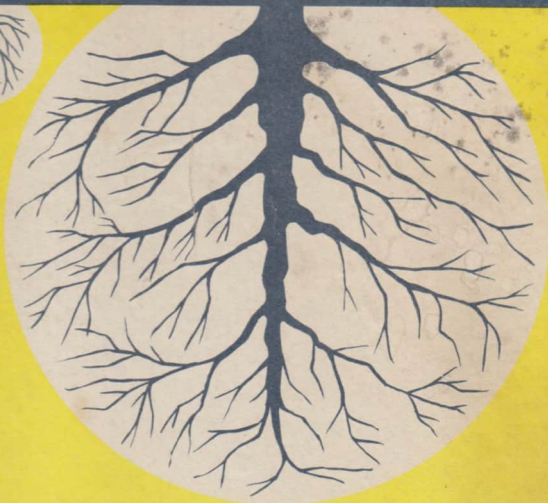




8

BIOLOGIE

BLATTFORMEN



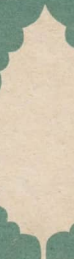
lanceollich

kreisrund

herzförmig

kernförmig

BLATTRÄNDER



ganzrandig

wellenförmig

gezähnt

gescägt

ZUSAMMENGESetzte BLÄTTER

parietalgefiedert

dreizähligfingerförmig

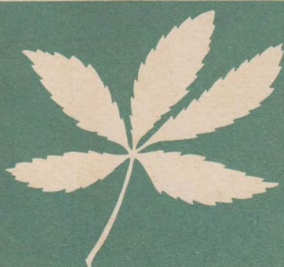
rispenförmig



ZUSAMMENGESetzte BLÄTTER



unpaarig gefiedert

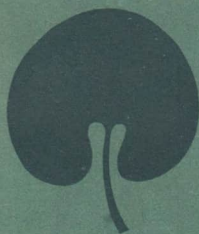


fünfbährig gefiedert



unpaarig gefiedert

BLATTFORMEN



Nierenförmig



Herzförmig



Handförmig



Spindelförmig

BLATTTRÄNDER

doppelt gesägt

gepuclt

fiederspaltig

weinstet



BIOLOGIE 8

Anatomie und Physiologie der Pflanze

Organismen und ihre Umwelt



VOLK UND WISSEN
VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1966

Der Abschnitt „Anatomie und Physiologie der Pflanze“ wurde von Dr. Gerhard Lerch verfaßt und von Dr. Klaus Müntz für diese Auflage überarbeitet. Den Abschnitt „Organismen und ihre Umwelt“ verfaßte Heinz Falkenberg.

An der Bearbeitung wirkten erfahrene Lehrer und Wissenschaftler mit.

Redaktion: Manfred Gemeinhardt

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt.

Redaktionsschluß: 3. Dezember 1965

Einband: Günther Klaus

Typografie: Atelier Volk und Wissen Berlin

ES 11 H · Bestell-Nr. 01 08 01-1 · Preis 1,85 · Lizenz Nr. 203 · 1000/65(SN)

Gesamtherstellung: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)

INHALTSÜBERSICHT

Anatomie und Physiologie der Pflanze

Zellen und Gewebe	5
Die Zellen als Bausteine der Blütenpflanzen.	5
Die Gewebe	7
Organe der Blütenpflanzen	7
Die Wurzel	8
Der Sproß	18
Stoffwechsel der Pflanze	41
Die stoffliche Zusammensetzung der Pflanzen	41
Die Kohlendioxid-Assimilation	45
Die Energieversorgung der Pflanzen	50
Vom Kreislauf der Stoffe in der Natur	56
Fortpflanzung der Blütenpflanzen	57
Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung	57
Der Bau der Blüte	59
Die Funktion der Blüte	64
Fortpflanzung blütenloser Landpflanzen	69
Wachstum und Entwicklung der Pflanzen	73
Keimung	73
Wachstum	75
Umwelt und Entwicklung	79

Organismen und ihre Umwelt

Ökologie als Grundlagenwissenschaft	83
Lebensraum und Lebensgemeinschaft	83
Aufgaben und Ziele unserer Arbeit in einer Lebensgemeinschaft	86
Umweltfaktoren	88
Die Klimafaktoren.	88
Der Boden als ökologischer Faktor.	100
Zusammenwirken der Standortfaktoren.	100

Untersuchung der Pflanzengesellschaften einer Lebensgemeinschaft	101
Beispiele für Aufnahmetabellen	103
Wechselbeziehungen zwischen Erzeugern, Verbrauchern und Zersettern	105
Beziehungen zwischen den Pflanzen einer Lebensgemeinschaft	106
Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren innerhalb von Biozönosen	109
Biozönotisches Gleichgewicht	113
Sukzessionen	116
Einfluß des Menschen auf die Lebensgemeinschaften in unserer Heimat	118
Naturschutz in der DDR	119
Worterkklärungen	123
Sachregister	128

Erläuterung der Abbildungen auf der vorderen und hinteren inneren Umschlagseite (von links nach rechts):

Obere Reihe: lanzettlich, kreisrund, pfeilförmig, herzförmig; unpaarig gefiedert, fünfzählig gefingert, unterbrochen gefiedert

Mittlere Reihe: ganzrandig, fiederspaltig, einfach gesägt, gezähnt; nierenförmig, spatelförmig, schildförmig, spießförmig

Untere Reihe: paarig gefiedert, dreizählig gefingert, doppelt gefiedert, doppelt gesägt, buchtig, fiederteilig, gekerbt

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. Zellen sind vielfältig geformte Körper (s. Farbtafel 1 und Abb. 1 bis 3). 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).

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

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

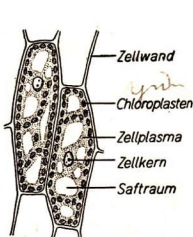


Abb. 1 Bau der Pflanzenzellen
(etwa 300fach vergrößert)

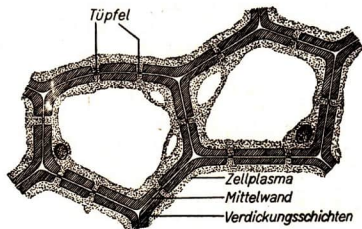


Abb. 2 Tüpfel in der Zellwand (Querschnitt)

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 orangefarbene Farbstoffträger (Chromoplasten, z. B. in der Möhrenwurzel, in Tomatenfrüchten oder Blütenblättern der Kapuzinerkresse).

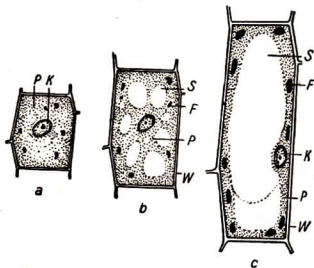


Abb. 3 Wachstum der Zelle und Bildung der Saft Räume. *a* junge, *b* wachsende, *c* ausgewachsene Zelle. *F* Farbstoffträger, *K* Zellkern, *P* Zellplasma, *S* Saft Raum, *W* Zellwand

Saft Räume. 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 sowie Abfallstoffe enthalten 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 Saft Raum. 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. Aus einer Zelle entstehen zwei, daraus werden vier, acht, sechzehn usw. Diese Zellen lösen sich nach der Teilung normalerweise nicht voneinander. Sie bilden Zellverbände, die Gewebe. Bei den Blütenpflanzen finden Zellteilungen nur in ganz bestimmten Pflanzenteilen statt, vor allem in den Spitzen der Sprosse und der Wurzeln.

Die Gewebe

Jedes Lebewesen ernährt sich, wächst und vermehrt sich. Es ist 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 verschiedenen Gewebe.

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 ihren Leistungen besonders angepaßt 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.

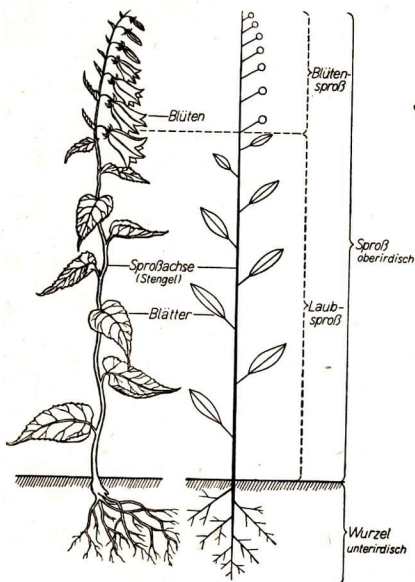
Bei den Pflanzen gibt es, wie bei den Tieren, Gewebe mit unterschiedlichen Funktionen.

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

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

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 auf 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

Aufgaben

1. Lasse Erbsensamen und Getreidekörner einen Tag lang in Wasser quellen! Lege sie in Petrischalen auf feuchtem Filterpapier aus! Beobachte etwa eine Woche lang täglich!
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. Grabe den Strunk einer ausgewachsenen Maispflanze und einer Tabakpflanze oder Sonnenblume aus! Spüle das Erdreich ab! Vergleiche die Wurzeln!

Das Wurzelsystem

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

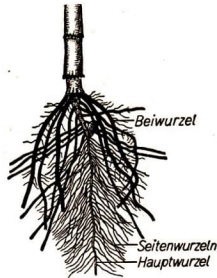


Abb. 5 Stengelgrund einer Maispflanze mit Beiwurzeln (Beiwurzeln schwarz hervorgehoben)

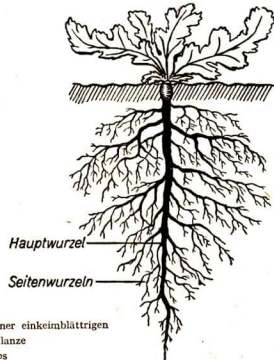
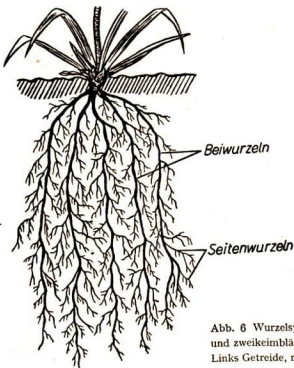


Abb. 6 Wurzelsysteme einer einkeimblättrigen und zweikeimblättrigen Pflanze
Links Getreide, rechts Raps

bilden. Diese Eigenschaft macht sich der Gartenbau zunutze. Fast jedes Stengel- oder 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.

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.

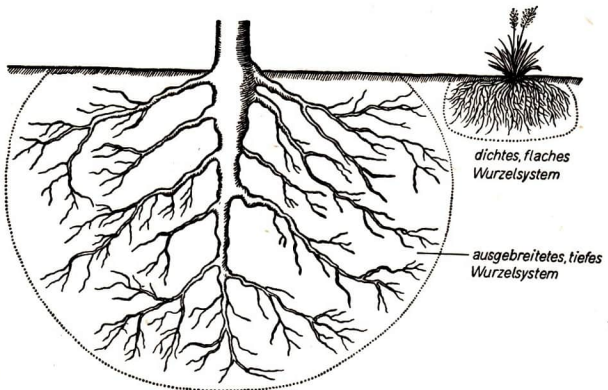


Abb. 7 Wurzelsystem einer Buche und eines Grasbüschels (..... Grenze des Wurzelsystems)

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

Bildungszone. Die Wurzeln wachsen an der Spitze. 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 Bildungsge-
webe 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 verschiedenartigen Funktionen. Sie behalten ihre Form und Tätigkeit für dauernd bei. Es bilden sich die Dauergewebe (Abb. 9 u. 10).

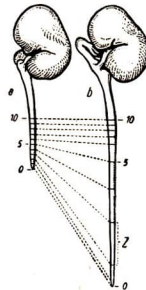


Abb. 8 Streckungswachstum in der Wurzelspitze einer Saubohne
a Markierung vor, b nach der Streckung
Z Zone des stärksten Streckungswachstums

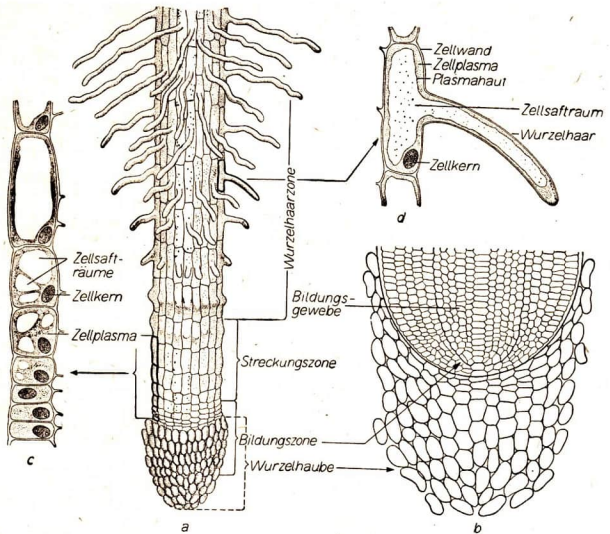


Abb. 9 Längsaufbau der Wurzel (stark vergrößert)

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

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 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.

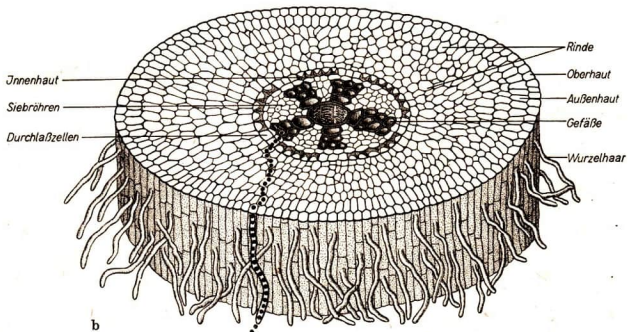
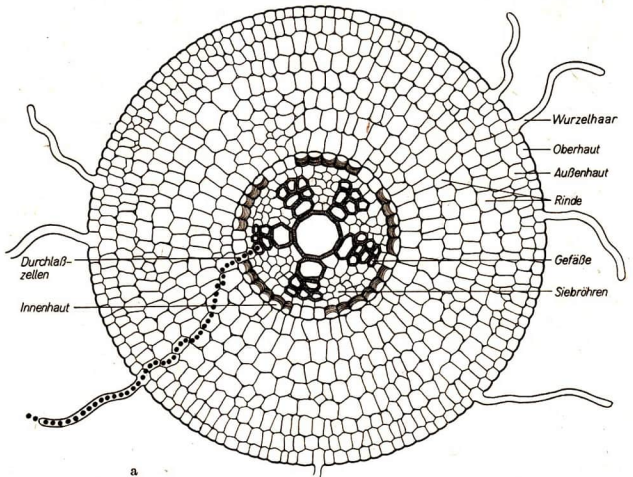


Abb. 10 Innenbau einer jungen Wurzel in der Wurzelhaarzone

a mikroskopisches Bild eines Wurzelquerschnittes, **b** Schrägbild einer herausgeschnittenen Wurzelscheibe (stark vergrößert; Weg des Bodenwassers)

Diffusion und Osmose

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.

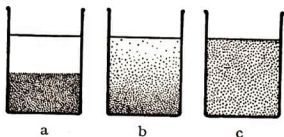


Abb. 11 Diffusion
Wasser, mit Himbeersaft unterschichtet
a geschichtet; b, c Stadien der Mischung

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 die ungehinderte Durchdringung von einander benachbarten Flüssigkeiten oder Gasen, die kann zum Konzentrationsausgleich führen.

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 Natriumchlorid (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 und löst das Natriumchlorid auf. 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 Natriumchloridlösung, 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 Natriumchloridlösung. Die Natriumchloridteilchen 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 gerichtete Wanderung von Wasserteilchen durch eine halbdurchlässige Wand beispielsweise in eine Salz- oder Zuckerlösung nennt man Osmose. Obwohl das Einstürmen des Wassers durch Osmose in eine konzentrierte Lösung passiv erfolgt, entsteht der Eindruck, als sauge die Lösung das Wasser an. Man spricht daher in diesem Zusammenhang von der osmotischen Saugkraft einer Lösung oder ihrem osmotischen Druck. Er wird in Atmosphären gemessen.

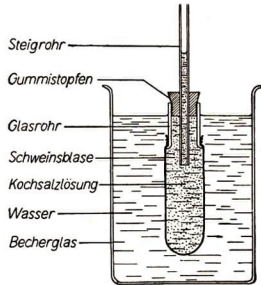


Abb. 12
Versuchsanordnung für die Darstellung der Osmose

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

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 Plasmatschlauch 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 (Abb. 9d).

Vergleichen wir mit unserem Versuch über die Osmose, so entspricht das Zellplasma mit seiner halbdurchlässigen Plasmahaut der Schweinsblase, der Zellsaft entspricht der Natriumchloridlösung, 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 aufgenommene 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 zum 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. 31 ff.).

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).

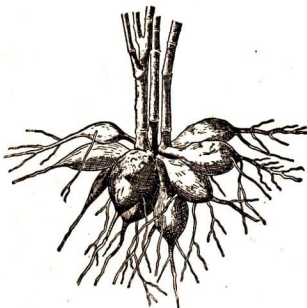


Abb. 13 Wurzelknollen einer Dahlie im Herbst

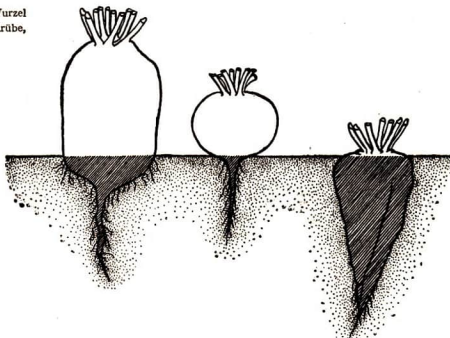


Abb. 14 Rübenwurzel der Möhrre

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 groß (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 Wurzelteilchen 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 Laubblättern (s. S. 28) und den Blüten (s. S. 59).

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 in den Blattachseln meist kleine Knospen, aus denen später neue Seitensprosse hervorgehen.

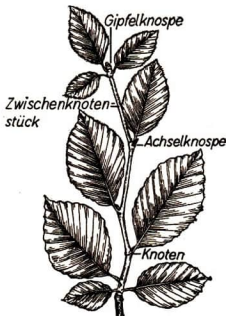


Abb. 16
Sproßgliederung am Zweig einer Rot-Buche

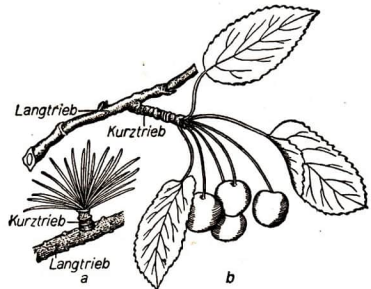


Abb. 17 Kurz- und Langtriebe
a Lärche, b Kirschbaum

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 Pflege-schnitt muß der Gärtner daher darauf achten, daß er nur Langtriebe abschneidet (Abb. 17).

Rosettenpflanzen. Bei den Rosettenpflanzen (z. B. Kuhblume, Schlüsselblume, Runkel-rübe, 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!

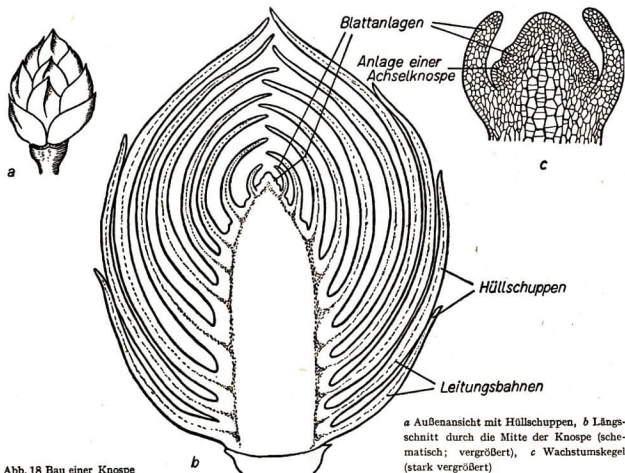


Abb. 18 Bau einer Knospe

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, der aus Bildungsgewebe besteht.

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.

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

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 Funktionen 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).

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.

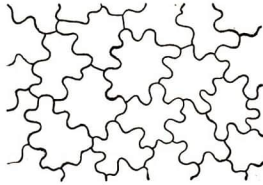


Abb. 20
Hautgewebe der Oberseite eines Blattes (schematisch)

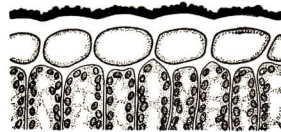


Abb. 21 Querschnitt durch das Hautgewebe an der Blattoberseite. Schwarz: wachsähnliche Deckschicht



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

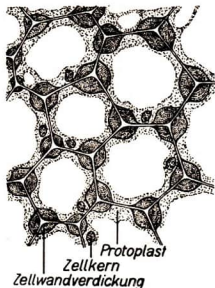
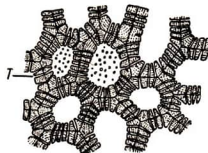


Abb. 23 Lebendes Festigungsgewebe mit Zellwandverdickungen an den Kanten (Querschnitt). Diese Verdickungen erhöhen die Festigkeit des Pflanzenkörpers.

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



Durch dünne Stellen stehen die Protoplasten benachbarter Zellen noch miteinander 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

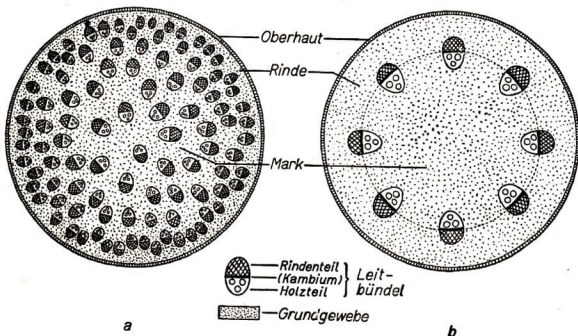


Abb. 25 Bau des Stengels ein- und zweikeimblättriger Pflanzen (Querschnitt)

- a Leitbündel der einkieimblättrigen 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 Kirschsteine (Abb. 24) sowie die harten Stellen im Fruchtfleisch der Birne.

Leitgewebe. In den Leitgeweben der Sproßachse gelangt das von den Wurzeln entnommene 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 Stengelmittle gerichtet. Hier fallen zunächst die **Gefäße** auf. Ein Querschnitt zeigt große, dickwandige Zellen, die tot und ohne Inhalt sind (Abb. 26). Der Längsschnitt läßt erkennen, daß diese Gefäße aus vielen aneinandergereihten röhrenförmigen Zellen bestehen, die durch Auflösung ihrer Querswände 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 biegezugfest wie ein Rohr. Ein äußerst biegezugfestes Rohr bildet der Getreidehalm mit einem geschlossenen Ring von Fasergewebe entlang der Außenfläche des innen hohlen Stengels.

A detailed black and white micrograph of a leaf cross-section. The image shows the internal structure of the leaf, including the epidermis, palisade mesophyll, spongy mesophyll, and vascular bundles. The epidermis is the outermost layer, followed by the palisade mesophyll (columnar cells), the spongy mesophyll (large, irregular cells with air spaces), and the vascular bundles (containing xylem and phloem). The central vascular bundle is clearly visible, showing the arrangement of xylem and phloem tissues.



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 Faser- gewebe 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).

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 2).

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.

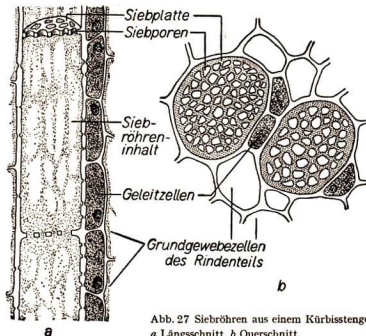


Abb. 27 Siebröhren aus einem Kürbissstengel
a Längsschnitt, b Querschnitt

Aufgaben

1. Vergleiche Querschnitte durch einen Maisstengel und durch einen Bohnenstengel unter dem Mikroskop!
2. Untersuche dünne Querschnitte durch ein Leitbündel eines jungen Kürbissstengels 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 2).

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).

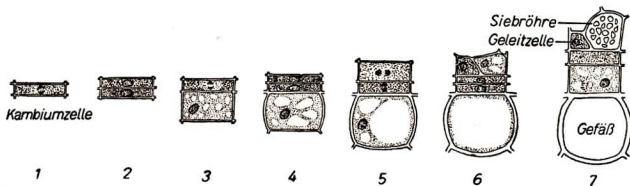


Abb. 28 Tätigkeit des Kambiums in 7 Stufen (schematisch)

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 Safräumen, 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 luftdurchlässig 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.

