzerde, Braunerde, Bleicherde (Podsolboden)

01 805-3
2,55 DM