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).

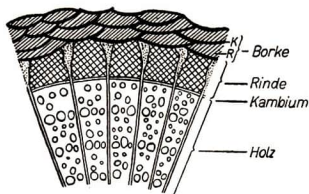


Abb. 29 Querschnitt durch den äußeren Teil einer Sproßachse mit Schuppenborke (schematisch)

K Korkgewebe, R abgestorbene Rindenteile

Aufgabe

Betrachte abgesprengte Borkenteile an jungen Zweigstücken und an Stämmen!

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. Die Stengel untergetauchter Wasserpflanzen sind meist dünn und weich. Erkläre!
4. Welche Funktionen erfüllen die Knospenschuppen?
5. Wie kann man das Alter eines Zweiges feststellen? (Nenne zwei Möglichkeiten!)
6. Warum lassen sich die Jahresringe im Holz klar unterscheiden?
7. Wieso kann ein Baum, dessen Inneres hohl ist, weitergedeihen?
8. Warum halten sich Schnittblumen länger frisch, wenn man ihre Stengeln täglich etwas verkürzt?
9. Warum halten sich Schnittblumen während eines Transportes länger frisch, wenn man sie sofort nach dem Abschneiden eine Zeitlang in Wasser stellt?
10. Wenn ein straffer Drahtring um einen Ast oder Stamm gelegt wird, schwellen nach einiger Zeit die Rindengewebe oberhalb des Ringes an. Erkläre die Ursache!
11. Warum eignet sich Kork gut zur Herstellung von Rettungsringen und Schwimmwesten?
12. Wasserpflanzen, die in schlammigem Grund wachsen, besitzen meist sehr große und zahlreiche Zwischenzellräume im Grundgewebe ihrer Stengel und Wurzeln. Erkläre!
13. 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. 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.

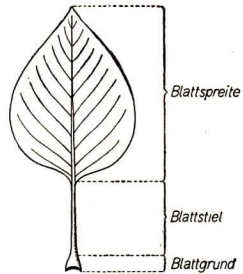


Abb. 31 Gliederung des Laubblattes



Abb. 32 Nebenblätter vom Weißdorn

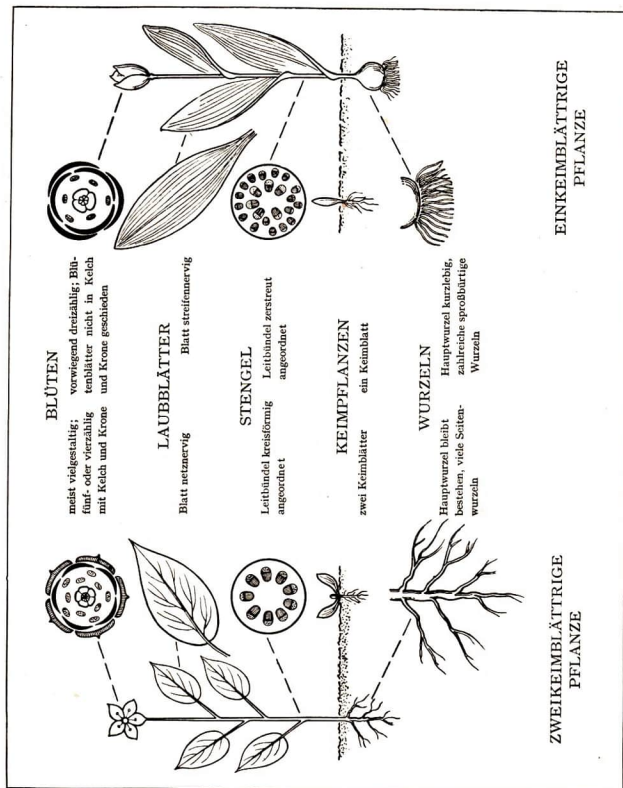
Die **Blattnerven** sind bei den ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen unterschiedlich angeordnet.

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

Bei den Zweikeimblättrigen 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 **netzernervig** (s. Abb. 33, S. 30).

Aufgabe

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



Blattformen

Die Blattspreite ist sehr unterschiedlich gestaltet. Eine Auswahl der häufigsten Blattformen zeigt die vordere bzw. hintere innere Umschlagseite.

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 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.

Der innere Bau der Laubblätter

Den Bau eines Laubblattes zeigt die Abbildung 36. 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 den Blättern und der Außenluft.

An mehreren Stellen des Blattquerschnittes finden wir **Leitbündel**, deren Holzteile stets nach der Blattoberseite gerichtet sind (Abb. 36). Der Siebteil ist zur Blattunterseite gerichtet.

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

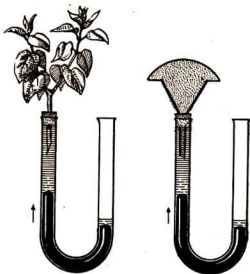


Abb. 34 Saugkraft der trockenen Luft

a über einem belaubten Zweig, b über einem feuchten Gipspilz

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, verdunstet stets Wasser (Verdunstung nach dem Gesetz der Diffusion). Auch die Blätter der Pflanzen sind feuchte Körper, denn ihre Zellen enthalten viel Wasser. Aus den Zwischenräumen zwischen den Zellen der Schwammschicht treten zunächst Wassermoleküle als Dampf in die Luft über. Ein 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. 36).

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 (Abb. 35).

Der Wassertransport und die Wasserverdunstung durch das Blatt erfolgen nach physikalischen Gesetzen (Kapillarität und Diffusion, Abb. 34).

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).

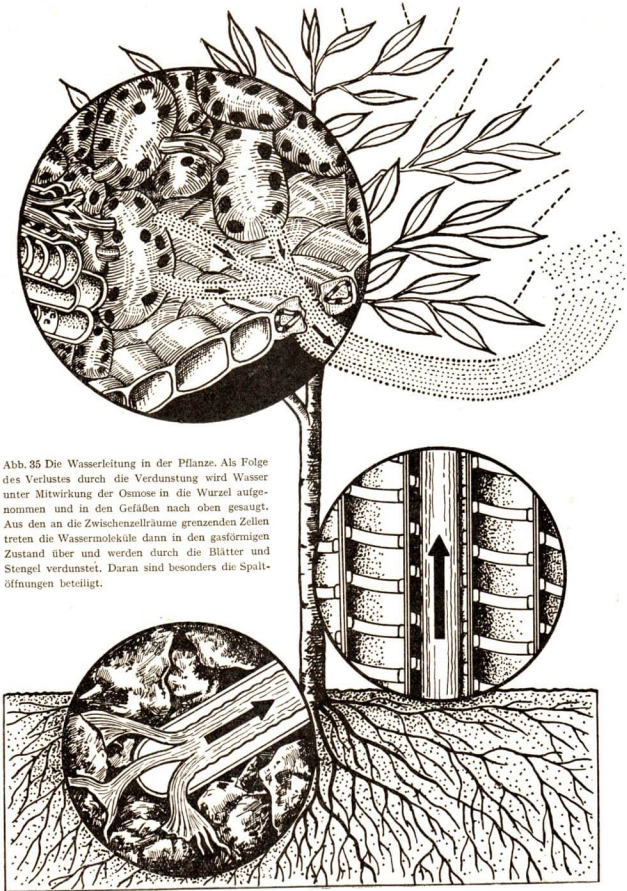
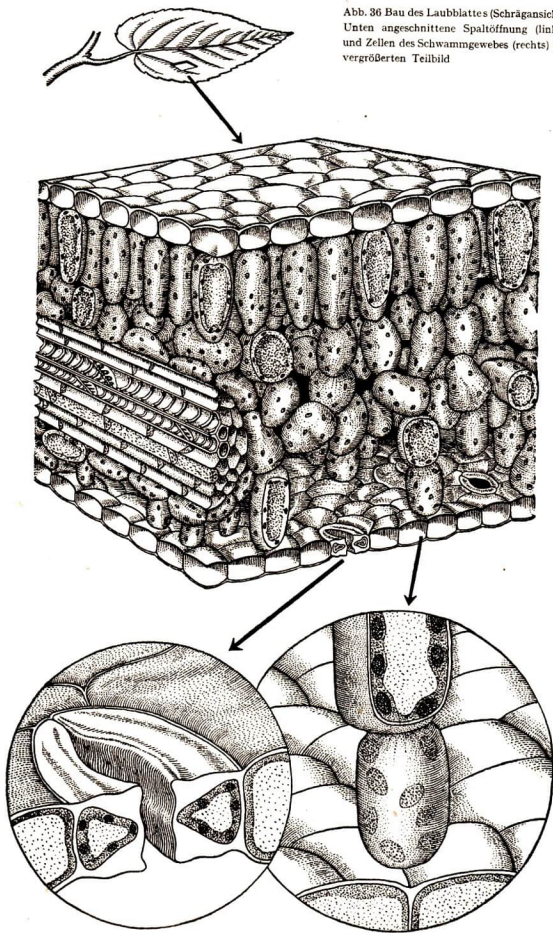


Abb. 35 Die Wasserleitung in der Pflanze. Als Folge des Verlustes durch die Verdunstung wird Wasser unter Mitwirkung der Osmose in die Wurzel aufgenommen und in den Gefäßen nach oben gesaugt. Aus den an die Zwischenzellräume grenzenden Zellen treten die Wassermoleküle dann in den gasförmigen Zustand über und werden durch die Blätter und Stengel verdunstet. Daran sind besonders die Spaltöffnungen beteiligt.

Abb. 36 Bau des Laubblattes (Schrägschnitt)
 Unten angeschnittene Spaltöffnung (links)
 und Zellen des Schwammgewebes (rechts) in
 vergrößerten Teilbild



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 die Zellsaftmenge, 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. 37).

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

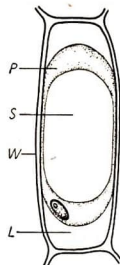


Abb. 37 Plasmolyse (schematisch)
P Plasmamembran, S Zellsafricaum, W Zellwand,
L konzentrierte Außenlösung (durch die Zellwand eingedrungen)

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 trockenen heißen 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!

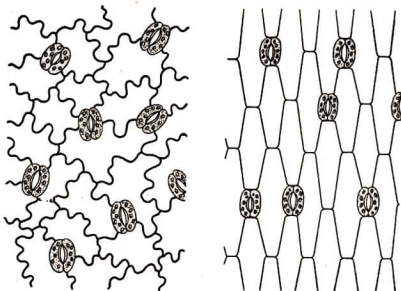


Abb. 38 Oberhaut der Blattunterseite mit Schließzellen
Links Holunder, rechts Schwertlilie

Die **Spaltöffnungen** werden von zwei bohnenförmigen Schließzellen gebildet, zwischen denen ein Spalt frei bleibt (Abb. 36 u. 38). 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 Blätter oft dick, derb, ledrig; Wollhaare (z. B. Königskerze) vertieft liegende Spaltöffnungen (z. B. Nadelgehölze) kleine Blattoberfläche (z. B. Heidekraut)	dünnwandige Oberhautzellen, wachsähnliche Schicht nur schwach ausgebildet (z. B. Springkraut) Blätter meist dünn, weich, unbehaart (z. B. Busch-Windröschen) emporgehobene Spaltöffnungen (z. B. Seerose) 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 200 000 Blättern je Tag etwa 60 bis 70 Liter,
eine Maispflanze je Vegetationszeit etwa 200 Liter,
ein Buchenwald von einem Hektar Größe jährlich etwa 4 000 000 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. 39).

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.

Blattdornen entstehen durch Umbildung von ganzen Blättern (z. B. Kakteen, Berberitze, Abb. 39a) oder von Nebenblättern (z. B. Robinie, Abb. 39b). Nebenblattdornen sitzen zu zweien am Grunde von Laubblättern.

Oft sind auch nur Blattspitzen oder -zähne in Dorne 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. 39c).

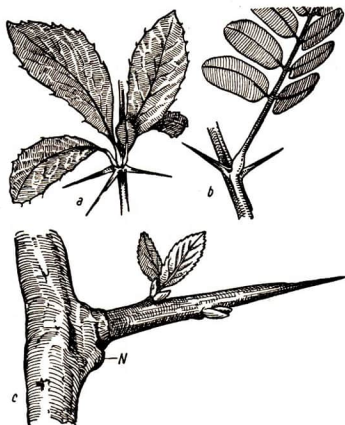


Abb. 39 Dornen

a Blattorn der Berberitze, *b* Nebenblattorn der Robinie, *c* Sproßorn der Schlehe
N Blattnarbe

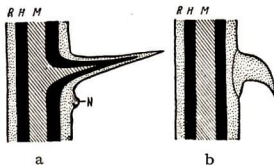


Abb. 40 Dorn und Stachel (schematisch)

a Dorn, *b* Stachel

R Rinde, H Holz, M Grundgewebe des Marks,
N Blattnarbe

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. 40).

Unterschied zwischen Dorn und Stachel

Dorn

Umbildung der Sproßachse oder eines Blattes
feststehend
an den Knoten sitzend

Stachel

Bildung der Rindenschicht
leicht ablösbar
unregelmäßig über die Sproßachse verteilt

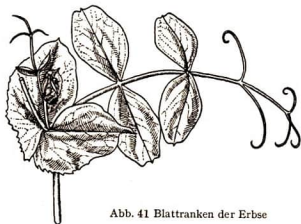


Abb. 41 Blattranken der Erbse

Ranken. Bei vielen Kletterpflanzen sind Teile der Blätter oder der Sproßachse zu Ranken umgebildet, die spiralg um eine Stütze herumwachsen und die Pflanze daran festhalten (Erbse, Abb. 41; Zaunrube, Abb. 42).

Wasserspeichernde Organe. In manchen heißen Trockengebieten 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).

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, Mäglöckchen, Schwertilie; Abb. 43).

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

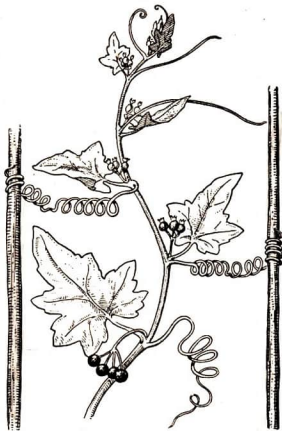


Abb. 42 Sproßranken der Zaunrübe

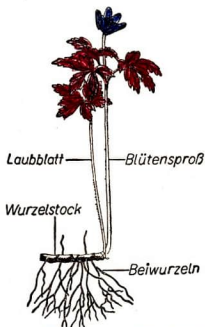


Abb. 43 Wurzelstock des Busch-Windröschens

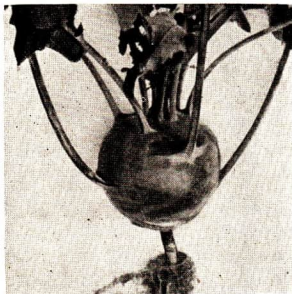


Abb. 44 Sproßknolle beim Kohlrabi

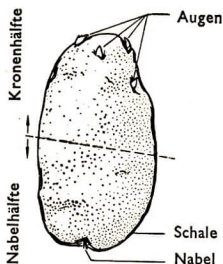


Abb. 45 Teile der Kartoffelknolle



Abb. 46 Ausläufer der Kartoffelpflanze mit Knollen (Mutterknolle dunkel)

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. 44) oder unterirdisch (z. B. Kartoffel, Abb. 45 u. 46) entstehen.

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

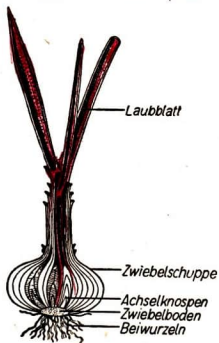


Abb. 47 Küchenzwiebel
Entwickelte Pflanze (längs durchgeschnitten)

Zwiebeln. Zwiebeln sind ganze, beblätterte Sprosse (Abb. 47). 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.

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?

Stoffwechsel der Pflanzen

Blütenpflanzen entwickeln sich aus Samen, die meist nur Bruchteile eines Gramms wiegen. 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. Den größten Ascheanteil liefern die Blätter (Tabakasche), einen geringen Ascheanteil 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), Kohlendioxid (CO_2) und Ammoniak (NH_3). Die Asche besteht, wie chemische Analysen ergeben, aus Sauerstoffverbindungen (Oxiden) verschiedener Elemente. In jedem Fall enthält sie neben dem Sauerstoff: Kalium, Magnesium, Kalzium, 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)	Kalzium (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), **Molybdän** (Mo).

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 Kalzium stammt aus dem Kalk ($CaCO_3$), dem Gips ($CaSO_4 \cdot 2 H_2O$) oder einem anderen Kalziumsalz. 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. Kalziumkarbonat) lösen sich in geringen Mengen in Wasser, sind also den Pflanzen zugänglich.

Die Salzbestandteile dringen in Wasser gelöst 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 Kalzium den Quellungszustand des Protoplasten.

Pflanzen brauchen zu ihrem Gedeihen nicht unbedingt festen Boden; sie wachsen auch 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 diese 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 beigelegt 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 kommt. Man kann Nährlösungen in verschiedener Weise zusammensetzen. Häufig wird Knopsche Nährlösung benutzt:

Knopsche Nährlösung

1000 ml destilliertes Wasser

1 g Kaliumnitrat, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$

0,25 g Kaliumdihydrogenphosphat (Monokaliumphosphat), KH_2PO_4

0,25 g Magnesiumsulfat, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

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

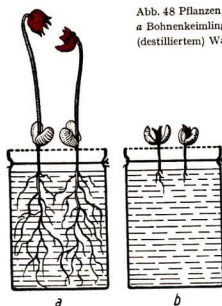
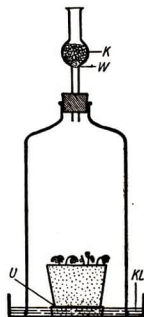


Abb. 48 Pflanzen in einer Wasserkultur
a Bohnenkeimlinge in voller Nährlösung, b in nährstoffreichem (destilliertem) Wasser

Abb. 49 Senfkeimlinge in kohlendioxid-freier 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 Kohlendioxid 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. 48).

Zierpflanzen oder Gemüse werden immer häufiger nur in Nährlösungen (Hydrokultur, Hydroponik) 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 42 genannten chemischen Grundstoffen stets neun enthalten: Wasserstoff und Sauerstoff als Bestandteile des Wassers, dazu aus löslichen Salzen: Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Kalzium, 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 grüne Pflanze?

Die grüne Pflanze braucht neben Wasser und Nährsalzen auch Luft und daraus vor allem das **Kohlendioxid** (Abb. 49).

Kohlendioxid ist nur in 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 Kohlenstoffbedarf aus dem Kohlendioxid der Luft.

Aus dem Kohlendioxid 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, Eiweiße, 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 Kohlendioxid aus der Luft aufnehmen und zusammen mit Wasser und Nährsalzen verwerten. Dieser Prozeß, der Einbau des Kohlenstoffs in den pflanzlichen Stoffwechsel oder die Kohlendioxid-Assimilation, ist einer der wichtigsten Lebensvorgänge überhaupt.

Die Kohlendioxid-Assimilation

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

Für einfache Versuche zur Kohlendioxid-Assimilation eignen sich untergetaucht lebende Wasserpflanzen besonders gut (Abb. 50). Versuche mit Landpflanzen setzen meist komplizierte Versuchsanordnungen voraus.

Aufgabe

- Bringe einige Sprosse der Wasserpest in ein Glasgefäß mit Wasser, dem zuvor etwas Selterswasser (Kohlendioxidgehalt!) hinzugesetzt wurde! Decke darüber einen umgestülpten Trichter! Fülle ein kleines Reagenzglas mit Wasser und stülpe es über das Trichterrohr (Abb. 50)! 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)!
- Führe die gleiche Aufgabe mit abgekochtem Wasser, jedoch ohne Zusatz von Selterswasser aus!
- Stelle das Versuchsgefäß an einen schattigen und später an einen dunklen Ort! Vergleiche die Zahl der aufsteigenden Gasbläschen!
- Führe die gleiche Aufgabe mit lebenden Pflanzenteilen aus, die nicht grün gefärbt sind, zum Beispiel mit Wurzeln!
- Stelle den gleichen Versuch mit Wasserpestpflanzen an, die vorher durch Eintauchen in siedendes Wasser abgetötet wurden!

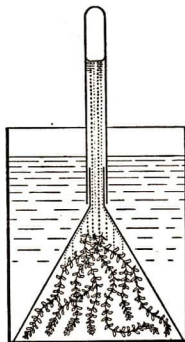


Abb. 50 Entwicklung von Sauerstoff bei der Kohlenstoff-Assimilation der Wasserpest

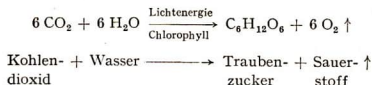
Grüne Pflanzen nehmen das Kohlendioxid durch die Laubblätter auf; die große Oberfläche der vielen Blätter ermöglicht die Aufnahme großer Gasmengen.

Das Kohlendioxid 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 (Blattgrün), ein wichtiger Farbstoff der Pflanzen, befindet. Das Chlorophyll ist für die Kohlendioxid-Assimilation erforderlich.

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

Der Aufbau des Traubenzuckers ist ein äußerst komplizierter Vorgang, an dem sehr viele chemische Einzelreaktionen beteiligt sind. Der Gesamtvorgang ist eine Reduktion des Kohlendioxids. Wie andere chemische Reduktionsvorgänge verläuft auch dieser Vorgang nur unter Energiezufuhr. Energiequelle ist meist das Sonnenlicht.

Das Gesamtergebnis dieser Vorgänge zeigt die folgende Gleichung:



Aus sechs Molekülen Kohlendioxid und sechs Molekülen Wasser baut die grüne Pflanze mit Hilfe des Chlorophylls unter der Einwirkung der Energie des Sonnenlichts 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 Kohlendioxid-Assimilation auch **Photosynthese** genannt. Wir finden sie bei den Algen und grünen Pflanzen.

Bei der Kohlendioxid-Assimilation werden durch Reduktion des Kohlendioxids organische Verbindungen als **Assimilate** gebildet, in denen Energie gespeichert wird.

Chemosynthese. Gewisse Gruppen von Bakterien können Kohlenhydrate (z. B. Traubenzucker) aus Kohlendioxid und Wasser auch ohne Licht und Chlorophyll erzeugen. Sie gewinnen die dazu notwendige Aufbauenergie auf chemischem Wege, indem sie bestimmte Stoffe ihrer Umgebung oxydieren. 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: Stärke-reaktion).

Wir beobachten: Der Streifen des Blattes, der von der Aluminiumfolie bedeckt war, bleibt hell, das übrige Blatt dagegen wird blauschwarz gefärbt (Abb. 51).

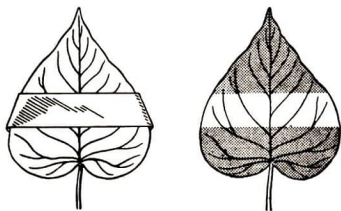


Abb. 51 Nachweis der Bildung von Assimilationsstärke. Links mit einer Aluminiumfolie bedecktes Blatt; rechts dasselbe Blatt nach Behandlung mit Jodlösung

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.

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 Kohlendioxid 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 Kohlendioxid auf und gibt Sauerstoff ab.

Normalerweise wird von den Pflanzen ebensoviel Sauerstoff abgegeben, wie Kohlendioxid aufgenommen wird. Beide Gase werden gleichsam im Blatt gegeneinander ausgetauscht, man nennt dies **Gasaustausch**. Er vollzieht sich durch die Spaltöffnungen der Blätter (Abb. 36 u. 38).

Die Assimilate werden entweder zum Aufbau neuer Zellen oder zur Erzeugung der dabei erforderlichen Energie verbraucht. Man spricht deshalb vom **Baustoffwechsel** und vom **Betriebsstoffwechsel** der Pflanze.

Das Blatt ist der wichtigste Betriebsstoff- und Baustoffherzeuger 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. 52).

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

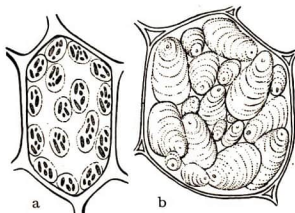


Abb. 52 Stärke

a Assimilationsstärke in den Chloroplasten einer Moosblattzelle (500fach vergrößert), b Speicherstärke in der Zelle einer Kartoffelknolle (200fach vergrößert)

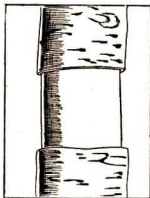


Abb. 53 Bastringelung bei einem Obstbaum. Die Rinde wird in einem 15 cm breiten Streifen entfernt.

der Photosynthese entstehenden Assimilationsstärke. Speichersstärke bildet in der Regel **viel** gröbere Körner als Assimilationsstärke (Abb. 52). 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.

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. 53). 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.

Die Speichersstärke 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. Zu den Kohlenhydraten gehören Stärke, Traubenzucker, Rohrzucker und Zellulose.

Stärke befindet sich vor allem in Speichergeweben, wie Samen, Knollen, Wurzelstöcken u. a. (Abb. 43 u. 46). 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 Rohrzucker 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 Eiweißen 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 Stickstoff 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 sich 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, Farbstoffe, 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 Morphin und Opium. Zu den Alkaloiden gehören auch das Nikotin des Tabaks und das Koffein in Bohnenkaffee und Tee.

Die Bedeutung der Kohlendioxid-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 Kohlendioxid beziehen, verarbeiten

ein Vielfaches davon. Insgesamt werden jährlich etwa 500 bis 800 Milliarden Tonnen Kohlendioxid, 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 Kohlendioxid-Assimilation gelieferte Energie wird in den Assimilaten als chemische Energie gespeichert. Sie wird so für alle weiteren Lebensvorgänge nutzbar. Insgesamt gewinnen die grünen Pflanzen unserer Erde auf diese Weise jährlich eine Energiemenge von 1 Trillion kcal oder 1,2 Milliarden 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 organische Verbindungen, zum Beispiel Kohlenhydrate, bilden.

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

Die Energieversorgung der Pflanzen

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, kein Werkstück kann hergestellt, kein neuer Stoff produziert werden, wenn keine 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 Kohlendioxid-Assimilation (d. h. für den Aufbau von Traubenzucker aus Kohlendioxid 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 durch Oxydation wieder aus den Assimilaten gewonnen werden. Das geschieht, indem auf chemischem Wege kompliziert gebaute Stoffe in einfachere Bestandteile zerlegt werden (z. B. Traubenzucker wieder in Kohlendioxid 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**.

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.

Als Dissimilation werden Oxydationsvorgänge 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 aufgebaut und zugleich abgebaut und in einfachere chemische Bestandteile zerlegt werden.

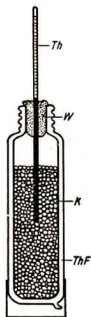


Abb. 54 Versuchsanordnung zum Nachweis der Wärmebildung bei Atmung keimender Erbsen

K Keimende Erbsen, Th Thermometer, ThF Thermosflasche, W Watte

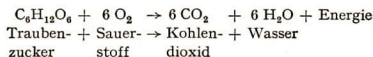
Die Atmung

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, äußerlich 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. 54)!
3. Führe die gleichen Versuche mit frischen, äußerlich trockenen Blüten (Pfingstrose, Kuhblume), Wurzelstöcken von Schwertlilie oder Maiglöckchen und jungen Hutpilzen aus!

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



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 Kohlendioxid und Wasser die Betriebsenergie für den Stoffwechsel von Pflanze, Tier und Mensch. Bei der Atmung wird Sauerstoff aus der Luft aufgenommen, dagegen Kohlendioxid vom Körper abgegeben.

Äußerlich scheint so die Atmung eine umgekehrte Photosynthese zu sein. In ihrem Ablauf sind beide Vorgänge jedoch verschieden. 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 Kohlendioxid 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 Kohlendioxid 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) und Kohlendioxid. 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 Kohlendioxid und Äthanol. Durch die zahllosen Gasbläschen des Kohlendioxids 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

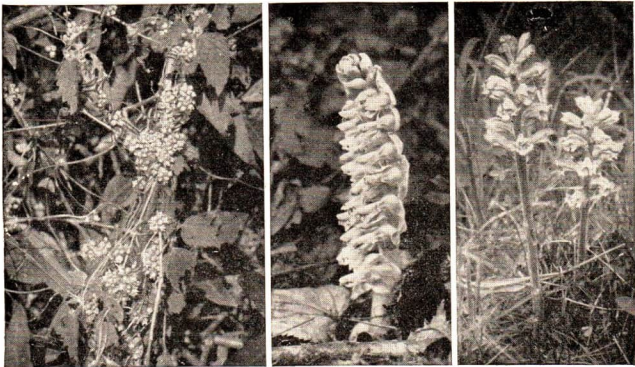
Nur die grünen Pflanzen können ihre Bau- und Betriebsstoffe mit Hilfe der Sonnenenergie aus rein anorganischen Bestandteilen aufbauen.

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 Verwes und Faulen aller abgestorbenen Lebewesen, deren Überreste auf diese Weise beseitigt und wieder in den Stoffkreislauf der Natur eingegliedert werden. Pflanzen- und Tierleichen werden durch die Lebensfähigkeit der Fäulnisbewohner zu einfachen anorganischen, wasserlöslichen Stoffen abgebaut, die den grünen Pflanzen als Nährstoffe dienen.

Abb. 55 Schmarotzerpflanzen
Kleeseide (links), Schuppenwurz (Mitte) und Sommerwurz (rechts)



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 andere Pflanzen einbohren und ihnen Nährstoffe entziehen (z. B. Klee- oder Hopfenseide, Sommerwurz, Schuppenwurz; Abb. 55).

Halbschmarotzer. Halbschmarotzer sind grüne Pflanzen, die mit Hilfe des Chlorophylls Kohlendioxid assimilieren, ihrer Wirtspflanze, auf der sie festgewachsen sind, aber Wasser und Nährsalze entziehen (z. B. Mistel auf Laub- und Nadelbäumen, Abb. 92; 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. 56). Die Alge entzieht dem Pilz Wasser und Bodensalze. Mit Hilfe des Chlorophylls baut sie organische Stoffe auf, von denen auch der Pilz lebt.

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



Abb. 56 Querschnitt durch einen Flechtenkörper
A Gruppen grüner Kugelalgen, H Pilzfäden, O Oberseite, R wurzel-
ähnliche Zellfäden, U Unterseite der Flechte

Statt dessen sind die Enden der Wurzeln mit einer filzigen Hülle aus feinen Pilzfäden umspinnen (s. Abb. 91). 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 der Wurzeln ihrer Wirtspflanzen und bauen hier ihr Körpereiweiß mit Hilfe des Luftstickstoffs auf. Später werden sie von den Wurzelzellen abgetötet und teilweise 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.

Insektenverdauende Pflanzen

Die insektenverdauenden Pflanzen besitzen Chlorophyll in den Blättern und können ihren Kohlendioxidbedarf 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. Wird ein Baum stärker geschädigt, wenn er die Hälfte seiner Äste durch einen Sturm oder alle seine Blätter durch Insektenfraß verliert? Begründe 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, in denen 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 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, 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 Hölhlung 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?

Vom Kreislauf der Stoffe in der Natur

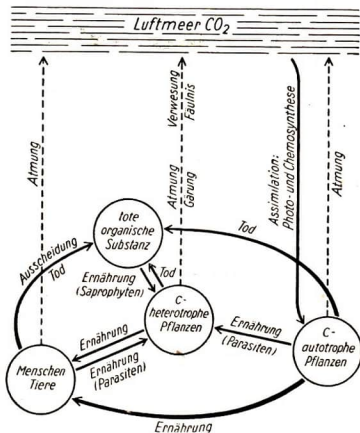


Abb. 57 Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur

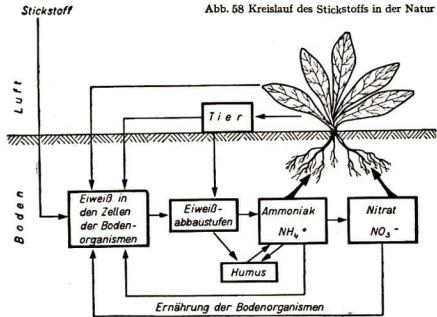
Kreislauf des Kohlenstoffs. Die grünen Pflanzen verbrauchen zu ihrer Kohlenstoff-Assimilation so viel Kohlendioxid, daß in etwa 350 Jahren der gesamte Vorrat der Luft und des Meeres erschöpft wäre. Bei der Atmung und den Gärungen wird jedoch immer wieder Kohlendioxid ausgeschieden. Außerdem werden alle Organismen nach ihrem Tod durch Fäulnis und Gärungsvorgänge zer-

setzt, wobei ebenfalls Kohlendioxid 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 Kohlendioxidquelle für die grünen Pflanzen (Abb. 57).

Kreislauf des Stickstoffs

(Abb. 58). 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 im Boden gespeichert. Ammoniak und Nitrat bilden auch Nährstoffe für die Bodenorganismen. Ein kleiner Teil der Bodenbakterien kann auch den Luftstickstoff zum Eiweißaufbau verwerten.



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 erhalten.

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

Ungeschlechtliche Fortpflanzung. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung entwickelt sich das neue Lebewesen ohne Vereinigung von Geschlechtszellen 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: z. B. Maiglöckchen, Quecke, Schwertlilie, Busch-Windröschen (Abb. 43)
Knolle: z. B. Kartoffel (Sproßknolle; Abb. 46), Krokus, Scharbockskraut, Dahlie (Wurzelknolle)

Zwiebel: z. B. Tulpe, Schneeglöckchen, Lilie, Küchenzwiebel (Abb. 47)

Ausläufer: z. B. Erdbeere, Kriechender Hahnenfuß

Im Gartenbau werden viele Gewächse auf ungeschlechtlichem Weg durch Stecklinge (abgeschnittene, mit Knospen besetzte junge Seitensprosse) vermehrt. Im Obstbau pfpfzt 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.

Aufgaben

1. Untersuche mit der Lupe Blüten von Tulpe, Lilie, Hahnenfuß, Mohn, Kirsche, Lein, Raps, Löwenmaul, 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. Ihre Teile sind umgebildete Blätter, die der Fortpflanzung dienen. 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 59 und 61 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).

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 (Blütenstaub) gebildet.

Fruchtblätter. Die Fruchtblätter sind die weiblichen Fortpflanzungsorgane.

Bei den Nadelbäumen liegen die Fruchtblätter einzeln spiralig um die Mittelachse herum und bilden mit ihr den Zapfen. Auf den Fruchtblättern liegen offen je zwei Samenanlagen (Abb. 60). Pflanzen mit frei liegenden (nackten)

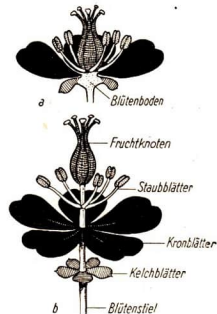


Abb. 59 Aufbau einer Blüte
a normal, b mit gestreckt gedachter Blütenachse

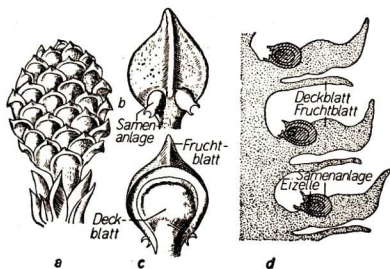


Abb. 60 Fruchtblätter und Samenanlagen bei Nacktsamern (Kiefer)
 a Junger Blütenzapfen, b Fruchtschuppe und Samenanlagen von oben,
 c Fruchtschuppe und Deckschuppe von unten, d schematischer Längsschnitt
 durch Fruchtschuppen mit Samenanlagen

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. 61). Pflanzen, bei denen die Samenanlagen in einem Fruchtknoten liegen, werden als bedecktsamige Pflanzen oder als **Bedecktsamer** bezeichnet.

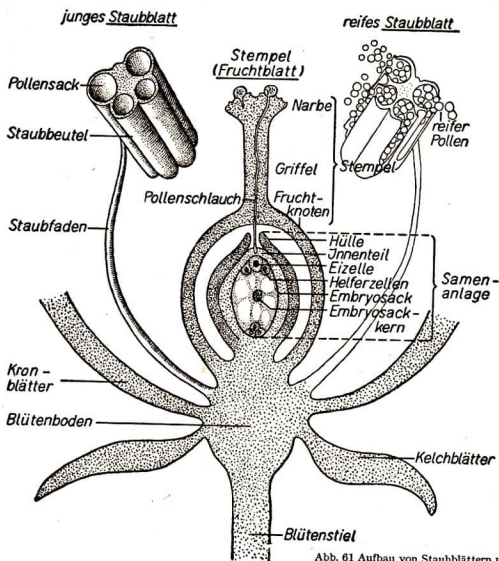


Abb. 61 Aufbau von Staubblättern und Stempel (schematisch)

Nach seiner Stellung zu den anderen Blütenteilen ist der Fruchtknoten oberständig, unterständig oder mittelständig (Abb. 62).

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).

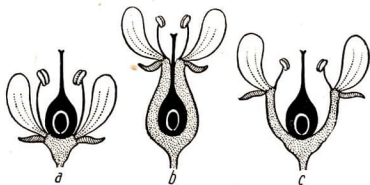


Abb. 62 Stellung des Fruchtknotens

a oberständig, b unterständig, c mittelständig (schwarz: Stempel; punktiert: Blütenboden)

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 (Abb. 61). 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, Hanf).

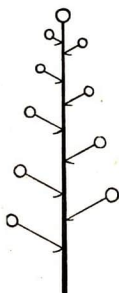
Blütengrundriß. Aufbau, Gestalt und Farben der Blüten sind äußerst mannigfaltig. Jede Pflanzenart hat einen besonderen Blütenbau, der bei Arten einer Familie ähnlich ist.

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 63 und 64 zeigen die wichtigsten Blütenstände.



Traube



Maiglöckchen



Johannisbeere



Ähre



Wegerich



Dolde



Apfel



Schlüsselblume



Kolben



Mais



Köpfchen



Klee

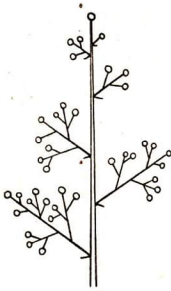


Korb



Sonnenblume

Abb. 63 Einfache Blütenstände



Rispe



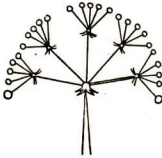
Hafer



Holunder



Wein



zusammengesetzte Dolde



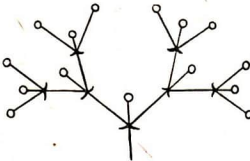
Petersilie



zusammengesetzte Ähre



Weizen



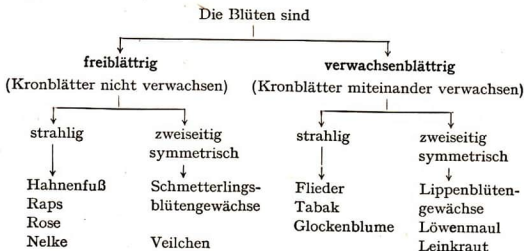
Zyme (Trugdolde)



Acker-Hornkraut

Abb. 64 Zusammengesetzte Blütenstände

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



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. 65)!



Abb. 65 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 der Art der Pollenübertragung angepaßt.

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 fiederartig	Griffel meist in der Blütenhülle eingeschlossen Narbe mit kleiner Oberfläche, rau und klebrig

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

Insektenblüten besitzen die meisten bedecktsamigen Kräuter.

Die Befruchtung

Die Samenanlage besteht aus einer **Hülle** und einem Innenteil, der den Embryosack (Keimsack) einschließt. Er enthält neben anderen Zellen die Eizelle (Abb. 61 u. 66).

Die Narbe des Stempels ist gewöhnlich klebrig und feucht. Sie enthält Stoffe, von denen die Pollenkörner zum Keimen angeregt werden. Aus einem keimenden Pollenkorn wächst ein dünner Pollenschlauch heraus. Er enthält in seinem Spitzenteil zwei Fortpflanzungskerne, die Samenkern. Der Pollenschlauch wächst im Griffel abwärts, durch die Fruchtknotenhöhle 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. 61 u. 66).

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

Die befruchtete Eizelle teilt sich wiederholt und wächst zum **Keimling** (Embryo) heran (Abb. 67).

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.

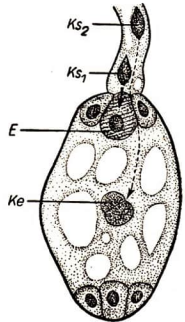


Abb. 66 Embryosack
Befruchtung der bedecktsamigen Pflanzen
E Eizelle, Ke Kern des Embryosacks, Ks₁ erster Samenkern, Ks₂ zweiter Samenkern

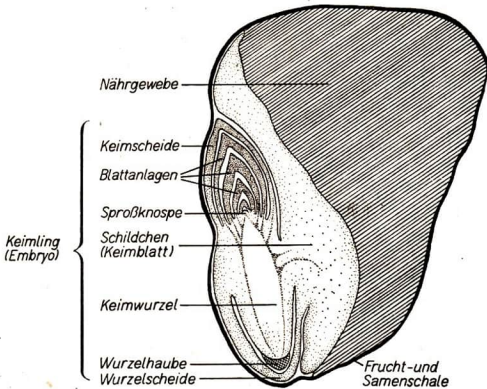


Abb. 67 Embryo mit Keimblatt und Nährgewebe in einem Maiskorn (Längsschnitt)

Bei den bedecktsamigen Pflanzen sind die Samenanlagen stets in einer Höhlung des Fruchtknotens eingeschlossen. Nachdem die Pflanze verblüht ist, 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. 68).

**Verbreitungsarten und Verbreitungseinrichtungen
bei Samen und Früchten**

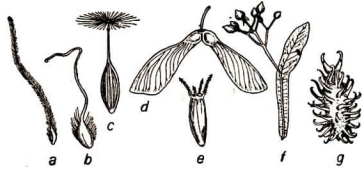
Verbreitungsart	Verbreitungseinrichtung	Beispiele
Verbreitung durch den Wind	Haarschöpfe	Kuhblume, Weide
	Flügel	Ulme, Esche, Ahorn, Birke
	Ausschleudern aus Kapseln, die auf elastischem Stiel stehen	Mohn, Glockenblume
	staubfeine Samen	Orchideen
Verbreitung durch Wasser	lufthaltige Räume	Wasser- und Sumpfpflanzen
Verbreitung durch Tiere	Klettverbreitung; hakige Fortsätze (Festhängen im Tierfell)	Klette, Klebkraut, begrannnte 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	Aussaats, Handel, Verkehr	Kulturpflanzen, Unkräuter, viele Pflanzen der Straßenränder und Bahndämme, Schutzpflanzen

Aufgaben

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

Abb. 68 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 auffallend gefärbte 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?

Fortpflanzung blütenloser 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 Frauenhaarmoses kennenlernen.

Das Frauenhaarmos 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, den männlichen Geschlechtsorganen.

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 (weibliche Geschlechtsorgane).

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 eine Befruchtung stattfindet.

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. 69).

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 Kapseln, die mit einem feinen Stielchen am Blatt festsitzen. Beim Austrocknen springen diese Sporenkapseln 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 ent-

lassen zahlreiche schraubig gewundene **Schwärmerzellen**, die mit lebhaft schlagenden Wimpern auf den Eibehälter zuschwimmen. Von dort wird ein Tröpfchen Schleim mit Äpfelsäure 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. 69).

Die Abbildung 69 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 entwickelt sich 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.

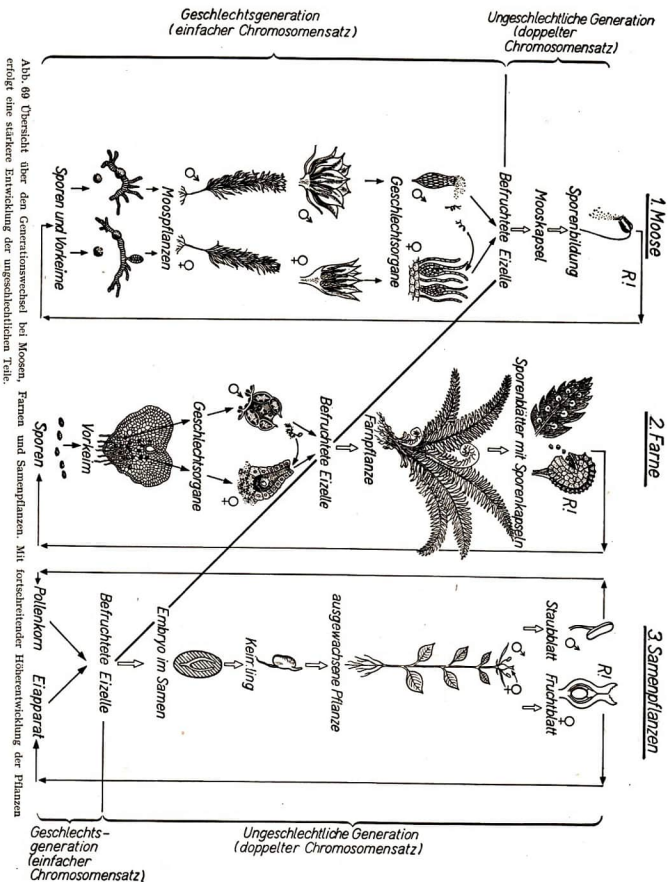
Ein wesentlicher Unterschied zwischen Farnen und Moosen besteht darin, daß die grünen Dauerformen verschiedene Generationen darstellen:

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.

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 Vorkiem 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 einem 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 Filtrierpapier 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 %

Im Samen ist bereits eine junge Pflanze (Keimling = Embryo) enthalten, 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 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 Wachstum eingeleitet. Die einzelnen Teile des Embryos beginnen sich zu vergrößern und durchstoßen die Samenschale.

Temperatur. Samen keimen 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

Kultur- pflanze	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. 70). Man bezeichnet diese Erscheinung als **Vergeilung**. Hält sie an, so sterben die Pflanzen ab, da ihnen das nötige Chlorophyll fehlt.

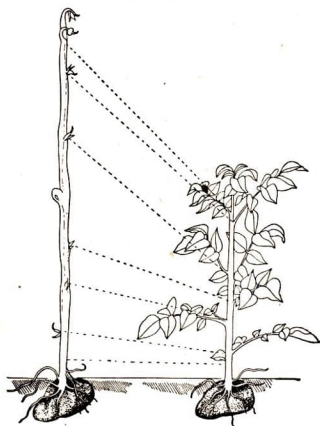


Abb. 70 Wachstum eines Kartoffeltriebes bei Dunkelheit (links) und bei Licht (rechts)

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.

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 muß für alle Lebensvorgänge in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen, 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 Pflanze. 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 hängt vom Licht, von der Feuchtigkeit, der Temperatur und der Menge der vorhandenen Bodennährstoffe ab.

Umwelt und Richtung des Wachstums

Aufgaben

1. 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. 71)!
2. 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 hin gekrümmt haben?
3. Beobachte im Frühjahr das Verhalten austreibender Einkellerungskartoffeln in der Nähe des Kellerfensters!

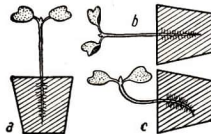


Abb. 71 Erdwändiges Wachstum eines Senfkeimlings. a normale Lage, b waagrecht gelegt, c darauffolgendes Wachstum

Schwerkraft – Erdwändigkeit

Die Wurzel wächst senkrecht in den Boden hinein, die Hauptsprossachse in entgegengesetzter Richtung nach oben. Es ist dabei gleichgültig, ob das Gelände geneigt



Abb. 72 Fichtenwald am Berghang

oder eben ist. Auch an den steilsten Berghängen ragen die Bäume senkrecht empor (Abb. 72).

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. 71).

Die Ursache für dieses Verhalten der Pflanzen ist die Wirkung der 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 die von der Schwerkraft bestimmte Richtung.

Abhängigkeit des Wachstums zeigen aber nur die Hauptwurzeln und -sprosse deutlich. Die Seitenwurzeln wachsen schräg in den Boden hinein, ebenso liegen die Seitensprosse meist waagerecht oder schräg. Wurzelstöcke und Ausläufer schließlich wachsen waagerecht über oder unter der Erdoberfläche entlang.

Licht – Lichtwendigkeit

Auch das Licht beeinflusst die Wachstumsrichtung. Junge Sprosse wachsen einer Lichtquelle zu. Viele Zimmerpflanzen krümmen sich zum Fenster. Blätter drehen sich an ihrem Blattstiel so, daß die Lichtstrahlen senkrecht auf die Blattspreite fallen (z. B. Blätter der Sonnenblume). Diese Erscheinung nennen wir Lichtwendigkeit (Abb. 73).

Wuchsstoffe

Der Einfluß des Lichtes und der Schwerkraft auf die Wachstumsrichtung 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. Als eine der Ursachen für die Eigenschaften der Pflanzen wurden die Wuchsstoffe (Auxine) erkannt.

Wuchsstoffe regen die Zellen zur Streckung an. Sie sind nur in äußerst geringer Menge in einer Pflanze vorhanden. Schon Millionstel eines Gramms, gelöst in 1 l Wasser, können das Wachstum merklich beschleunigen.

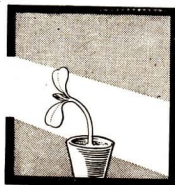


Abb. 73 Lichtwendiges Wachstum eines Bohnenkeimlings

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 vorwiegend dort, die andere Seite bleibt kürzer, so daß sich der Sproß nach der wuchsstoffarmen Seite hin krümmt.

Licht kann Wuchsstoffe zerstören. 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, Stäbehormin u. a.) eingesetzt. Die Unkräuter erschöpfen sich durch unregelmäßiges 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 hauptsächlich 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 entwickeln sich zu verschiedenen Geweben und Organen. Der Sproß bildet Blätter, Blüten und Früchte in geordneter Reihenfolge.

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

Wachstum und Entwicklung hängen voneinander ab und finden meist gleichzeitig in den Pflanzen statt.

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.

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 Frucht-reife. 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 Frühlingsaussaat 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.

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.

Es gibt Pflanzen, die nur zur Blüte kommen, wenn die Tage zur Zeit einer bestimmten Entwicklungsstufe mindestens 13 helle Stunden haben. Bekommen solche



Abb. 74 Langtagpflanze (Gerste)
Links nach 9stündiger, rechts nach 18stündiger
Belichtung

Langtagpflanzen nicht soviel Tageslicht, so bilden sie nur grüne, wenn auch sehr üppige Sprosse mit Blättern (Abb. 74).

Kurztagepflanzen dagegen brauchen zur Blütenbildung Tage mit mindestens 12 Stunden Dunkelheit. Bleiben die Nächte zu kurz, so entwickeln sich ebenfalls nur Sproß und Blätter (Abb. 75).

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



Abb. 75 Kurztagepflanze (Hirse)
Links nach 18stündiger, rechts nach
12stündiger Belichtung



Langtagpflanzen, Kurztagepflanzen und tagneutrale Pflanzen

Gruppe	Kennzeichen	Beispiele
Langtagpflanzen	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
Kurztagepflanzen	Die Dunkelheit der Nacht muß zum normalen Ablauf der Lebensvorgänge und damit auch zur Bildung von Blüten mindestens 12 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

Kurztagepflanzen 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 Kurztagepflanzen 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 erdwindige 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 löslichen Stoffe	Boden	Wurzel	Bewässerung Lockern des Bodens Unkrautbekämpfung
Mineralsalze	Nährstoffe	Boden	Wurzel	Düngung, Unkraut- bekämpfung
Kohlen- dioxid	a) Nährstoff für Photosynthese b) Abfallstoff bei Atmung	Luft	Blätter (Spalt- öffnungen)	Anreichern der Luft mit CO_2 (z. B. Mist- beet)
Sauerstoff	a) Voraussetzung für Atmung b) Abfallstoff bei der Photosynthese			Lockern des Bodens Entwässern des Bodens
Licht	Voraussetzung für Photosynthese (Ener- giequelle); teilweise Vorausset- zung für Wachstum und Entwicklung	Sonne	Chlorophyll der Blätter alle ober- irdischen Pflan- zenteile	Durchforsten der Wälder Abstände bei Baum- pflanzungen Unkrautbekämpfung
Wärme	Voraussetzung für alle Lebensvorgänge	Sonne	alle Pflanzen- teile	Bedecken empfind- licher Pflanzen Gewächshäuser, Mist- beete

Ökologie als Grundlagenwissenschaft

Das Zusammenleben von Pflanzen und Tieren in der Natur wurde lange Zeit als etwas Selbstverständliches angesehen, so daß es vielen Naturbeobachtern nicht notwendig erschien, dieser Tatsache besondere Bedeutung beizumessen. In jüngerer Zeit aber wurde deutlich, daß die Kenntnis der Ursachen dieses Zusammenlebens wesentlich zum richtigen Verständnis der lebenden Natur beiträgt. Heute ist die Untersuchung des Zusammenlebens von Organismen ein wichtiges Fachgebiet der Biologie, mit dem wir uns beschäftigen müssen.

Die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt ist die **Ökologie**. Sie untersucht die Lebensäußerungen der Organismen an ihrem Standort. Diese Lebensäußerungen hängen von der Wirkung der Umweltfaktoren ab (z. B. Lichtfaktor, Wärmefaktor, Feuchtigkeitsfaktor, Bodenfaktoren, Faktoren der gegenseitigen Beeinflussung von Organismen).

Die Ökologie ist auch eine wichtige Grundlagenwissenschaft für die Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, für die Landschaftsgestaltung, die Landschaftspflege und den Naturschutz.

Das Zusammenleben der Organismen können wir nicht allein durch das Lesen eines Lehrbuchs und durch den Unterricht im Klassenzimmer verstehen lernen. Wir müssen in die Natur hinausgehen und die Pflanzen und Tiere in ihrer Umgebung und in ihren Beziehungen zueinander untersuchen. Nur durch eigene Untersuchungen und deren Auswertung werden wir einen Einblick in die sehr komplizierten Gesetze gewinnen, von denen das Leben der Organismen in der Natur abhängt.

Lebensraum und Lebensgemeinschaft

Eine Landschaft besteht aus zahlreichen größeren und kleineren **Lebensräumen** (Biotope), in denen bestimmte Pflanzen- und Tierarten leben, weil dort die für sie günstigsten Lebensbedingungen vorhanden sind. Die miteinander in Gesellschaft lebenden Organismenarten eines Lebensraumes bilden eine **Lebensgemeinschaft** (Biozönose).

Beispiel:

Ein Teich bietet den Organismen bestimmte Lebensbedingungen, die vom Klima (Temperatur, Licht, Luft, Wasser), vom Boden und von anderen Faktoren abhängen. Dieser Teich stellt einen Lebensraum (Biotop) dar. In ihm bildet eine Vielzahl von Organismen in ihrer Gesamtheit eine Lebensgemeinschaft (Biozönose). Der Lebensraum beherbergt von der freien Wasseroberfläche aus über die dicht verwachsene Uferzone bis zu den angrenzenden Wiesen die reiche, vielgliedrige Lebensgemeinschaft Teich.

Im flachen Uferwasser des Teiches hat sich eine besondere *Pflanzengemeinschaft*, das Teichröhricht, entwickelt. In diesem Abschnitt der Lebensgemeinschaft Teich finden wir bestimmte Pflanzen- und Tierarten, die unter entsprechenden Umweltbedingungen in jedem Teich auftreten können. Gleiches gilt für das Pflanzen- und Tierleben der übrigen Bereiche (Abb. 76).

Ebenso wie die Lebensgemeinschaft Teich enthalten andere Biozönosen Arten von Organismen, die für sie kennzeichnend sind. Einen Überblick über Pflanzengesellschaften, die sich häufig an einen Teich anschließen, gibt die Abbildung 77.

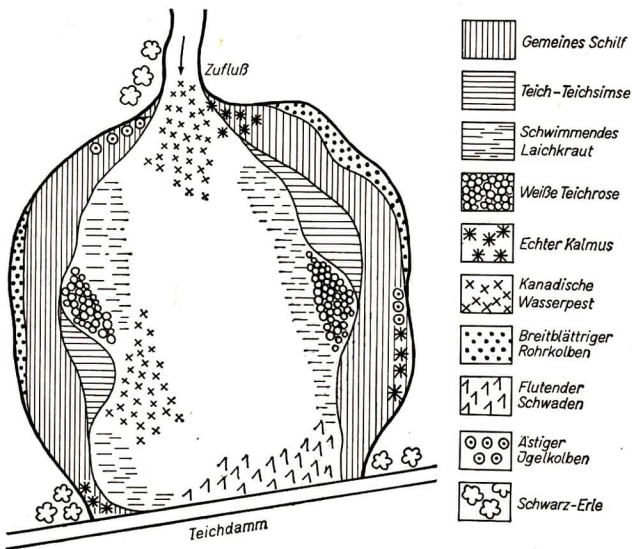


Abb. 76 Zonierungsschema eines Teiches (Draufsicht)

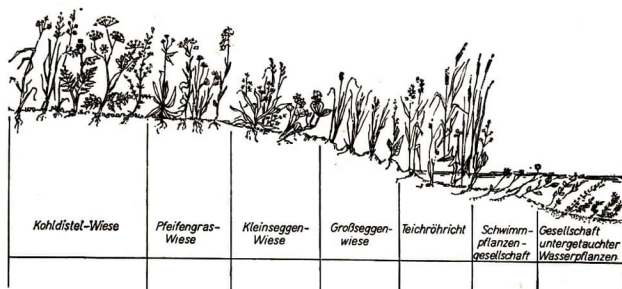


Abb. 77 Schematische Darstellung der Pflanzengesellschaft am Ufer eines Teiches

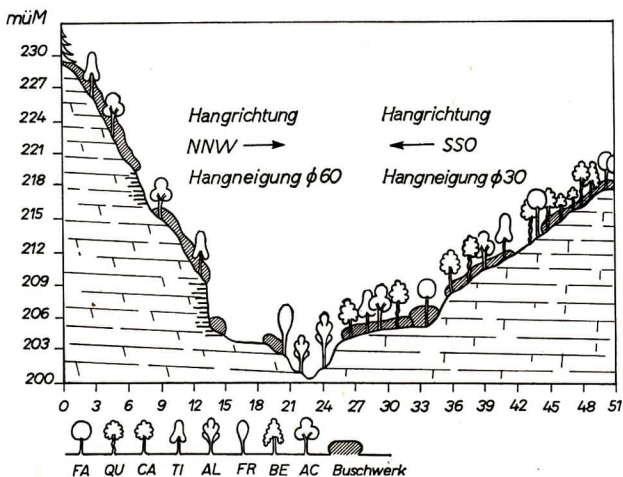


Abb. 78 Profil durch ein Beobachtungsgebiet in einem Erosionstal im Unteren Bundsandsteiner (Ostthüringen) mit Darstellung der Baumschicht. FA Rot-Buche, QU Trauben-Eiche, CA Hainbuche, TI Winter-Linde, AL Schwarz-Erle, FR Gemeine Esche, BE Hänge-Birke, AC Berg-Ahorn.

Aufgabe

Nenne einige typische Lebensräume aus der Umgebung deines Heimatortes! Versuche, die dort siedelnden Pflanzengesellschaften nach den vorherrschenden Arten zu kennzeichnen! Benutze dazu die Übersicht auf Seite 87!

Jede Lebensgemeinschaft besitzt einen durch die Bedingungen des jeweiligen Lebensraumes geformten besonderen Aufbau. Jedes Lebewesen ist mit der gesamten Lebensgemeinschaft verbunden, zu der es gehört. Jedes Einzelwesen (Individuum), das wir für sich betrachten, lösen wir aus einer Gemeinschaft heraus. In ihr kann es ständig nur leben, wenn es an die besonderen ökologischen Bedingungen des Lebensraumes und der ihm eigentümlichen Lebensgemeinschaft angepaßt ist.

Lebensgemeinschaft und Lebensraum stehen fortwährend in engen Wechselbeziehungen miteinander. Sie bilden eine untrennbare Einheit. Einerseits sind die Lebensäußerungen der Organismen vom Lebensraum abhängig, andererseits wirken die Organismen aber auch auf ihren Lebensraum und damit wiederum auf sich selbst verändernd ein (s. S. 116).

Wenn wir eine Lebensgemeinschaft in der heimatlichen Landschaft zur Beobachtung und Untersuchung auswählen, so fällt uns sofort auf, daß ihr äußeres Bild in erster Linie durch die Pflanzendecke bestimmt wird. Sie verleiht ihr ein so charakteristisches Gepräge, daß wir die meisten Lebensgemeinschaften nach den vorherrschenden Pflanzenarten benennen. In einem **Vegetationsprofil** (Abb. 78) oder in einem Schichtungsschema (Abb. 81) kommt das bildhaft zum Ausdruck. Die Übersicht auf Seite 87 gibt einige Beispiele für die Bezeichnung von Lebensgemeinschaften nach vorherrschenden Pflanzenarten.

Pflanzen sind standortgebundener als Tiere. Sie erzeugen deren Nahrung, gewähren ihnen Wohnraum und Schutz. Daraus ergeben sich enge lebensgemeinschaftliche Verknüpfungen zwischen den Pflanzen und Tieren eines Lebensraumes (s. S. 109).

Aus der Übersicht auf Seite 87 wählen wir innerhalb der allgemein als Wiese bezeichneten Lebensgemeinschaft zwei Teilgebiete aus, um an diesem Beispiel zu zeigen, wie sich im Rahmen eines größeren, scheinbar einheitlichen Lebensbezirkes sozusagen **Kleinstlebensräume** vor allem durch ihren Pflanzenwuchs (hier insbesondere durch die bestandsbildenden Gräser) unterscheiden.

Ein ökologischer Vergleich beider Wiesenarten (s. Übersicht S. 89) wirft sodann alle die Fragen auf, die wesentlichster Gegenstand einer lebensgemeinschaftlichen Untersuchung sind.

Aufgaben und Ziele unserer Arbeit in einer Lebensgemeinschaft

Unsere Arbeit in einer Lebensgemeinschaft gründet sich auf Beobachtungen und Untersuchungen der wichtigsten Umweltfaktoren, die wir an Ort und Stelle vorfinden.

Allgemeine und spezielle Bezeichnungen für heimische Lebensgemeinschaften

Allgemeine Bezeichnungen		Beispiele für speziellere Bezeichnungen von Biozönosen bzw. ihrer charakteristischen Teilgebiete nach vorherrschenden Pflanzenarten
Der Wald – ein von Bäumen beherrschter Lebensraum	Laubwald	Buchenwald (s. Farbtafel 4)
	Mischwald	Eichen-Hainbuchenwald, Eschen-Ahorn-Schluchtwald, Bach-Eschen-Erlenwald, Ulmen-Mischwald
	Nadelwald	Ebereschen-Fichtenwald, Buchen-Tannen-Fichtenwald, Fichtenwald, Kiefernwald, Höhen-Kiefern-Tannenwald
Die Wiese – ein von Süß- und Sauergräsern beherrschter Lebensraum	nasse Wiese	Rohr-Glanzgras-Wiese, Großseggen-Wiese, Kleinseggen-Wiese
	feuchte Wiese	Pfeifengras-Wiese, Wiesen-Fuchsschwanz-Wiese, Wiesen-Schwingel-Wiese
	frische Wiese	Glatthafer-Wiese, Knäuelgras-Wiese
	Trocken- oder Magerrasen (s. Farbtafel 4)	Magerrasen der Aufrechten Trespe, Schaf-Schwingel-Rasen, Fiederzwenken-Rasen, Borstengras-Rasen
Der Teich – ein von Wasserpflanzen, Süßgräsern und Sauergräsern, Sträuchern und an der äußeren Grenze oft von Bäumen beherrschter Lebensraum	Wiesenteich, Waldteich, Moorteich	Teichrosen- oder Laichkraut-Gesellschaft, Teichröhricht (s. Farbtafel 3), Großseggen-Wiese, Kleinseggen-Wiese, Sumpfwurz-Pfeifengras-Wiese

Dabei lassen wir uns immer durch die Blickrichtung auf die Ganzheit der Lebensgemeinschaft leiten, weshalb auf den nächsten Seiten zuerst die wichtigsten diesbezüglichen Gesichtspunkte und Zusammenhänge dargelegt werden.

Als Ergebnisse unserer Untersuchungen und Beobachtungen sollten folgende Fragen in klarer, knapper Form beantwortet werden:

Fragen

1. Wo liegt die Lebensgemeinschaft? (Kartenskizze und kurze Beschreibung des Geländes)
2. Auf welchem geologischen Untergrund befindet sich die Lebensgemeinschaft?

3. Wie wirken die klimatischen Faktoren (Licht, Temperatur, Niederschläge, Wind) und die Bodenverhältnisse auf die Lebensgemeinschaft ein?
4. Welche Pflanzengesellschaft(en) ist (sind) für die Lebensgemeinschaft charakteristisch?
5. Welche charakteristischen Tierarten leben in der Lebensgemeinschaft?
6. Welchen Einfluß hat der Mensch auf die Lebensgemeinschaft?

Umweltfaktoren

Auf jedes Lebewesen wirken viele verschiedene Faktoren der Umwelt ein. Sie wirken stets als Gesamtheit auf den Organismus. Wenn wir aber einen Einblick in die Abhängigkeit der Organismen von ihren Umweltfaktoren erhalten wollen, müssen wir zunächst die Wirkung der einzelnen Faktoren für sich betrachten.

Jeder Organismus kann nur unter bestimmten Umweltbedingungen leben. Reicht die Wirkung eines Umweltfaktors gerade aus, das Leben der Art zu ermöglichen, so sprechen wir vom **Minimum**. Mit steigendem Einfluß verbessern sich die Lebensbedingungen für die Art. Der günstigste Bereich wird als **Optimum** bezeichnet. Wirkt der Umweltfaktor stärker, so verschlechtern sich die Lebensbedingungen wieder, bis jenseits des **Maximums** das Leben für diese Art unmöglich wird (Abb. 79).

Die optimalen Lebensbedingungen können für verschiedene Arten recht unterschiedlich sein. Für die meisten Arten einer Biozönose sind sie aber annähernd gleich.

Die Klimafaktoren

Die wesentlichen Angaben über die allgemeinen klimatischen Bedingungen, die auf die von uns zu untersuchende Lebensgemeinschaft einwirken, erfahren wir aus den Veröffentlichungen der örtlichen meteorologischen Stationen (z. B. Durchschnitts-

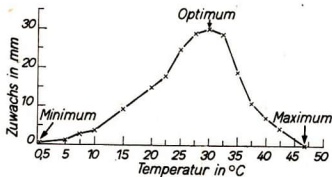


Abb. 79 Zuwachsgrößen der Wurzel einer Lupine in Stunden bei verschiedenen Temperaturen

temperatur; durchschnittliche Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode und während des Jahres). Um aber den Einfluß der Klimafaktoren (des Lichts, der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Luftbewegung) auf eine Lebensgemeinschaft beurteilen zu können, müssen wir das Klima der bodennahen Luftschichten (Kleinklima) kennenlernen. Es kann vom Klima des gesamten Gebietes recht beacht-

Beispiele für Wiesenarten, die nach den vorherrschenden Gräsern benannt sind

Bezeichnung der Wiesen	Wasser- und Nährstoffverhältnisse	bestandsbildende Süß- und Sauergräser (Beispiele für charakteristische Arten)	Kräuter (Beispiele für charakteristische Arten)	Vorkommen	wirtschaftlicher Wert
Pfeifengras-Wiese	Feuchte Wiesen: (hinsichtlich des Wasserhaushaltes die besten Wiesen) nährstoffarm	vorherrschend Blaues Pfeifengras, stellenweise Borstengras, Rasen-Schmiele, Hirse-Segge, Wolliges Honiggras	Gemeiner Teufelsabbiß, Kümmel-Silge, Wald-Engelwurz, Sumpf-Kratzdistel, Sumpf-Schafgarbe, Wasser-Nabelkraut, Blutwurz	wenigstens zeitweise nasse Standorte, nicht unbedingt Dauer-nässe, im Sommer oft trockener Boden	einschürige Mähwiese, schlechtes Heu, oft als Streuwiese genutzt, bei guter Pflege(Düngung) bis 80 dz/ha
Wiesen-Fuchschwanzgras-Wiese	Feuchte Wiesen: nährstoffreich	vorherrschend Wiesen-Fuchschwanzgras, Untergräser: Rot-Schwingel, Wolliges Honiggras, Gemeines Rispengras, Weißes Straußgras, Wiesen-Rispengras, Wiesen-Kammgras	Wiesen-Schaumkraut, Wiesen-Platterbse, Spitz-Wegerich, Rot-Klee, Efeu-Gundermann, stellenweise: Wiesen-Knöterich, Pfennig-Gilbweiderich, Kriechender Hahnenfuß	in feuchteren Lagen und auf schweren Böden (Über-schwemmungs-wiesen)	unkrautarm, sehr gute hochwuchsiges Wiesenform, meist ohne Kleearten, gutes Heu bei rechtzeitiger Mahd, 100 dz/ha

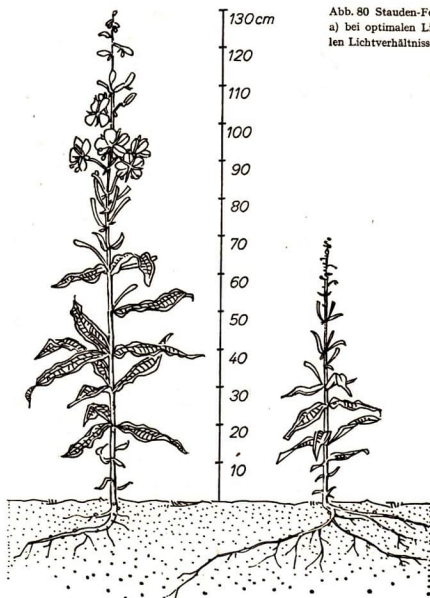


Abb. 80 Stauden-Feuerkraut, eine Kahlschlagpflanze
a) bei optimalen Lichtverhältnissen, b) bei minimalen Lichtverhältnissen in einem Fichtenwald

lich abweichen. Das Kleinklima wird besonders von der Geländeform, der Bodenbeschaffenheit und dem Pflanzenwuchs des Standortes beeinflusst.

Das Licht als ökologischer Faktor

Das Licht ist von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung der Pflanzen, es fördert die Chlorophyllbildung, wird zur Assimilation des Kohlenstoffs benötigt (Photosynthese), beeinflusst die Blütenbildung, den Fruchtansatz sowie die Festigkeit und Größe der Halme und Stengel (Abb. 80).

Wir können **Lichtkeimer** (z. B. Akelei, Weiderich, Tabak) und **Dunkelkeimer** (z. B. Ehrenpreis, Enzian, Kürbis) unterscheiden. Es gibt Pflanzen, die zu ihrer vollständigen Entwicklung täglich unbedingt eine mehr als zwölfstündige Lichteinstrahlung

obere Baumschicht
(Kronenschicht)

niedere Baumschicht

Strauchschicht
(bis 5 m)

Feldschicht (bis 0,50 cm)
Moos- oder Bodenschicht



Abb. 81 Schichtung in einem Auwald (Schema)

benötigen (**Langtagpflanzen**). Andere kommen mit einer kürzeren Lichteinstrahlung aus (**Kurztagpflanzen**). Dazu gehören verschiedene tropische Nutzpflanzen, die bei uns kultiviert werden und sich erst im Spätsommer oder Herbst voll entwickeln (z. B. Mais). Pflanzen, die in ihrer Entwicklung von der Lichtmenge mehr oder weniger unabhängig sind, bezeichnet man als **tagneutrale Pflanzen**. (s. auch S 80f.).

In einer Lebensgemeinschaft ist die Lichtmenge, die den Pflanzen und Tieren zur Verfügung steht, abhängig von der **Schichtung** der Pflanzengemeinschaft (Abb. 81). So ist der jahreszeitliche Wechsel der Lichtverhältnisse auf einer Wiese anders als in einem Buchenmischwald, in einem Buchenmischwald anders als in einem Fichtenwald. Das hat großen Einfluß auf das Aussehen dieser Pflanzengemeinschaften.

Die Lebensweise vieler Tierarten (z. B. der Vögel eines Laubmischwaldes) ist infolge der Eigentümlichkeiten ihres Nahrungserwerbs und ihrer Brutpflege an bestimmte Schichten der Pflanzengesellschaft gebunden (Abb. 82).

Das jeweilige Erscheinungsbild einer Pflanzengesellschaft bezeichnet man als **Aspekt**. Für seine Ausbildung sind neben dem Licht auch die anderen Umweltfaktoren von Bedeutung.

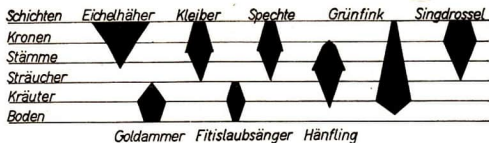


Abb. 82 Übersichts-
schema zur Schichten-
gebundenheit heimi-
scher Waldvögel

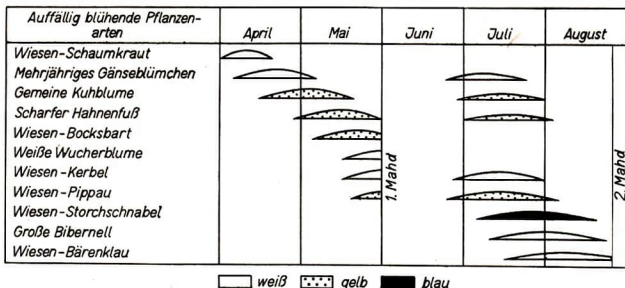


Abb. 83 Aspekte einer Wiese

In Laubwäldern ist während der Blütezeit der Frühblüher (z. B. Busch-Windröschen, Lerchensporn, Lungenkraut, Aronstab, Bingelkraut) der **Frühjahrsaspekt** ausgebildet. Mit zunehmender Belaubung der sie überschirmenden Strauch- und Baumschicht schließen viele dieser Pflanzen ihre Entwicklung ab. Auf dem Waldboden breiten sich Gräser und Kräuter aus, von denen im Frühjahr wenig oder nichts zu bemerken war. Sie bestimmen den **Sommeraspekt** des Laubwaldes. Das Aussehen eines Fichtenwaldes ändert sich während des Jahres kaum, das der Wiesen in der Regel recht deutlich (Abb. 83). Das ist besonders bei der Aufnahme des Pflanzenarten-Bestandes zu berücksichtigen (s. S. 103).

Wir können noch viele andere Anpassungserscheinungen an das Licht feststellen. Ausgesprochene **Schattenpflanzen** (z. B. Wald-Sauerklee) sind an eine geringe Lichtstärke so weitgehend angepaßt, daß sie sich bei voller Belichtung auf die Dauer nicht normal entwickeln können.

Der stark formende Einfluß des Lichtes läßt sich auch am unterschiedlichen Bau der Blätter eines Baumes nachweisen. Die äußeren, stärker besonnten Blätter der Rot-Buche weisen beispielsweise eine derbere Oberhaut, ein mehrschichtiges Palisadengewebe und ein dichteres Netz von Gefäßbündeln auf. Dadurch wird die starke Belichtung besser ausgenutzt, die starke Verdunstung herabgesetzt und eine gute Wasserversorgung ermöglicht (Sonnenblätter, Abb. 84). Die inneren und unteren Blätter des Baumes sind dagegen größer und besitzen ein einschichtiges Palisadengewebe (Schattenblätter, Abb. 84).

Wenn Licht und Schatten die Entwicklungs- und Lebensvorgänge der Pflanzen im Wechsel der Tages- und Jahreszeiten so entscheidend beeinflussen, dann können entsprechende Wirkungen auf den Entwicklungsgang der pflanzenfressenden Tiere und der blütenbesuchenden Insekten nicht ausbleiben. Wir kennen unmittelbare Reaktionen der Tiere auf Lichtreize. So hat eine größere Lichtstärke häufig eine intensivere Färbung von Haut, Haaren, Federn und Schuppen der Tiere zur Folge. Manche Tiere finden wir vorwiegend auf einem ihrer Körperfärbung entsprechenden Untergrund (z. B. Feldheuschrecken). Unter den Schmetterlingen gibt es Nacht-

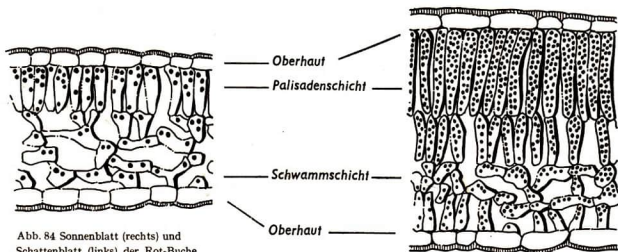


Abb. 84 Sonnenblatt (rechts) und Schattenblatt (links) der Rot-Buche

falter (z. B. Kiefernspinner, Abendpfauenauge, Kohleule) und Tagfalter (z. B. Pfauenauge, Kleiner Fuchs, Zitronenfalter), deren Lebensweise vom Wechsel der Licht- und Temperaturbedingungen abhängt. Einige Tiere kennen wir als Dämmerungstiere (z. B. Fledermäuse, Eulen). Höhlen- oder Erdbewohner scheuen ebenfalls helles Licht (z. B. Maulwurf; Dachs, Iltis). Bei den Vögeln wird die Mauser im Herbst unter anderem auch vom abnehmenden Tageslicht beeinflusst.

Aufgaben

1. Führe mit einem elektrischen Belichtungsmesser in regelmäßigen Abständen (einmal wöchentlich morgens, mittags, abends) am Rande und im Zentrum der Lebensgemeinschaft sowie auf einer benachbarten Freifläche Lichtmessungen durch! – Nimm an diesen Stellen gleichzeitig Temperaturmessungen vor (s. S. 95)!
2. Im Wald erzielen wir gut vergleichbare Werte bei Verwendung von Photopapier (Tageslichtpapier) nach folgendem Verfahren:
 - a) Ein Blatt Photopapier wird künstlich belichtet, bis es leicht gebräunt ist, danach fixiert, gewässert und getrocknet. Das Blatt dient als Vergleichspapier.
 - b) Ein zweites Blatt wird im Freiland belichtet, bis es die gleiche Bräunung erreicht wie das Vergleichspapier. Die dazu notwendige Zeit wird gestoppt.
 - c) In gleicher Weise verfahren wir mit einem Blatt Photopapier am Rande und im Zentrum unserer Beobachtungsfläche.

Beispiel:

Juni 1960 – Buchenwald – bewölkter Himmel

Meßpunkt	Belichtungsdauer	Lichtstärke im Vergleich zum Freiland
Freiland	3 s	—
Waldrand	30 s	$\frac{1}{10}$
Waldinneres	300 s	$\frac{1}{100}$

3. Betrachte unter dem Mikroskop Schnitte von Lichtblättern und Schattenblättern einer Pflanze! Zeichne!
4. Fertige von der Pflanzengesellschaft der untersuchten Lebensgemeinschaft ein Schichtungsschema an (s. Abb. 81)!

Die Temperatur als ökologischer Faktor

Wir kennen viele Beispiele aus der Entwicklung der Lebewesen, die uns die große Bedeutung der Temperatur zeigen. Denken wir nur an so wichtige Etappen im Lebenslauf der Pflanzen wie Keimung, Blattentfaltung, volle Belaubung, Beginn der Blüte, Vollblüte, erste reife Früchte, Laubfärbung und Blattfall.

Fast alle bei uns heimischen Blütenpflanzen blühen während des Frühjahrs und Sommers. Es gibt jedoch auch Ausnahmen. So blühen beispielsweise manche Ackerunkräuter (z. B. Acker-Stiefmütterchen, Vogel-Miere, Ehrenpreis-Arten) bis zum Beginn des Schneefalls. Sie überdauern die Frostperiode und blühen bereits an den ersten wärmeren Vorfrühlungstagen wieder.

Für die Organismen der Gewässer sind die physikalischen Eigenschaften des Wassers von großer Bedeutung. Wasser hat ein sehr hohes Wärmespeichungsvermögen. Es erwärmt sich sehr langsam und gibt dementsprechend seine Wärme nur allmählich wieder ab. Es ist im Sommer kühler als die Luft, hat aber im Herbst meist eine höhere Temperatur als die Luft.

Mit steigender Erwärmung nimmt die Löslichkeit des für die Atmung der Wassertiere notwendigen Sauerstoffs ab. Während ein Liter Wasser bei 0 °C noch 0,049 l Sauerstoff enthält, ist bei 30 °C nur noch etwa die Hälfte davon enthalten. Steigt die Temperatur eines Gewässers über 48 °C, so wird seine Lebensgemeinschaft artenärmer.

Das Wasser hat seine größte Dichte bei 4 °C. Deshalb frieren stehende, nur wenige Meter tiefe Gewässer selbst bei strengem Frost selten aus. Manche Organismen können das völlige Ausfrieren ihres Wohngewässers überstehen: Einzeller beispielsweise bilden Dauerformen und Schwämme Keimkörper, aus denen sich bei Erwärmung des Wassers junge Organismen entwickeln.

Die Auswirkungen der Temperatur auf die Organismen eines Lebensraumes werden von der Hanglage und Hangneigung des Standorts bestimmt. Sie sind außerdem wesentlich von der Dichte und der Schichtung der Pflanzengemeinschaft abhängig. In allen Wäldern wird die Baumschicht am stärksten erwärmt, die darunter liegenden Schichten weisen ein ausgeglicheneres Bestandsinnenklima auf. Der Temperatureausgleich innerhalb der Lebensgemeinschaft hängt vor allem von der Anzahl der Schichten und von ihrer Höhe ab.

In baumlosen offenen Biotopen treten häufig große Temperaturschwankungen auf. Überall dort, wo eine niedrige, nicht geschlossene Pflanzendecke zu finden ist, besonders in Steppen, an steilen Südhängen und auf Felsen, ist die Ein- und Ausstrahlung von großer Wirkung auf das Leben der Pflanzen- und Tierwelt. Starke Sonneneinstrahlung bewirkt eine Temperaturerhöhung an der Bodenoberfläche, die bis 30 °C über der Temperatur in höheren Luftschichten liegen kann. In klaren

Nächten erfolgt wegen der ungehinderten Ausstrahlung eine entsprechend starke Abkühlung.

Bei Vögeln und Säugetieren ist der Wechsel zwischen Sommer- und Winterkleid (Mauser, Haarwechsel) eine Anpassung an die Temperaturverhältnisse. (Es wurde schon erwähnt, daß die Mauser auch vom Lichtfaktor beeinflusst wird.) Färbung, Form und vor allem die Lebenstätigkeit wechselwarmer Tiere sind in der Regel temperaturbedingt. Viele Reptilien (z. B. Zauneidechse, Ringelnatter) benötigen bestimmte Temperaturen für ihre Stoffwechselprozesse. Sie bevorzugen sonnige Plätze. Bei lang anhaltender starker Sonneneinstrahlung vermindert sich jedoch ihre Lebenstätigkeit wieder. Die Tiere suchen dann schattige Verstecke auf und verfallen in einen Sommerschlaf.

Während der kalten Jahreszeit halten viele Tiere Winterruhe im Boden, in Bodennähe unter abgestorbenen Pflanzenteilen, in Höhlungen, unter der Borke, in Baumstubben und in Schlafnestern. Feuchtlufttiere und Fische überwintern im Bodenschlamm der Gewässer. Sie verfallen dabei in Kältestarre. Manche Säugetiere sind Winterschläfer, z. B. Igel, Hamster (Winterschlaf zeitweilig unterbrochen), Fledermäuse. Zahlreiche Insekten überwintern in einem ruhenden Entwicklungsstadium (Puppe).

Die Temperatur beeinflusst im Zusammenhang mit allen anderen Umweltfaktoren das gesamte Pflanzenleben sowie die Stoffwechselprozesse und das Verhalten der Tiere.

Aufgaben und Fragen

1. Ermittle die Temperaturen an bestimmten Meßpunkten der Lebensgemeinschaft (s. Aufgabe 1, S. 93)! Miß zu folgenden Tageszeiten: zwischen 6.00 und 7.00 Uhr, zwischen 10.00 und 11.00 Uhr, zwischen 14.00 und 15.00 Uhr sowie zwischen 18.00 und 19.00 Uhr! Die Meßstellen sollen in 1,50 bis 2,00 m Höhe im Schatten liegen. Werte die Ergebnisse graphisch aus!
2. Führe gleichzeitig und an gleichen Meßpunkten mit einem Bodenthermometer Messungen in 3 bis 5 cm Bodentiefe durch!
3. Welche Pflanzen der von dir untersuchten Lebensgemeinschaft weisen Anpassungsmerkmale an besonders trockene und wärmebegünstigte Standorte auf?
4. Beschreibe Überwinterungsstellen von Tieren!

Das Wasser als ökologischer Faktor

Wasser gelangt aus der Atmosphäre in verschiedenen Formen auf die Erdoberfläche (z. B. als Regen, Tau, Nebel, Schnee, Hagel). Es beeinflusst zusammen mit der Bodenfeuchtigkeit die Entwicklung der Pflanzen und Tiere eines Lebensraumes (Abb. 85).

Regen. Neben der Regenmenge innerhalb einer Vegetationsperiode ist vor allem die zeitliche Verteilung des Regens von großer Bedeutung. Plötzliche starke Regengüsse richten oft erhebliche Schäden an. Die Wassermengen dringen nicht in den Boden ein und können von den Pflanzen nicht genutzt werden. Länger andauernde Regen (Landregen), in Abständen über die Vegetationsperiode verteilt, wirken sich

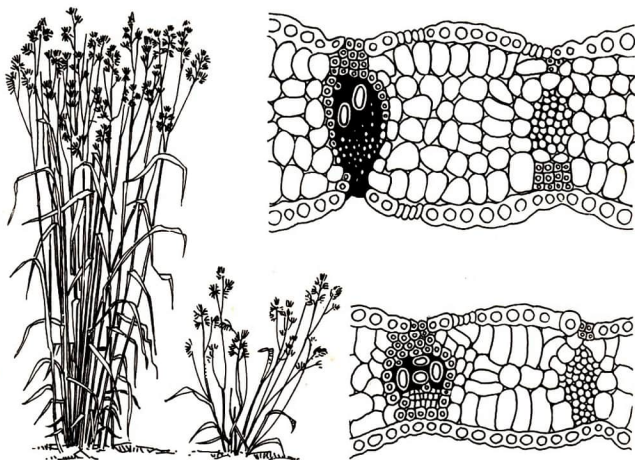


Abb. 85 Anpassung an Feuchtigkeit. Links: Pflanzen feuchter und trockener Standorte, daneben Blattquerschnitte

dagegen günstig aus. Bedeutsam ist nur der Teil des Niederschlagswassers, der in den Boden eindringt und von den Wurzeln aufgenommen wird. Die Bodenfeuchtigkeit wird von der Pflanzenbedeckung eines Standorts stark beeinflusst.

Tau und Nebel. Tau und Nebelniederschlag erhöhen die Luftfeuchtigkeit und setzen die Verdunstung herab. In den Bergen und in Küstengebieten kommt es häufig zu Nebelbildungen. In diesen Gegenden entwickeln sich besonders moos- und flechtenreiche Pflanzengemeinschaften.

Schnee. Während starker Frostperioden schützt eine Schneedecke die im oder am Boden überwinternden Pflanzen und Tiere gegen Kälte. In der Tauwetterperiode wird der Boden durch das Schmelzwasser gleichmäßig durchfeuchtet. Waldgebiete haben besondere Bedeutung für den Wasserhaushalt ihrer weiteren Umgebung, in ihnen erstreckt sich die Schneeschmelze über einen längeren Zeitraum als im Freiland. Starke Schneefälle, vor allem schwerer nasser Schnee, können an Waldbäumen durch Schneebruch erhebliche Schäden anrichten.

Die Formen der **Anpassung von Pflanzen und Tieren an die Bewässerung** beziehungsweise die Durchfeuchtung ihres Standortes sind mannigfaltig.

Wurzeltypen. Die Durchfeuchtung des Bodens beeinflusst wesentlich die Bewurzelung. Wir unterscheiden zwei verschiedene Typen:

Extensive Bewurzelung: Die Wurzeln sind sehr lang und wenig verzweigt. Sie durchdringen einen großen Bodenbereich bis in größere Tiefe (Holzgewächse und Kräuter, z. B. Birke, Kiefer, Luzerne).

Intensive Bewurzelung: Die Wurzeln sind dicht und stark verzweigt. Sie durchdringen meist einen relativ kleinen Raum. (Vor allem Horstgräser wie Schmie-
len, Pfeifengras, Schwingel, Trespen, Lieschgras.)

Wasserpflanzen. Zu den Wasserpflanzen gehören alle Pflanzen, deren Überdauerungsorgane sich in der ungünstigen Jahreszeit im Wasser befinden. Sie sind entweder *Tauchpflanzen* (z. B. Laichkräuter, Tausendblatt, Wasserpest), oder *Schwimmpflanzen* (z. B. Weiße Teichrose, Mummel, Froschbiß).

Sumpfpflanzen. Sie wachsen am Rande von Gewässern oder im wasserdurchtränkten Boden (z. B. Rohrkolben, Schilf, Kalmus, Froschlöffel, Wasser-Schwertlilie).

Feuchtpflanzen. Sie besiedeln vorzüglich Standorte und Lebensräume mit hoher Luftfeuchtigkeit. Zu ihnen gehören vor allem die krautigen Waldschattenpflanzen (z. B. Lerchensporn, Waldmeister, Wald-Sauerklee) und viele Arten feuchter Wiesen (z. B. Trollblume, Kleiner Baldrian, Sumpf-Hornklee).

Trockenpflanzen. Sie sind an trockene Standorte angepaßt und besitzen in der Regel ein extensives Wurzelsystem, kleine oder schmale derbe Blätter mit dicker Kutikula, versenkten Spaltöffnungen sowie häufig stärkere Behaarung (z. B. Vertreter der Gattungen Filzkraut, Ziest, Katzenpfötchen, Schwingel, Federgras; s. Farbtafel 4).

Manche Tiere leben ständig im Wasser. Wir bezeichnen sie als **Wassertiere**. Ihr Körperbau und ihre Lebensweise sind ihrer Umwelt sehr stark angepaßt. Nur wenige überstehen das Austrocknen ihres Wohngewässers. Viele Tiere, die vornehmlich in Gewässern leben, kommen auch auf feuchten Wiesen, in Sümpfen und Mooren vor. Diese Gebiete haben einen feuchten Untergrund. Oft finden sich in diesen Lebensräumen kleine offene Wasserflächen, die den Feuchtigkeit benötigenden Tieren eine Lebensmöglichkeit bieten.

Weiterhin gibt es Tiere, die ohne eine ständig vorhandene Luftfeuchtigkeit nicht leben können, die **Feuchtlufttiere**, beispielsweise Nacktschnecken, Regenwürmer, Molche, Salamander, Frösche und Kröten. **Trockenlufttiere** kommen mit einer geringen Luftfeuchtigkeit aus (z. B. Eidechsen und Schlangen). Beide Gruppen unterscheiden sich vor allem durch ihre Körperbedeckung.

Vergleichen wir einen Frosch mit einer Zauneidechse, so erkennen wir deutlich die Unterschiede zwischen Feuchtlufttieren und Trockenlufttieren. Frösche besitzen eine drüsenreiche, meist schleimabsondernde Haut. Die Haut einer Zauneidechse dagegen ist drüsenarm und mit Hornschuppen bedeckt. Sie stellt einen guten Verdunstungsschutz dar. Vor Austrocknung können Tiere auch durch Kalkgehäuse (z. B. Schnecken) oder Chitinpanzer (z. B. Insekten) geschützt sein.

Trockengebiete sind ärmer an Arten als feuchte Lebensräume. Waldgebiete weisen in der Regel eine beständigere und höhere Feuchtigkeit auf als die offenen Lebensräume. Sie beherbergen zahlreiche Arten.

Aufgaben und Fragen

1. Wie hoch sind die jährlichen Niederschlagsmengen in dem Gebiet, in dem die zu untersuchende Lebensgemeinschaft liegt?
2. Führe mit einem Hygrometer Feuchtigkeitsmessungen an den Punkten der Lebensgemeinschaft durch, an denen auch die übrigen Untersuchungen (s. S. 93) ausgeführt werden!
3. Untersuche die Bewurzelung einiger Pflanzen der Aufnahmefläche in der Biozönose! Welche Beziehungen bestehen zur Durchfeuchtung des Bodens?
4. Betrachte Stengelquerschnitte von Mummel, Laichkraut und Binsen durch das Mikroskop! Vergleiche die Zwischenzellräume!
5. Stelle fest, welche Pflanzenarten der Lebensgemeinschaft den Feuchtigkeitsverhältnissen am besten angepaßt erscheinen!
6. Stelle die Anpassungen einiger Wassertiere an das Leben im Wasser in einer Tabelle zusammen! Untergliedere beispielsweise so:

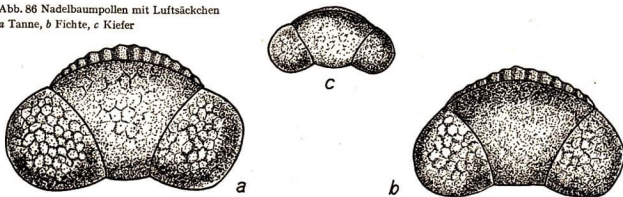
Wirbellose Tiere		Wirbeltiere	
Tiergruppe	Anpassungen	Tiergruppe	Anpassungen
Muscheln	Kiemenatmung, Nahrungsaufnahme durch Herbeistrudeln und Abfiltern von Schwebstoffen	Fische	spindelförmige Gestalt, schleimige Körperoberfläche, Schwimmblase, Kiemenatmung,

Folgende Gruppen sollten in die Tabelle aufgenommen werden: Schnecken, Krebstiere, Spinnentiere, Insekten, Lurche, Vögel, Säuger.

Der Wind als ökologischer Faktor

Der Wind hat großen Einfluß auf die Zusammensetzung und das Aussehen einer Pflanzengemeinschaft. Sporen, Pollenkörner, flugfähige Samen und Früchte (Abb. 68) werden durch ihn verbreitet. Die meisten Waldbäume unserer Heimat sind Windblütler. Die Luft erwärmt sich tagsüber in den Kronen der Bäume und steigt empor. Sie bringt den Pollen, der bei manchen Arten (z. B. Kiefer, Abb. 86) besondere Luft-

Abb. 86 Nadelbaumpollen mit Luftsäckchen
a Tanne, b Fichte, c Kiefer



säckchen als Flugapparate trägt, in die Wipfelbereiche zu den weiblichen Blüten. Der Flug der Vögel und Insekten, die zum Beispiel Schädlinge vertilgen und Blüten bestäuben (Bienen, Hummeln), wird ebenfalls vom Wind beeinflusst. In offenem Gelände sind die Tiere dem Wind besonders ausgesetzt.

An Meeresküsten und auf Berggipfeln wehen oft sehr heftige Winde. Dort ist die Schlifffwirkung des Windes, verstärkt durch mitgeführte Sandkörnchen, Eis- und Schneekristalle so groß, daß auf der Windseite der Bäume und Sträucher die neuen Triebe geschädigt werden. Es bilden sich Windformen (Abb. 87). Oft kommt es zu

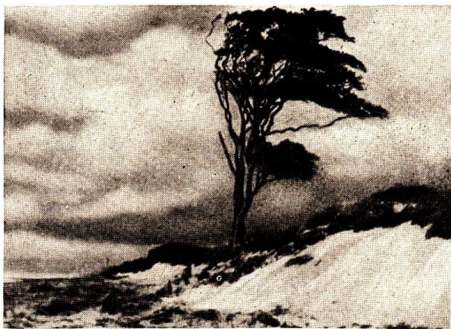


Abb. 87 Der Einfluß des Windes auf die Gestalt der Pflanzen (Windflüchter an der Ostseeküste)

Windbrüchen; Bäume werden entwurzelt und Äste abgerissen. Es entstehen zunächst aufgelockerte Bestände; schließlich wachsen in diesen Gebieten gar keine Bäume mehr. Diese Erscheinung finden wir in unserer Republik beispielsweise auf dem Brocken; er beherbergt oberhalb der Waldgrenze dem Wind angepaßte Pflanzengemeinschaften.

Auf Dünen und Sandfeldern trägt der Wind Bodenteilchen ab, die an anderen Stellen aufgelagert werden (Abb. 88). Dadurch können sich die Lebensbedingungen für die Pflanzen und Tiere eines Lebensraumes stark verändern.

Die Zusammensetzung mancher Lebensgemeinschaften kann auch durch Schnee-Verwehungen während des Winters beeinflusst werden. Bestimmte Teile der Bodenoberfläche sind durch Verwehungen mit einer mächtigen Schneeschicht bedeckt, die lange liegenbleibt und die Pflanzen vor Frost schützt. Andere Abschnitte der Pflanzendecke werden dagegen freigeweht, ihnen fehlt dieser natürliche Frostschutz. Die Pflanzen können Frostschäden erleiden.

Aufgaben und Fragen

1. Welche Pflanzenarten der untersuchten Lebensgemeinschaft sind Windblütler? Erläutere entsprechende Anpassungsmerkmale!

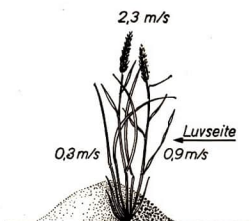


Abb. 88 Anfang einer Dünenbildung im Bereich eines Strandhafer-Horstes. Die Zahlen geben die Windgeschwindigkeit an.

2. Bei welchen Pflanzenarten der Lebensgemeinschaft ist die Verbreitung der Samen und Früchte vom Wind abhängig?
3. Führe mit dem Windmesser in einem offenen Gelände, am Waldrand und im Waldinneren Windmessungen durch!

Der Boden als ökologischer Faktor

Als Boden bezeichnet man die oberste Verwitterungsschicht der festen Erdrinde, die unter dem Einfluß von Luft, Wasser und Bodenorganismen zum Träger der Fruchtbarkeit wird. Er beeinflusst besonders stark die Pflanzenwelt eines Standortes. Die Pflanzen sind mit ihren Wurzeln im Boden verankert; sie entziehen ihm Wasser und Nährsalze. Viele Wurzeln geben Stoffe ab, die den Boden verändern. Einmal wirkt also der Boden stark auf die Pflanzenwelt einer Lebensgemeinschaft ein, zum anderen beeinflussen die Pflanzen die Eigenschaften des Bodens.

Eine große Rolle im Stoffkreislauf jeder Lebensgemeinschaft spielen die Bodenorganismen. Durch ihre Tätigkeit wird der Boden fruchtbar. Einige von ihnen (z. B. Regenwurm, Maulwurf) mischen und lockern beim Durchwühlen den Boden. Die dabei entstehenden Röhren dienen der Durchlüftung des Bodens. Andere zersetzen und wandeln abgestorbene Pflanzen- und Tierreste um (z. B. Bakterien, Pilze), wobei Nährsalze frei und für die Pflanzen aufnehmbar werden. Bakterien scheiden außerdem schleimige Stoffe ab, die die Bodenteilchen verkitten und so zur Krümelbildung beitragen.

Zusammenwirken der Standortfaktoren

Die Standortfaktoren, deren Einfluß wir bisher isoliert betrachtet haben (s. S. 88 ff.), wirken als Gesamtheit auf die Organismen der Lebensgemeinschaft ein (Abb. 89). Oft hat ein Standortfaktor überragende Bedeutung, in besonders trockenen Lebensräumen zum Beispiel das Wasser.

Manche Lebewesen sind eng an bestimmte Umweltbedingungen gebunden. Sie kommen deshalb nur in begrenzten Biotopen vor (z. B. die Salzmiere nur am Meeres-

strand). Andere Arten hingegen können unter recht unterschiedlichen Bedingungen leben. Wir finden sie deshalb in den verschiedenen Lebensgemeinschaften (z. B. die Große Brennnessel in Wäldern, an Ufern, auf Schuttplätzen und in Erlenbrüchen). Die einzelnen Arten haben also unterschiedliche Bedeutung für die Kennzeichnung einer Lebensgemeinschaft.

Viele Arten sind in der Natur durchaus nicht am häufigsten dort anzutreffen, wo sie optimale Lebensbedingungen vorfinden. Oft werden sie auf den ihnen am besten zusagenden Standorten von anderen Arten verdrängt oder können sich gar nicht erst ansiedeln.

Die Gemeine Kiefer ist beispielsweise eine Lichtholzart. Sie kann auf tiefgründigen, schwach sauren, lehmigen Böden gut gedeihen. Ohne Hilfe des Menschen wird sie dort aber von Schattenholzarten verdrängt (z. B. von der Rot-Buche und der Fichte). Unter natürlichen Bedingungen hält sich die Kiefer daher nur in Lebensräumen, in denen sie den anspruchsvolleren Schattenholzarten durch ihre Anspruchslosigkeit überlegen ist (z. B. auf Dünen und in Mooren). Es wäre jedoch falsch, anzunehmen, daß ihr diese Standorte ganz besonders zusagen.

Aufgaben und Fragen

Welche Arten der untersuchten Lebensgemeinschaften kennst du auch von anderen Standorten?

Welche kommen an anderen Standorten nicht vor? Versuche deine Feststellungen zu begründen!

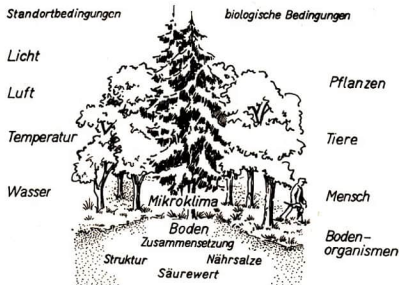


Abb. 89 Die wichtigsten Wirkungsträger der Lebensgemeinschaft Wald

Untersuchung der Pflanzengesellschaften einer Lebensgemeinschaft

Wir wollen durch unsere Arbeit in einer Lebensgemeinschaft einen Einblick in die Wirksamkeit der ökologischen Faktoren erhalten und die lebensgemeinschaftliche Verknüpfung der Lebewesen erkennen. Am eindeutigsten kommt das in der Pflanzenzusammensetzung der Lebensgemeinschaft zum Ausdruck. In ihr spiegeln sich die vorhandenen Standortverhältnisse am deutlichsten wider.

Die verschiedenen Pflanzengesellschaften bilden sich in ständiger Auseinandersetzung der Pflanzen mit ihrer Umwelt heraus. Aber auch das Bestehen der Pflanzen-

gesellschaften ist die Folge dieser ständigen sehr komplizierten Wechselbeziehungen. Diese können wir nur erfassen, wenn wir die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft kennen.

Zur Untersuchung der Zusammensetzung einer Pflanzengemeinschaft wählen wir in ihr eine **Probefläche** aus, auf der das Typische der Gesellschaft gut zum Ausdruck kommt. Ihr Pflanzenbestand wird ermittelt. Wir bezeichnen diese Arbeit als **Bestandsaufnahme** und nennen die Probefläche deshalb auch **Aufnahmefläche**. Die Bestandsaufnahme erlaubt uns eine genauere Kennzeichnung der untersuchten Pflanzengemeinschaft.

Wahl der Aufnahmefläche. Auf einem Unterrichtsgang verschaffen wir uns zunächst einen Überblick über die Pflanzendecke des Lebensraumes, in dem wir arbeiten wollen. Dabei kommt es darauf an, auf die Unterschiede in der Pflanzenzusammensetzung an verschiedenen Stellen zu achten und bestimmte typische Pflanzenkombinationen zu erkennen. Orte, an denen diese besonders gut entwickelt sind, eignen sich am besten als Aufnahmeflächen.

Eine Aufnahmefläche muß einheitliche Standortbedingungen in Hinsicht auf Licht-, Temperatur-, Bodenverhältnisse, Pflanzenbedeckung, Hanglage und Hangneigung aufweisen. Ihre Form kann quadratisch, rechteckig, kreisförmig oder auch, je nach Geländebeschaffenheit, eine beliebig andere sein.

Größe der Aufnahmefläche. Eine Aufnahmefläche muß so groß sein, daß auf ihr alle zu einer bestimmten Pflanzengemeinschaft gehörenden Arten erfaßt werden können. Dafür liegen wissenschaftlich ermittelte Erfahrungswerte vor. Die Aufnahmefläche muß um so ausgedehnter sein, je größer die Pflanzen sind und je artenreicher die Pflanzengesellschaft ist. Daraus ergeben sich folgende Richtwerte:

Wälder: 100 bis 500 m²

Wiesen: 10 bis 25 m²

Weiden: 5 bis 10 m²

Äcker: 25 bis 100 m²

Erfassung (Aufnahme) des Pflanzenarten-Bestandes. Zur Aufnahme des Pflanzenbestandes unterschiedlicher Aufnahmeflächen sind folgende Zeiträume unter Beachtung der jahreszeitlich bedingten Aspekte (s. S. 91) am besten geeignet:

Laubwälder:	Ende April bis Anfang Juni
Nadelwälder:	Mai bis September
Wiesen:	Vor dem ersten Schnitt (Kontrolle vor dem zweiten Schnitt)
Äcker:	Frühjahr bis Spätherbst
Teiche (einschl. Verlandungszone):	Juni bis Anfang September

Die Pflanzenzusammensetzung einer Aufnahmefläche soll möglichst während der gesamten Vegetationsperiode Gegenstand unserer Untersuchungen sein, damit die

Pflanzengemeinschaft möglichst vollständig erfaßt wird. Alle Beobachtungen, die innerhalb eines kurzen Zeitraumes (etwa innerhalb von 14 Tagen bis 3 Wochen) durchgeführt wurden, sollten in einer Tabelle zusammengefaßt werden. Dabei ist die Häufigkeit der einzelnen Arten grob abzuschätzen und mit einem der folgenden Buchstaben zu versehen:

- v Art im Bestand **vorherrschend**
- m Art im Bestand **mittlere** Häufigkeit erreichend
- w Art im Bestand **weniger** häufig
- g Art im Bestand **gering** vorkommend

Beispiele für Aufnahmetabellen

Tabelle 1: Kiefern-Fichtenwald

Ort: Revier Klosterlausnitz, Abt. 62		Krautschicht (Deckung nahezu 100%)	
Zeit: Juni 1962		Draht-Schmiele	m
Höhenlage: 300 m ü. NN		Europäischer Siebenstern	m
Hangneigung: eben		Wolliges Reitgras	m
Boden: stark sauer mit anmooriger Humusauflage		Dorniger Wurmfarne	m
Gesamtdeckung: 100%		Blaues Pfeifengras	m
Größe der Aufnahme-fläche: 500 m ²		Eberesche (Jungpflanzen)	w
Höhe der Baumschicht (B₁): 25 m		Heidelbeere	w
Obere Baumschicht (Deckung 70%)		Harz-Labkraut	w
Gemeine Kiefer	v	Gemeine Fichte	w
Gemeine Fichte	m	Zweiblättrige Schattenblume	g
Niedere Baumschicht (Deckung 20%)		Gemeines Ruchgras	g
Gemeine Fichte	m	Wolliges Honiggras	g
Strauchschicht (Deckung 10%)		Bleiche Segge	g
Eberesche	w	Zarter Mauerlattich	g
Hänge-Birke	w	Moosschicht (Deckung etwa 3%)	
Gemeine Fichte	w	Gemeines Widertonmoos	g
Faulbaum	g	Spitzblättriges Torfmoos	g
Gemeine Kiefer	g	Weißmoos	g
		Girgensohnsches Torfmoos	g

Tabelle 2: Glatthafer-Wiese

Ort: Gera, Poris ONO 500 m		Gräser:	
Zeit: Juni 1961		Hoher Glatthafer	v
Höhenlage: 265 m ü. NN		Wolliges Honiggras	m
Hangneigung: 2% WSW		Rot-Schwingel	m
Boden: Alluvialer Lehm		Gemeines Rispengras	m
Gesamtdeckung: 100%		Deutsches Weidelgras	m
Größe der Aufnahme-fläche: 10 m ²		Goldhafer	m
Artenzahl 35, davon Gräser 13		Gemeines Ruchgras	w

Wiesen-Schwingel	w	Weißer Wucherblume	w
Wiesen-Fuchsschwanzgras	w	Wiesen-Bärenklau	w
Wiesen-Kammgras	w	Wiesen-Kerbel	w
Wiesen-Rispengras	w	Gamander-Ehrenpreis	w
Gemeines Knäuelgras	w	Wiesen-Pippau	w
Weiche Trespe	w	Sauer-Ampfer	g
Kleeartige:		Scharfer Hahnenfuß	g
Wiesen-Platterbse	m	Gemeines Hornkraut	g
Weiß-Klee	w	Acker-Witwenblume	g
Rot-Klee	w	Wilde Möhre	g
Kleiner Klee	g	Acker-Schachtelhalm	g
Übrige Kräuter:		Kuckucks-Lichtnelke	g
Gemeine Kuhblume	w	Wiesen-Glockenblume	g
Spitz-Wegerich	w	Gemeines Ferkelkraut	g
Mehrjähriges Gänseblümchen	w	Feld-Ehrenpreis	g

Tabelle 3: Ackerunkrautgesellschaft

Ort: Gera, Roschütz NO 300 m		Geruchlose Strandkamille	m
Zeit: Oktober 1959		Gemeines Hirtentäschel	m
Höhenlage: 210 m ü. NN		Sonnenwend-Wolfsmilch	m
Hangneigung: 2 %, S		Echter Erdrauch	m
Boden: Sandiger Lehm Boden		Vogel-Miere	m
Gesamtdeckung: 90 %		Acker-Hellerkraut	w
Größe der Aufnahme fläche: 100 m ²		Acker-Vergißmeinnicht	w
Bewirtschaftung: Zuckerrübenacker		Quendelblättriges Sandkraut	w
		Acker-Stiefmütterchen	w
Weißer Gänsefuß	v	Schlitzblättriger Storchschnabel	w
Acker-Kratzdistel	v	Ampfer-Knöterich	w
Acker-Winde	v	Stengelumfassende Taubnessel	w
Acker-Senf	v	Acker-Hundskamille	w
Schwarzer Nachtschatten	m	Gänse-Fingerkraut	g
Echte Kamille	m	Weg-Rauke	g
Vierstrahliges Knopfkraut	m	Gemeine Kuhblume	g
Rauhe Gänse distel	m	Sand-Mohn	g
Purpurrote Taubnessel	m	Kleiner Storchschnabel	g
Gemeine Quecke	m	Gemeines Kreuzkraut	g

Tabelle 4: Bestandsaufnahme in
einem Teichröhricht in Ostthüringen

Zeit: Ende Juni 1962	Größe der Aufnahme fläche: 30 m ²	
Höhenlage: 300 m ü. NN	Gemeines Schilf	v
Gesamtdeckung: 100%	Breitblättriger Rohrkolben	m

Ästiger Igelkolben	m	Wasser-Minze	w
Wasser-Schwertlilie	w	Spitzblättriges Pfeilkraut	g
Wasser-Pferdesaat	w	Vielwurzelige Teichlinse	m
Gemeiner Froschlöffel	w	Wasserstern-Lebermoos	m

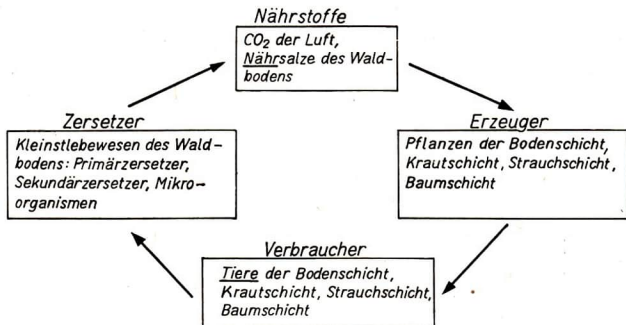
Wechselbeziehungen zwischen Erzeugern, Verbrauchern und Zersettern

Die Mitglieder einer Lebensgemeinschaft lassen sich entsprechend ihrer Bedeutung für das Gesamtgefüge der Lebensgemeinschaft in drei große Gruppen einteilen. Die grünen Pflanzen sind die **Erzeuger** (Produzenten) der organischen Substanz. Von ihnen leben die Tiere, die **Verbraucher** (Konsumenten) der erzeugten organischen Substanz. Schließlich bauen die **Zersetzer** oder Zerstörer (Reduzenten) die von den Pflanzen und Tieren aufgebaute organische Substanz wieder ab. Sie zerlegen alle abgestorbenen Organismen oder Organismenteile bis in ihre anorganischen Ausgangsstoffe, die dem Boden und der Luft zugeführt werden. Zu den Zersetzern gehören viele Arten von Lebewesen (s. Übersicht S. 105 unten).

In einfachster Form läßt sich der Stoffkreislauf so darstellen:



Das folgende Schema vermittelt einen entsprechenden Einblick in den Stoffkreislauf eines Laubmischwaldes:



Auf Wiesen und Feldern entnehmen der Mensch und seine Haustiere durch Ernte, Mahd und Weidegang den größten Teil der durch die Erzeuger (Kulturpflanzen, Gräser) gebildeten Stoffe. Die für den Bestand der **Kulturbiozönose** (s. S. 116) notwendige Bodenstruktur wird durch Bodenbearbeitung erreicht. Die fehlenden Nährstoffe werden dem Boden durch Düngung wieder zugeführt. Das Gleichgewicht des ganzen Gefüges muß in Kulturbiozönosen also künstlich aufrechterhalten werden.

Aufgaben

1. Arbeit mit dem Schema auf Seite 105!
 - a) Belege die verschiedenen Organismengruppen durch Beispiele charakteristischer Arten!
 - b) Überlege, welche Folgen es hat, wenn der Mensch in das Gefüge der Lebensgemeinschaft eingreift und bestimmte Faktoren verändert (z. B. Lichtung der Baumschicht durch Holzeinschlag, Entfernung der Laubstreu durch Gartenbaubetriebe u. a.)!
2. Versuche, entsprechend dem Schema auf Seite 105, den Stoffkreislauf in der von dir untersuchten Lebensgemeinschaft darzustellen! Nenne dabei die wichtigsten Vertreter der verschiedenen Organismengruppen!

Innerhalb der Lebensgemeinschaften gibt es verschiedene Formen eines besonders engen Zusammenlebens von Organismen. Dazu gehören vor allem Parasitismus und Symbiose sowie die Bildung von Kolonien, Schwärmen, Rudeln, Herden und Staaten bei Tieren.

Beziehungen zwischen den Pflanzen einer Lebensgemeinschaft

In diesem Zusammenhang betrachten wir zugleich die außerordentlich bedeutsamen Bindungen zwischen Pflanzen und Mikroorganismen.

Symbiose und Schmarotzer. Besonders enge Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Mikroorganismen finden wir bei Symbiosen sowie zwischen Schmarotzern und ihren Wirten. Von den Pilzen eines Waldes leben meist 40 bis 70% in **Symbiose** mit bestimmten Waldbäumen. Sie bilden ein dichtes Flechtwerk um deren feine Wurzeln und dringen in die Wurzelzellen oder die Zwischenzellräume ein (Abb. 90).

An den Wurzeln der Erle treten Wucherungen auf, die von Strahlenpilzen hervorgerufen werden. Diese Organismen können Luftstickstoff binden, der dem Baum zugute kommt. Die Knöllchenbakterien der Schmetterlingsblütengewächse (z. B. an den Wurzeln der Lupine) wirken ähnlich. Für die Land- und Forstwirtschaft sind diese Symbiosen von Nutzen, da der überschüssige Stickstoff an den Boden abgegeben wird.

Flechten stellen eine Symbiose aus Pilzen und Algen dar (s. Abb. 56). Da sie sehr anspruchslos sind, finden wir sie auch auf ärmsten, äußerst mageren und trockenen Sandböden unserer Kiefernwälder, auf nacktem Gestein und auf der Rinde von Bäumen.

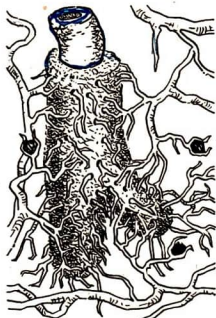


Abb. 90 Mykorrhiza (Pilzwurzeln) an der Wurzel einer Rot-Buche

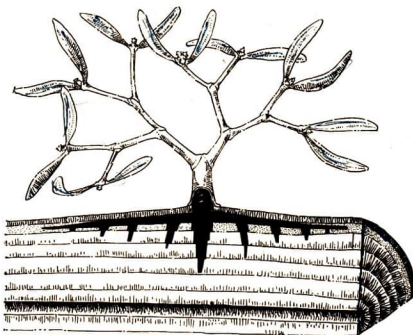


Abb. 91 Die Mistel senkt ihre Saugwurzeln (schwarz) in die Wirtspflanze

Bei den pflanzlichen **Schmarotzern** (Parasiten) unterscheiden wir zwischen Vollschmarotzern und Halbschmarotzern.

Vollschmarotzer sind blattgrünlos; sie entziehen alle Nährstoffe ihren Wirtspflanzen. Halbschmarotzer assimilieren das Kohlendioxid mit Hilfe von Blattgrün selbst, entnehmen aber ihren Wirten Nährsalze und Wasser.

Halbschmarotzer finden wir auf manchen Wiesen (z. B. Arten der Gattungen Augentrost, Klappertopf und Läusekraut) und in Wäldern (z. B. Arten der Gattung Wachtelweizen). Ihre Wirte sind Gräser, Schmetterlingsblütengewächse, Heidekraut, Nadel- und Laubbölzer. Bekannte Halbschmarotzer sind die Misteln, die auf Laub- und Nadelbäumen wachsen (Abb. 91).

Von den Vollschmarotzern ist bei uns die artenreiche Familie der Sommerwurzgewächse verbreitet (Abb. 55). Die einzelnen Arten, meist von bleicher, gelbbraunlicher Farbe, sind an verschiedene Wirte gebunden und kommen infolgedessen in unterschiedlichen Pflanzengemeinschaften vor. Für die Landwirtschaft ist die Kleine Sommerwurz (Kleeteufel) von besonderer Bedeutung, weil sie auf Rot-Klee schmarotzt. An den Wurzeln von Laubbäumen und Sträuchern lebt die Schuppenwurz (Abb. 55). Sie ist in Gebüschen und Laubwäldern verbreitet. Die windenden Seide-Arten sind Schädlinge verschiedener Kulturpflanzen (z. B. schmarotzt die Lein-Seide auf Lein).

Zahlreiche Pilze sind Schmarotzer (z. B. Rost-, Brand-, Mutterkornpilze; die Hexenbesen auf Nadel- und Laubbäumen werden ebenfalls durch Pilze hervorgerufen).

Fäulnisbewohner. Die Fäulnisbewohner (Saprophyten) leben von vermodernder organischer Substanz. Fäulnisbewohner sind vor allem viele Pilze, aber auch verschiedene Pflanzen. Zu den bekanntesten Arten gehört der Gewöhnliche Fichtenspargel. Er lebt in Symbiose mit Pilzen.

Kletterpflanzen. Die Kletterpflanzen besitzen wenig standfeste Sprossachsen. Sie klettern an anderen Pflanzen empor und bringen dadurch ihre Blätter und Blüten in günstige Lichtverhältnisse (s. Abb. 81). Wir unterscheiden windende Pflanzen (z. B. Gemeiner Hopfen, Geißblatt-Arten, Seide-Arten, Ufer-Zaunwinde, Acker-Winde, Hecken- und Winden-Knötcher) und rankende Pflanzen (z. B. Erbsen-, Wicken- und Platterbsen-Arten, Zaunrüse, Weiße Waldrebe). Weitere Gruppen sind Wurzelkletterer (z. B. Efeu) und Spreizklimmer (z. B. Brombeere, Kletten-Labkraut, Bittersüßer Nachtschatten).

Aufgaben

1. Stelle fest, ob in der von dir untersuchten Lebensgemeinschaft Symbiosen, Formen des Parasitismus und Kletterpflanzen vorkommen! Fertige eine Übersicht an!
2. Erläutere verschiedene Formen des Kletterns bei Pflanzen als Anpassung an die Verhältnisse ihrer Standorte!
3. Nenne Pflanzenteile, die sich zu Kletterorganen umgebildet haben!
4. Nenne weitere Beispiele für die Beziehungen zwischen den Pflanzen einer Lebensgemeinschaft!

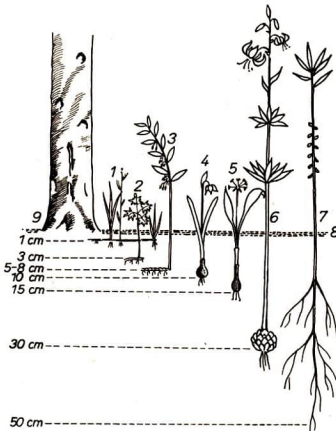


Abb. 92 Schematische Darstellung der Wurzelschichten in einem Buchenwald

1 Wimper-Segge, 2 Busch-Windröschen, 3 Vielblütige Weißwurz, 4 Frühlings-Knotenblume, 5 Bären-Lauch, 6 Türkenbund-Lilie, 7 Gemeiner Seidelbast, 8 Laubstreu, 9 Moosrasen (das Wurzelsystem der Buche wurde weggelassen)

Die Vergesellschaftung der Pflanzen stellt besonders wichtige Beziehungen zwischen den Pflanzen einer Lebensgemeinschaft her.

Die Mitglieder einer Pflanzengesellschaft nutzen gemeinsam die Lebensbedingungen ihres Standortes. Sie bedrängen sich dabei gegenseitig durch ihre Sprosse (s. Abb. 81) und durch ihr Wurzelsystem (Abb. 92). Die verschiedenen Arten sind entsprechend ihren Besonderheiten besser oder schlechter geeignet, sich unter bestimmten Bedingungen durchzusetzen. Schneller keimende und wachsende Arten sind solchen mit langsamer Jugendentwicklung überlegen.

Die Konkurrenz zwischen den Arten ist unterschiedlich, beispielsweise stehen Arten mit gleichem Lebens-

rhythmus (z. B. Frühblüher) untereinander mehr im Wettbewerb als solche, deren Hauptentwicklung zu verschiedenen Zeiten der Vegetationsperiode erfolgt.

Mit dem Problem der Vergesellschaftung der Pflanzen haben wir uns bei der Untersuchung der Zusammensetzung einer Pflanzengesellschaft besonders beschäftigt (s. S. 101).

Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren innerhalb von Biozöosen

In der Regel dienen die Pflanzen den Tieren als Nahrungsgrundlage, nur sehr selten ist es umgekehrt („fleischfressende Pflanzen“).

Die grundsätzliche Bedeutung der Pflanzen für die gesamte Lebensgemeinschaft kann folgendermaßen charakterisiert werden:

„Wie viele Tiere fressen Blätter oder Zweige, Knospen oder Früchte. Wie viele beschränken sich auf das Holz, auf die Rinde, auf das Mark oder auf die Wurzeln der Pflanzen! Sie alle zehren von dem Nahrungsschatz, den die Pflanzenwelt aufgespeichert hat, und dienen selbst wieder für eine unendliche Mannigfaltigkeit anderer Tierformen als Nahrung. . . Alles, was da raubt, was Blut saugt, was parasitiert, ist in letzter Linie auf Tiere angewiesen, die sich von Pflanzen ernähren. Mag ein Raubtier sich auch selbst von Raubtieren ernähren, diese von Insektenfressern, die gefressenen Insekten wiederum Spinnen oder andere räuberische Gliedertiere fressen, irgendwo langen wir doch immer wieder in dieser Kette der Verknüpfungen bei der Pflanzenwelt an. Es kann gar kein Zweifel darüber herrschen, daß sie bei den landbewohnenden Tieren jedenfalls die Ernährung darstellt.“ (HESSE-DOFLEIN, Tierbau und Tierleben.)

Pflanzenfresser. Pflanzenfresser, deren Leben unmittelbar vom Vorkommen bestimmter Nahrungspflanzen abhängig ist, sind in allen Tierstämmen vertreten. Sie sind besonders eng an bestimmte Pflanzengesellschaften gebunden und beeinflussen die Pflanzengesellschaft sehr stark.

Blütenbestäubung. Viele Insekten, aber auch andere Tiere, nähren sich von Nektar und Blütenstaub. Sie haben als Bestäuber der Blüten für die Lebensgemeinschaft Bedeutung. Der weitaus größte Teil aller Blütenpflanzen unserer Heimat wird durch Tiere bestäubt. Häufig stimmen Blütenbau und Besonderheiten des Baus bestimmter Insekten besonders gut überein (Abb. 93). Die Farben der Blüten entsprechen dem Farbensinn, ihr Duft dem Geruchssinn ihrer Bestäuber. Die Blütenformen sind in diesen Fällen meist von geringerer Bedeutung als Farbe und Duft der Blüte.



Abb. 93 Anpassung zwischen Blüten und Insekten
Blütenbestäubung beim Wiesen-Salbei durch eine Hummel

Der Bestand vieler Pflanzen in ihren natürlichen Lebensräumen ist ohne geschlechtliche Fortpflanzung (d. h. ohne Blütenbesucher!) unmöglich. Fehlten die Bestäuber in der Lebensgemeinschaft, so könnten diese Pflanzen in ihr nicht bestehen. Damit fehlte allen Tieren, die von ihnen unmittelbar oder mittelbar abhängen, die Lebensmöglichkeit.

Samenverbreitung. Viele Tiere tragen zur Erhaltung von Pflanzenarten bei, indem sie deren Samen verbreiten (z. B. Vögel, Säuger und Ameisen).

Die Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren sind oft weit komplizierter, als das bei den bisher aufgeführten Beispielen zum Ausdruck kam. Die ernährungsbiologischen Bindungen zwischen den Lebewesen einer Biozönose sind nicht leicht zu übersehen. Während die Pflanzen und Tiere verschiedene Entwicklungsstadien durchlaufen, verändern sich ihre Beziehungen untereinander und zu den anderen Umweltfaktoren. So benötigen Insektenlarven (z. B. Engerlinge) andere Lebensbedingungen als die Vollinsekten (z. B. Maikäfer). Damit ändert sich auch ihre Wirkung auf das Gesamtgefüge einer Lebensgemeinschaft.

Aufgaben

1. Nenne Blütenpflanzen der heimischen Flora, die für den Besuch bestimmter Insektenarten entsprechend gebaut sind!
2. Nenne Beispiele für Klettverbreitung, Verdauungsverbreitung und Ameisen-Verbreitung von Früchten und Samen heimischer Blütenpflanzen!
3. Zeige am Beispiel einer Insektenart, daß deren Larven eine andere Stellung in einer Biozönose einnehmen als die Vollinsekten!



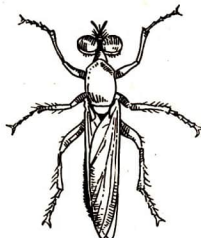
Kiefernneule



Raupenfliege



Schlupfwespe



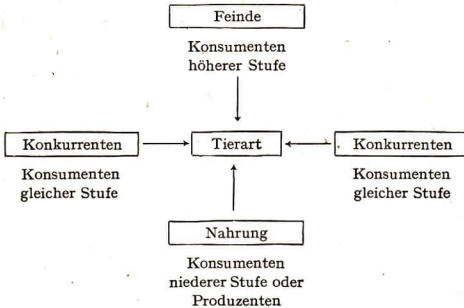
Raubfliege

Abb. 94 Beispiel für eine Nahrungskette

Vergesellschaftung von Tieren

Das folgende Schema zeigt die Stellung einer Tierart in einer Lebensgemeinschaft. Es ist zugleich geeignet, die vielfältigen Möglichkeiten der Vergesellschaftung von Tierarten deutlich zu machen.

Stellung einer Tierart innerhalb einer Lebensgemeinschaft



Aufgabe

Setze an die Stelle der allgemeinen Bezeichnungen (Tierart, Konkurrenten, Nahrung, Feinde) im obigen Schema die Namen von Tieren bzw. Pflanzen aus einer Lebensgemeinschaft, so daß die wechselseitigen Beziehungen deutlich werden!

Eine Vergesellschaftung von Tieren entsteht im einfachsten Fall dadurch, daß eine bestimmte Tierart (als Konsument) von einer Pflanzenart (als Produzent) lebt. Diese Tierart dient räuberischen oder parasitisch lebenden Tierarten als Nahrung, welche wiederum von bestimmten tierischen Feinden verfolgt und verzehrt werden. So entstehen **Nahrungsketten** (Abb. 94) oder **Wirtsgemeinschaften** in allen Biozöosen.

Eine Pflanzenart ist aber meist nicht nur Nahrungsquelle für eine Tierart. Von ihr leben mehrere, oft sehr viele, Tierarten und damit auch mehrere Wirtsgemeinschaften. Auf diese Weise entstehen **Kettengemeinschaften**.

Das Echte Springkraut zum Beispiel, das an feuchten Waldstellen des Berglandes und der Ebene meist in größeren Beständen auftritt, dient einer Anzahl von Insekten als Nahrungspflanze, so den Raupen des Mittleren Weinschwärmers, verschiedener Spanner-Arten und eines Wicklers. Außerdem leben von dieser Pflanze Blattläuse sowie Larven einer Gallmücke, einer Blattwespe und einer Fliege, die in den Blättern minieren.

Beispiele für Nahrungsketten oder Wirtsgemeinschaften

Erzeuger	Verbraucher (Beispiele)	Räuber bzw. Schmarotzer (Beispiele)	Verfolger, Schmarotzer bzw. Überschmarotzer (Beispiele)
Kiefer	Kieferneule (Abb. 94)	Kieferneulenraupen- fliege	Schlupfwespen, insektenfressende Vögel, Spinnen, Raub- fliegen (Abb. 94)
Buche	Buchengallmücke	Schlupfwespen (Abb. 95)	wie oben und Raub- wespen
Pflanzen des Teiches	verschiedene Insektenarten	Libellen, Vögel	Eisvogel, Bachstelze, Schwalben, Greif- vögel, Fische, Spinnen, Milben, Schlupfwespen
Pflanzen des Grünlandes	wildlebende Säuger und Vögel	blutsaugende Insek- ten, Eingeweide- würmer, Haarlinge, Federlinge, Greifvögel	Haarlinge, Saugwür- mer

Aufgaben und Frage

1. Stelle an einer charakteristischen Pflanzenart der von dir untersuchten Lebensgemeinschaft fest, welche Tiergemeinschaft von ihr lebt! Geeignete Untersuchungsobjekte sind zum Beispiel: Kiefer, Fichte, Eiche, Buche, Erle, Schilf, Rohrkolben, Weiße Teichrose, Gräser, Getreide, Hackfrüchte und Ackerunkräuter.
2. Suche weitere Beispiele für Nahrungsketten und erfasse sie in nachstehender Tabelle!

Produzent	Konsument	Räuber, Parasit
Stiel-Eiche	Grüner Eichenwickler	Schlupfwespe

3. Welche Tierarten der Lebensgemeinschaft ernähren sich von mehreren Pflanzenarten?
4. Versuche, die Urheber von Schäden an Pflanzen festzustellen (z. B. Fraßschäden an Blättern und Sprossen, Schälstellen, Fegestellen, Minen)!
5. Untersuche verwitterte Baumstümpfe und die Rinde kranker und gefällter Bäume nach Tieren bzw. Tierspuren sowie den Inhalt von Gallen an Sproßachsen und Blättern!

Gemeinschaften von Tieren

Die Tiergemeinschaften sind häufig nicht eng an eine bestimmte Lebensgemeinschaft gebunden. Das muß jedoch von Fall zu Fall untersucht werden.

Von den Beziehungen zwischen Tieren gleicher Art sind an erster Stelle die Paarungsbeziehungen zwischen den Geschlechtern zu nennen sowie die Bindungen zwischen Elterntieren und Jungtieren. Durch Brutpflege entstehen verschiedene Formen von **Tierfamilien** (z. B. bei Rebhühnern, Singvögeln, Stichlingen) und **Tierstaaten** (z. B. Ameisen, Bienen).

Viele Vergesellschaftungen haben keine unmittelbare Beziehung zur Fortpflanzung, beispielsweise die **Platzgemeinschaften** (z. B. Kleinkrebse an Steinen, Felsen, Holz), **Überwinterungsgemeinschaften** (z. B. Fledermäuse, Kreuzottern, Feuersalamander), **Wandergemeinschaften** (z. B. Raupen des Kohlweißlings und der Nonne, Maikäfer, Heuschrecken, Tagfalter, Zugvögel), **Schlafgemeinschaften** (z. B. Krähen, Fledermäuse, Stare) und **Fraßgemeinschaften** (z. B. Fliegen an Aas, saugende Insekten an Blüten und Baumsaft).

Gemeinschaften gewährleisten häufig größeren Schutz und bessere Sicherheit für die Einzeltiere, besonders für das Jungtier. Jungfische, Jungspinnen, Kaulquappen, Mücken- und Fliegenlarven schließen sich oft zu großen **Kindergesellschaften** zusammen. Häufig sind die Eier dieser Tierarten an dem gleichen, für sie günstigen Ort abgelegt worden.

Fragen

1. Welche Gemeinschaften von Tieren gleicher Art sind in der von dir untersuchten Lebensgemeinschaft anzutreffen?
2. Welche Tierarten der Lebensgemeinschaft halten sich zeitweise auch in anderen Lebensräumen auf? Welche Gründe kannst du dafür angeben?

Biozönotisches Gleichgewicht

In einer ungestörten Lebensgemeinschaft ist durch das Zusammenspiel aller an dem Standort wirkenden Faktoren ein Zustand erreicht, den wir als biozönotisches Gleichgewicht bezeichnen. Wenn es gestört wird, ändert sich das Gefüge der Lebensgemeinschaft.

In der Lebensgemeinschaft Wald kann das Gleichgewicht zeitweilig gestört werden, wenn Schadinsekten in Massen auftreten. Dies hat eine Verminderung ihrer Nahrungspflanzen zur Folge. Die starke Vermehrung der Schädlinge gibt Tieren, die sich von ihnen ernähren, gute Lebensbedingungen. Ameisen, Wanzen, Spinnen, Puppenräuber, insektenfressende Vögel, die parasitären Schlupfwespen und andere Feinde vermehren sich stark. Das wiederum führt zu einer Verminderung der Schädlinge. Das Gleichgewicht wird allmählich wiederhergestellt.

Störung des biozönotischen Gleichgewichts durch Tiere

Viele Tierarten finden besonders in Kulturbiozönosen günstige Lebensbedingungen. Es besteht die Gefahr, daß sie sich in kurzer Zeit außerordentlich vermehren und große Schäden anrichten. Das versucht der Mensch zu verhindern. Wenn dennoch eine Massenvermehrung eintritt, müssen die Schädlinge bekämpft werden. Es gilt dann, das gestörte Gleichgewicht der Lebensgemeinschaft möglichst schnell wiederherzustellen.

Der Mensch bekämpft die Schädlinge durch chemische Mittel und durch den Schutz ihrer natürlichen Feinde. Er bemüht sich, durch sinnvolle Anwendung von chemischen Mitteln die Schädlingsbekämpfung gezielt durchzuführen und die Lebensgemeinschaft nicht zu schädigen. Ziel jeder Bekämpfung ist es, die Schädlinge zu vernichten und die anderen Tierarten zu schonen.

Bei der chemischen Schädlingsbekämpfung kann ungewollt eine ungünstige Einwirkung auf die Lebensgemeinschaft erfolgen. Durch die Gifte werden oft nicht nur die Schädlinge abgetötet, sondern auch ihre natürlichen Feinde. So ist es zu verstehen, daß schon kurz nach der Anwendung chemischer Bekämpfungsmittel mitunter pflanzenschädigende Insekten und Milben in verstärktem Maße die Kulturpflanzen befallen haben. Das liegt vor allem daran, daß bei gleich starker Vernichtung von Schädlingen und Nützlingen die Zahl der Schädlinge viel rascher und in viel stärkerem Maße wieder zunimmt als die der Nützlinge. Die Schädlinge finden schneller günstige Lebensbedingungen (z. B. Nahrung) als die Nützlinge.

Viele Tierarten nützen dem Menschen durch Vernichtung der Schadinsekten (z. B. Singvögel, Raupenfliegen, Schlupfwespen, Larven der Florfliegen, Schwebfliegen, Marienkäfer und ihre Larven). Ihre „Hilfe“ bezeichnen wir als biologische Schädlingsbekämpfung. Sie erreicht unter Kontrolle des Menschen eine andauernde Wirkung, genügt allein allerdings nicht. Bei starker Schädlingsvermehrung (bei „Kalamitäten“) muß der Mensch mit chemischen Mitteln eingreifen, am besten mit auslesend (selektiv) wirkenden Präparaten, die nur bestimmte Tierarten schädigen und vernichten.

Wie groß die Anzahl der Schadinsekten in der Kulturlandschaft ist, zeigen folgende Zahlen: In unserer Heimat leben rund 28500 Insektenarten, davon wurden etwa 7200 Arten als Schädlinge erkannt, von denen ungefähr 6000 Arten auf Kulturpflanzen leben. Nur wenige Arten sind Nützlinge, die meisten sind neutral.

Gegen Schädlinge können zur biologischen Bekämpfung folgende Maßnahmen ergriffen werden:

1. Schutz nützlicher Wirbeltiere. Schonung und Schutz für Erdkröte, Igel, Spitzmäuse, Raubtiere (z. B. Dachs, Wiesel) u. a. – Vogelschutz (auch für Greifvögel); Anbringen von Nistkästen, Erhaltung der natürlichen Nistgelegenheiten (z. B. in Feldgehölzen und Hecken) – Förderung der Verbreitung von Fledermäusen.
2. Schutz nützlicher Insekten. Schonung und Schutz für diejenigen parasitisch und räuberisch lebenden Insekten, die in der Lebensgemeinschaft die übermäßige

Vermehrung der Schädlinge hemmen. (Den Ausbruch einer Massenvermehrung können sie allerdings nicht verhüten.)

Besondere Bedeutung für den Wald haben die Roten Waldameisen. Durch wissenschaftliche Untersuchungen wurde festgestellt, daß 40 Kolonien dieser Insekten etwa 20 ha Stangenholz vor Schäden durch die Forleule bewahren können. (Tritt eine Massenvermehrung des Schädlings in benachbarten Beständen ein, so bleiben die Ameisen gegen den Zuflug machtlos.) Man setzt Kolonien in die Wälder ein. Die Roten Waldameisen stehen deshalb unter Naturschutz!

3. Einführung von nicht heimischen Nützlingen. Die eingeführten Nützlinge wirken sich anfangs am stärksten aus. Sie haben zunächst keine natürlichen Feinde in der Lebensgemeinschaft und besitzen ein Übergewicht gegenüber ihren Beutetieren. Wenn die Einbürgerung gelingt, ist mit einem Nachlassen ihres Nutzens zu rechnen. Es ist schwer, geeignete Arten zu finden. (Beispiele: Aussetzen von Puppenräubern zur Vernichtung von Raupen und Puppen schädlicher Schmetterlinge; Aussetzen einer räuberisch lebenden Wanzenart zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers.)
4. Verwendung von Mikroorganismen und Viren. Manche Pilze, Bakterien und Viren erzeugen bei schädlichen Insekten und Nagetieren Krankheiten, die deren Massenvermehrung einschränken und sogar beenden können. (Beispiele: Engerlingsbekämpfung durch Pilze, Bekämpfung der Nonnenraupen durch Viren.)

Grundsätzlich ist zu den beiden letzten Möglichkeiten zu sagen, daß die Wirkung der Nützlinge um so schneller nachläßt, je stärker sie war. Die Nützlinge erschöpfen ihre Nahrungsquelle, so daß sich nach gewisser Zeit ein Gleichgewichtszustand einstellt. Bei wiederholter Massenvermehrung der Schädlinge ist das erneute Eingreifen des Menschen notwendig.

Solange sich die Schadinsekten unter normalen Bedingungen in normaler Zahl vermehren, vermögen die Nützlinge, die ebenfalls in angemessener Zahl vorhanden sind, das biozönotische Gleichgewicht aufrechtzuerhalten. Von großer Bedeutung sind dabei Parasiten, die auf bestimmte Schädlinge spezialisiert sind, zum Beispiel Raupenfliegen, die von Nonnen und Kieferneulen leben.

Unter bestimmten Umweltbedingungen (z. B. bei besonders günstigen Witterungs-umständen) kann eine Massenvermehrung der Schadinsekten einsetzen. Es würde eine Reihe von Jahren dauern, bis die Nützlinge (Räuber und Parasiten) sich so stark vermehrt haben, daß sie die Massen der Schädlinge merklich vermindern könnten. Diese Verzögerung würde das Ende der bestehenden Lebensgemeinschaft bedeuten. Deshalb muß der Mensch eingreifen.

Über sieben Jahre lang währte beispielsweise die ungehemmte Massenvermehrung des Borkenkäfers, ehe der Einfluß seiner natürlichen Feinde spürbar wird. Die Borkenkäfer-Kalamitäten nach Sturmschäden oder Schneebruch sind ein Beispiel dafür.

Manche Nützlinge sind auf einen oder wenige Schädlinge spezialisiert. Andere Nützlinge nähren sich von mehreren schädlichen Tierarten; sie sind in der Lebensgemeinschaft zu allen Zeiten mit vielen Individuen vertreten. Bei Beginn einer ver-

stärkten Schädlingsvermehrung wirken sie sofort ausgleichend. Solche Nützlinge finden sich aber nur in artenreichen Lebensgemeinschaften. Deshalb sind diese stabiler und ausgeglichener als solche mit einseitigen Lebensbedingungen.

Das biozönotische Gleichgewicht wird häufig durch den Eingriff des Menschen in eine Lebensgemeinschaft absichtlich beeinflusst. Dann kann die ursprüngliche Lebensgemeinschaft nicht weiterbestehen. Als Ergebnis der Maßnahmen des Menschen (etwa durch das Entwässern von Sümpfen, durch Pflanzenbau, Bodenbearbeitung und Düngung) entstehen neue Lebensgemeinschaften. Wir bezeichnen sie als **Kulturbiozöten** (s. S. 118) und ihre Lebensräume als **Kulturbiotope**. Sie bestehen nur durch die Arbeit des Menschen. In ihnen herrscht ebenfalls ein bestimmtes Gleichgewicht. Wenn der Mensch jedoch seinen Einfluß nicht mehr geltend macht, entwickeln sich beispielsweise in der Feldflur auf einer unbearbeiteten Ackerfläche nacheinander verschiedene neue Pflanzen- und Tiergemeinschaften (Unkrautflur – Gehölzanflug – Vorwald – standortgemäße Waldgesellschaft).

Aufgabe und Frage

Nenne Beispiele für Störungen des biozönotischen Gleichgewichts in Lebensräumen deines Heimatgebietes! Welches waren die Ursachen?

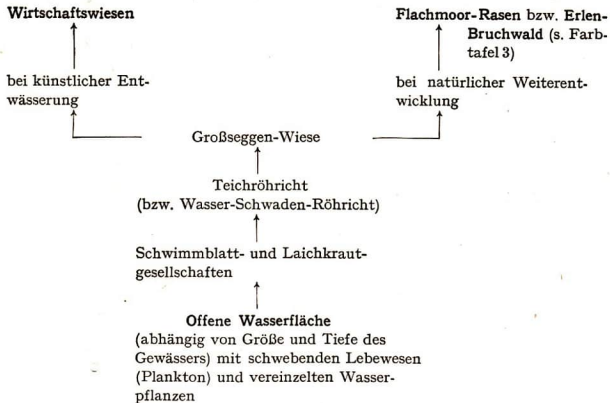
Sukzessionen

In einer Lebensgemeinschaft besteht ein gewisses Gleichgewicht zwischen den einzelnen Standortfaktoren. Wenn sich einige Faktoren stark ändern, wird das Gleichgewicht gestört (z. B. bei einer Insekten-Kalamität im Wald). Erst allmählich spielt es sich wieder ein. Eingriffe in die Standortverhältnisse führen zu weiterreichenden Änderungen der Lebensgemeinschaft. Das Dränieren einer nassen Wiese zum Beispiel ändert die Wasserverhältnisse so stark, daß die bisherige Lebensgemeinschaft nicht mehr bestehen kann. Die dem nassen Standort angepaßten Arten gehen zugrunde und werden durch andere ersetzt. Während bisher Sauergräser vorherrschten, finden nunmehr Süßgräser entsprechende Lebensbedingungen. Die alte Lebensgemeinschaft wird durch eine neue abgelöst. Eine solche Folge von Lebensgemeinschaften bezeichnen wir als **Sukzession**. Die Übersichten auf Seite 117 zeigen an Beispielen Anfang und Ende des Verlandungsvorganges eines stehenden Gewässers in gesetzmäßiger Reihenfolge und den Verlauf von Sukzessionen im Wald, die durch Kahlschlag eingeleitet worden sind.

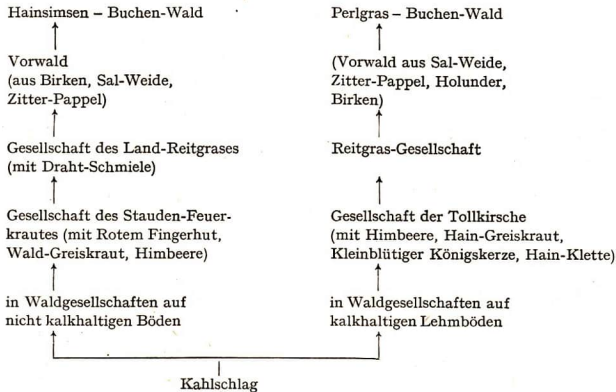
In nährstoffreichen stehenden Gewässern befinden sich Nährstoffe, Erzeuger, Verbraucher und Zersetzer nicht völlig im Gleichgewicht.

In der Röhrichtgesellschaft des Teichrandes zum Beispiel werden die Überreste der Pflanzen (Schilf, Rohrkolben, Froschlöffel, Binsen, Seggen u. a.) nicht verbraucht. Dadurch hebt sich nach und nach die Bodenoberfläche über das Flachwasser. Sie tritt schließlich bis über den Wasserspiegel des Teiches. Zunächst kann sich hier ein Weidenbüsch und nach ihm ein Erlenwald entwickeln. Der Teich verlandet.

Beispiel eines Sukzessionsschemas bei der Verlandung eines stehenden Gewässers



Beispiele von Sukzessionen, die durch Einwirkungen des Menschen ausgelöst werden



Der Einfluß des Menschen auf die Lebensgemeinschaften in unserer Heimat

In allen Biotopen unserer Heimat hat der Mensch im Verlauf langer Zeiträume entscheidende Veränderungen vorgenommen. Aus baumlosen offenen Lebensräumen und ursprünglichen Wäldern der Nacheiszeit sind Halbkulturbiozönoten und Kulturbiozönoten geworden. Durch Rodung, Brand, Aufforstung, Beweidung, Be- und Entwässerung entstanden neue Lebensgemeinschaften (z. B. Felder, Wiesen, Weiden, Fischteiche und Forste). Sie wurden im Verlauf der Zeit immer intensiver genutzt.

Annähernd **Natürliche Lebensgemeinschaften** sind in unserer Heimat nur noch einige wenige Wälder, stehende Gewässer, Moore, Sümpfe und – auf sehr mageren Standorten – Trockenrasen (s. Farbtafel 4). Sie werden vorwiegend von den Klima- und Bodenfaktoren und dem Einfluß der bodenständigen Organismen geformt. Der Einfluß des Menschen wird nur indirekt, von den benachbarten Kulturbiozönoten aus, wirksam.

Halbnatürliche Lebensgemeinschaften sind beispielsweise verschiedene vom Menschen mit geringem Aufwand genutzte Wiesentypen (Trockenrasen, Magerwiesen, Flachmoorwiesen, Bergsumpfwiesen). Würde die Nutzung durch den Menschen (z. B. durch einmalige Mahd oder Schafweide) aufhören, so entstünde allmählich wieder Wald. Manche Pflanzen (z. B. seltene Orchideen, Enzian-Arten auf Moorbiesen) müßten konkurrenzkräftigeren Arten (z. B. Weide-Arten, Faulbaum, Schwarz-Erle, Hänge-Birke, Gemeine Kiefer) weichen. – Erfolgt jedoch eine intensivere Nutzung und Pflege, dann gelangen Wiesenpflanzen zur Herrschaft.

Kulturbiozönoten sind durch den Einfluß des Menschen entstanden, sie können auch nur durch ihn erhalten werden. Durch Bodenbearbeitung, Düngung, Schädlings- und Unkrautbekämpfung, Beweidung, Mahd und Ernte wirkt der Mensch auf das Gefüge dieser Lebensgemeinschaften ein.

Beispiele

Fettwiesen werden in der Regel im Verlauf einer Vegetationsperiode zweimal gemäht. Wiesenpflanzen und Wiesentiere sind diesem Rhythmus angepaßt. Manche Pflanzenarten entwickeln sich vor dem ersten Schnitt bis zur Samenreife, einige im Hochsommer bis zum zweiten Schnitt und wenige auch erst im Herbst (Abb. 83). Bei den Wiesentieren findet durch diesen Prozeß eine Auslese der Arten statt, die von der folgerichtigen Entwicklung der vorhandenen Pflanzenarten wesentlich bestimmt wird.

Durch den ständig steigenden Holzverbrauch gingen die Bestände der langsamer wachsenden Laubbäume immer mehr zurück. Die Forstwirtschaft schuf bis ins 20. Jahrhundert hinein in immer stärkerem Maße großflächige, gleichförmige, lückenlose und gleichaltrige **Reinbestände** (Monokulturen). Diese sind durch Schädlingsbefall, Windbruch und andere Erscheinungen besonders gefährdet. In unserer Republik ist man deshalb bestrebt, unter Beachtung der biologischen Gegebenheiten einen standortgerechten, leistungsfähigen Wald aufzubauen. Dieser setzt sich aus Mischbeständen oder kleineren Flächen gleichaltriger Reinbestände zusammen.

Die **Teichwirtschaft** berücksichtigt seit langem lebensgemeinschaftliche Zusammenhänge, weil nur so der Ertrag der Gewässer erhalten werden kann. Die regelmäßige Entnahme von Fischen bedeutet für die Lebensgemeinschaft einen Verlust an organischer Substanz. Der Mensch führt deshalb dem Teich (z. B. Karpfenteich) Nährstoffe zu. Der Teich wird trockengelegt, der Boden umgebrochen, gedüngt und mit Futterpflanzen bebaut. Die Futterpflanzen sterben bei nachfolgender Überflutung ab und werden zersetzt. Sie dienen den Fischen als Nahrung. Bei stehenden Gewässern, die nicht abgelassen werden können, mäht man Wasser- und Sumpfpflanzen (z. B. Laichkräuter, Wasser-Hahnenfuß) unter Wasser ab. Dadurch wird eine Nährstoffanreicherung des Gewässers erreicht.

Wir sehen gegenwärtig überall Eingriffe des Menschen in das Gefüge der Kulturlandschaft, seines Lebensraumes, den er geschaffen hat. Die Bewirtschaftung jedes Standortes ist von seiner natürlichen Beschaffenheit abhängig. Innerhalb der dadurch gegebenen Grenzen bestimmt die menschliche Wirtschaft weitgehend die Leistungsfähigkeit und die Ertragsnachhaltigkeit des Standortes. Der Mensch kann durch pflegende Maßnahmen den Standort nicht nur in seiner natürlichen Produktionskraft erhalten, sondern sogar noch wesentlich verbessern. Andererseits kann er ihn aber auch durch einseitige Überbeanspruchung und Raubbau verwüsten und bis zum nutzlosen Ödland verschlechtern. So wird die Kenntnis der Zusammenhänge und Wechselwirkungen in der Natur zur wirtschaftlichen und kulturellen Notwendigkeit.

Der Naturschutz in der Deutschen Demokratischen Republik

Durch unsere Arbeit in einer Lebensgemeinschaft haben wir erkannt, daß Lebensraum und Lebensgemeinschaft eine untrennbare Einheit bilden, dessen Teile unter den gegebenen Lebensbedingungen in einem Gleichgewicht zueinander stehen.

Dieses **biologische Gleichgewicht** ist vielen Menschen etwas so Gewohntes, daß sie sein Vorhandensein und seine außerordentliche Bedeutung erst dann erkennen, wenn es durch unbedachte Eingriffe gestört wird.

Hierfür ein besonders kennzeichnendes Beispiel: „Auf der Insel St. Helena führten 1513 die Portugiesen die ersten Ziegen ein, die sich schon nach 75 Jahren so vermehrt hatten, daß sie zu Tausenden das Eiland bevölkerten. Im 16. Jahrhundert war St. Helena von hohem, dichtem Wald bedeckt; heute ist die Insel kahl, nackter Fels überall, manche Landstriche erinnern an Wüste. Die Ziegen haben Kraut und Gebüsch und die jungen Bäume abgeweidet, sie vernichteten so die Pflanzendecke, die den Humus an den Steilhängen festhielt. Die tropischen Regen wuschen die Schichten guten Bodens ab, der nackte Fels blieb stehen. Der Wald verschwand und mit ihm alle Tiere, die an ihn gebunden waren. Dafür wanderten andere ein oder wurden eingeführt. Das ganze Bild der Insel war von Grund auf verändert. Aber natürlich hat sich in der so entstandenen neuen Lebensgemeinschaft in Zusammenhang mit ihrem so veränderten Lebensraum allmählich wieder ein Gleichgewicht eingestellt.“ (A. F. THIENEMANN).

Dieses Beispiel zeigt, daß das biologische Gleichgewicht kein starrer, festgefügtter Zustand, sondern ein bewegliches Pendeln um einen **Durchschnittswert** ist, der den jeweiligen Umweltbedingungen entspricht. Die Erhaltung eines günstigen biologischen Gleichgewichts in unserer heimatlichen Natur ist die Voraussetzung für eine gesunde **Produktionslandschaft**, in der Bodenfruchtbarkeit und Hektarerträge gesteigert werden können. Deshalb kommt dem Naturschutz eine ganz besondere Bedeutung zu. Das „Gesetz zur Erhaltung und Pflege der heimatlichen Natur (Naturschutzgesetz) vom 4. August 1954“ mit seinen Durchführungsbestimmungen und Anordnungen ist die gesetzliche Grundlage des Naturschutzes in der DDR. „Der Schutz der Natur ist eine nationale Aufgabe“, heißt es in der Einleitung des Naturschutzgesetzes. Wir schützen die Natur nicht vor dem Menschen, sondern für den Menschen. Deshalb hat der Naturschutz in erster Linie zur Lösung folgender wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und kultureller Aufgaben beizutragen:

1. Erhaltung des biologischen Gleichgewichts in der Landschaft (s. S. 113).
2. Schutz von **Landschaften** oder Landschaftsteilen (**Naturschutzgebiete**), die geeignet sind, „der naturwissenschaftlichen Forschung, insbesondere der Beobachtung der Pflanzen- und Tiergemeinschaften in ihrer natürlichen Umwelt zu dienen oder das Studium der natürlichen Entwicklung der Boden- und Landschaftsformen zu fördern“ (Naturschutzgesetz). Naturschutzgebiete sind also nicht nur **Erhaltungsräume**, sondern auch **Forschungsräume**.
3. Erhaltung und Pflege solcher Landschaften, die von besonderer nationaler Bedeutung oder bemerkenswerter Eigenart und Schönheit sind (**Landschaftsschutzgebiete**) und den Menschen als Erholungsgebiete und Wanderziele dienen.
4. Erhaltung und Schutz von **Naturdenkmälern**.
Das sind „alte und seltene Bäume, Baumgruppen und Gruppen von sonstigen Pflanzen, Findlingsblöcke, erdgeschichtliche Aufschlüsse, Quellen und Felsen von besonderer Eigenart sowie Pfühle und sonstige besondere Gebilde mit einer Flächenausdehnung bis zu 1 ha ...“ (erste Durchführungsbestimmung zum Naturschutzgesetz).
5. Schutz von Pflanzen und Tieren, die vom Aussterben bedroht oder von besonderem Wert für Wissenschaft, Lehre und Wirtschaft sind.
Die Namen dieser Pflanzen- und Tierarten sind in besonderen Schutzanordnungen aufgeführt. An erster Stelle werden die vom Aussterben bedrohten Tiere und Pflanzen hervorgehoben. Die beste Maßnahme zur Erhaltung bestimmter Pflanzen- und Tierarten ist die Schaffung von Flächennaturdenkmälern, die Lebensräume und Lebensgemeinschaften umfassen, an die bedrohte Pflanzen- und Tierarten gebunden sind. Sehr wichtig ist die Pflege und Erhaltung unserer Kleinvogelwelt (Schaffung von Nistgelegenheiten, Winterfütterung).
6. Die Erziehung aller Menschen unserer Republik, insbesondere der Jugend, zur Heimatliebe, zum Verständnis der Gesetze des Naturhaushaltes und der Zusammenhänge zwischen Natur und Gesellschaft.

Von den Problemen, mit denen sich der Naturschutz in der Praxis auseinanderzusetzen hat, wollen wir einige kennenlernen:

Abbrennen von Rasen, Rainen, Böschungen, Hecken und ungenutztem Gelände (Ödland)

Diese Unsitte führt zu Gefahren und Schäden mannigfacher Art (z. B. Brandgefahr für angrenzende Wälder, landschaftliche Nutzflächen und menschliche Siedlungen). Das Feuer vermindert den Grasertrag, fördert den Unkrautwuchs, schädigt die Krümelstruktur des Bodens, vernichtet nützliche Kleinlebewesen, Gelege und Jungvögel von Bodenbrütern und nimmt dem Niederwild den Lebensraum in der Ackerlandschaft. Das bedeutet eine Beeinträchtigung der biologischen Schädlingsbekämpfung.

Rekultivierung von Halden, Kippen und ungenutzten Flächen

Die Regierung unserer Republik hat am 6. 12. 1951 eine Verordnung erlassen, in der es heißt: „Mit der Steigerung der Förderung der Bodenschätze werden in zunehmendem Umfang land- und forstwirtschaftlich genutzte Grundstücksflächen in Anspruch genommen. Im Interesse der stetigen Steigerung der Bodenerträge ist es notwendig, diese Flächen nach ihrer bergbaulichen Inanspruchnahme volkswirtschaftlich wieder nutzbar zu machen.“

Dabei steht die Sicherung des Mutterbodens an allererster Stelle. Er darf nicht überdeckt oder zur Auffüllung verwendet, sondern muß sachgemäß in dem Gelände aufgeschüttet werden, damit die Kippen-, Halden- und Kraterlandschaften wieder land- und forstwirtschaftlich genutzt werden können (z. B. durch Bepflanzung mit Gräsern und Gehölzen, wie Pappeln, Weiden, Ebereschen).

Schutz der Dünen

Laufen, Lagern, Schaufeln, Abholzungen, Burgengraben und Zelten in den Dünen und am Dünenfuß beeinträchtigen und zerstören den Pflanzenwuchs und damit die Festigkeit der Dünen. Die Dünen beginnen zu wandern und dringen in die Küstenwälder ein. Der Wind erzeugt an der beschädigten Stelle tiefe Einschnitte. Das Wasser spült sie aus. Die Küste wird zerstört. Steilufer werden durch die Anlage von Kletterpfaden und Rutschbahnen besonders geschädigt.

Schutz der Gehölze, Hecken und des Landschaftsbildes

Je mehr in der Kulturlandschaft punkt- oder flächenweise ursprünglichere oder naturnahe Lebensgemeinschaften eingestreut sind (z. B. Feldgehölze, Hecken, Restwälder, Heiden, Moore, Naßflächen, Tümpel, Teiche, naturnahe Bach- und Flußläufe), um so gesünder ist die Landschaft.

Die Bedeutung solcher mosaikartig eingestreuter Flächen geht weit über die Bereicherung des Landschaftsbildes hinaus in den Bereich wirtschaftlicher Belange. Diese Flächen sind Regulatoren des Gleichgewichts im Landschaftshaushalt. Im übrigen liegen die Reserven der Landwirtschaft, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, nicht in den Resten naturnaher ungenutzter Lebensräume, sondern in den landschaftlich genutzten Flächen selbst.

Reinhaltung der Gewässer und der Luft

Wasser nimmt in allen Formen seines Vorkommens eine zentrale Stellung im Landschaftshaushalt ein. Der Wasserhaushalt muß sorgsam reguliert werden. Dem trägt unser vorbildliches „Gesetz über den Schutz, die Nutzung und die Instandhaltung der Gewässer

und den Schutz vor Hochwassergefahren (Wassergesetz)“ Rechnung. Beim Umgang mit dem „Wasserschatz“ ist vor allem auf folgendes zu achten: Pflege der Gewässer und natürlicher Wasserbau (Wasserspeicherung, Vermeidung von Grundwassersenkungen, Uferbepflanzung, Flußregulierung, Uferbebauung u. a.), sparsamster Umgang mit Wasser und vor allem Reinhaltung der Gewässer (Abwasserreinigung).

Da viele unserer Gewässer, besonders in den dichtbesiedelten Industriegebieten, nur noch Abwässerkanälen gleichen, in denen fast alles Leben abgestorben ist, muß gerade der Abwasserreinigung von seiten der Industriebetriebe ganz besondere Beachtung geschenkt und das Wassergesetz genau befolgt werden (z. B. Entfernung von Schmutz und chemischen Stoffen vor Einleitung der Abwässer in natürliche Gewässer). In entsprechender Weise muß auch für die Reinigung der Abgase gesorgt werden, die bei der Kohleverbrennung und der Verarbeitung anderer Materialien entstehen und vor allem in der Nähe von Großstädten und Industrieanlagen Rauch- und Ätزشäden an Pflanzen, insbesondere an Bäumen, verursachen.

Aufgabe des Naturschutzes in der DDR ist es, nicht nur seltene und vom Aussterben bedrohte Tiere und Pflanzen zu schützen. Der Naturschutz fordert vielmehr den Schutz der gesamten Natur. Bei der Neugründung von Städten und großen Industriebetrieben sowie in der Land- und Forstwirtschaft sind Natur- und Landschaftsschutz zu berücksichtigen.

Aufgaben und Fragen

1. Stelle fest, welche charakteristischen Landschaftsteile deiner Heimat noch in einem naturnahen Zustand sind!
 - a) Worin besteht der Einfluß des Menschen auf diese Standorte?
 - b) Ist durch die gegenwärtigen Wirtschaftsmaßnahmen das Bestehen der dort vorhandenen Lebensgemeinschaften gewährleistet?
 - c) Welche Pflanzenarten kennzeichnen die Pflanzengesellschaften dieser Standorte?
 - d) Welche der vorkommenden Pflanzen- und Tierarten stehen unter Naturschutz?
2. Wo befinden sich in der Heimatlandschaft Kleingewässer und Naßflächen (z. B. stehende Gewässer, Altwässer, Bachränder, Brüche, Moore), die als natürliche Wasserspeicher anzusehen sind und wichtige Regulatoren im Wasserhaushalt der Landschaft darstellen? (Eine Kartierung und Beschreibung dieser Biotope ist besonders zu empfehlen.)
3. Gibt es in der näheren Umgebung deines Wohnortes Naturschutzgebiete (Waldschutzgebiete, Tierschutzgebiete, Gewässerschutzgebiete), Landschaftsschutzgebiete und Naturdenkmäler?
4. Lies im „Gesetz zur Erhaltung und Pflege der heimatlichen Natur“ (Naturschutzgesetz) vom 4. August 1954 die Bestimmungen über Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Naturdenkmäler, geschützte Pflanzen und Tiere!
5. Beschaffe dir das Schülerleseheft „Schützt die Natur“ (VWV-Bestellnummer 011855)! Informiere dich darin über Probleme des Landschaftsschutzes!

Worterkklärungen

(→: siehe auch)

Alkaloide: stickstoffhaltige organische Basen, die nur in Pflanzen vorkommen, meist Gifte (häufig Rauschgifte), die auf Nerven wirken. Vielfach Anwendung als Arzneimittel in geringen Dosen. Beispiele für Alkaloide: Nikotin, Koffein, Kokain, Morphin, Chinin

Anatomie (griech. anatemnein = aufschneiden): Teilgebiet der biologischen Wissenschaft, das sich mit dem inneren Bau der Lebewesen befaßt. Gegenstand der Untersuchungen sind die Zellen (Zytologie – Zellenlehre), die Gewebe (Histologie – Lehre von den Geweben) und die Organe (Organographie)

Aspekt (lat. aspectus = Anblick, Aussehen): jahreszeitlich bedingtes Aussehen (Erscheinungsbild) einer Pflanzengemeinschaft

Assimilate: Produkte eines → Assimilationsvorganges. Meist sind die Produkte der → Photosynthese gemeint

Assimilation (lat. assimilare = angleichen, ähnlich machen): allgemeine Bezeichnung für den Aufbau körpereigener Verbindungen aus körperfremden Stoffen. Bei der Assimilation werden die Nährstoffe dem Körperbedarf angeglichen. Im engeren Sinne wird häufig unter dem Begriff Assimilation die → Photosynthese verstanden. Richtig müßte es in diesem Falle allerdings Assimilation des Kohlendioxids heißen.

Atmung: vollständige Oxydation körpereigener oder aufgenommener Stoffe unter Freisetzung der enthaltenen Energie bei Luftsauerstoffzufuhr

Auxine (griech. auxanein = wachsen): Wuchsstoffe der Pflanzen, Stoffe mit Hormoneigenschaften. Chemische Ver-

bindungen, die das Wachstum der Pflanzenzellen fördern

Baustoffwechsel: Stoffwechsel, der zur Neubildung und Vermehrung der körpereigenen Verbindungen führt, wobei meist neue Zellen, Gewebe oder Organe eines Lebewesens aufgebaut werden

Befruchtung: Vereinigung einer männlichen (♂) und einer weiblichen (♀) Geschlechtszelle. Es wird eine befruchtete Eizelle gebildet, aus der sich dann der → Embryo entwickelt.

Bestäubung: Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe des Stempels einer Pflanze. Der Bestäubung folgt meist die Befruchtung.

Betriebsstoffwechsel: → Stoffwechsel, welcher der Energiefreisetzung aus körpereigenen oder aufgenommenen Stoffen dient. Mit der freigesetzten Energie werden die Lebensvorgänge „betrieben“.

Biotop (griech. bios = Leben; topos = Gegend, Raum): Lebensraum, Lebensstätte von Lebewesen (Organismen), d. h. ein Ort, an dem bestimmte Organismen miteinander leben können und ihre Lebensbedingungen finden

Biozönose (griech. bios = Leben; koinos = gemeinsam): Lebensgemeinschaft; Vergesellschaftung von Lebewesen, die einen einheitlichen Abschnitt des Lebensraumes dauernd bewohnen und sich gegenseitig bedingen

Chemosynthese: → Assimilation von Kohlendioxid unter Verwendung von Energie aus chemischen Umsetzungen (Oxydationen); kommt nur bei Bakterien vor.

Chlorophyll (griech. chloros = grün; phyllos = Blatt): „Blattgrün“; grüner Farbstoff der Pflanzen, vorwiegend in den Blatt-

zellen der Pflanzen, welcher die photochemische Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie bei der → Photosynthese katalysiert. Chlorophyll ist bei den meisten Pflanzen in den → Chloroplasten enthalten.

Chloroplasten: chlorophyllhaltige, deutlich abgegrenzte Teile des Protoplasmas außerhalb des Zellkerns. Bei höheren Pflanzen besitzen die Chloroplasten meist linsenförmige Gestalt. In ihnen geht die → Photosynthese vor sich.

Diffusion: Räumliche Ausbreitung der Moleküle eines Stoffes infolge der ungerichteten Wärmebewegung seiner Moleküle. Grenzen zwei verschiedene Stoffe aneinander, so kann man feststellen, daß die Diffusion im Laufe der Zeit zur vollständigen gegenseitigen Durchmischung dieser Stoffe führt. Die Diffusion erfolgt stets vom Ort der höheren zum Ort der geringeren Konzentration des betreffenden Stoffes.

Dissimilation (lat. dissimilare = unähnlich machen): allgemeine Bezeichnung für die Umwandlung körpereigener in körperfremde Stoffe. Speziell bezeichnet man damit den Abbau körpereigener oder aufgenommener organischer Verbindungen zum Zwecke der Freisetzung von Energie in Lebewesen, z. B. → Atmung und → Gärung.

Embryo (griech. embryon = ungeborene Leibesfrucht, Keim): „Keimling“ bei Pflanzen und Tieren. Der Embryo entsteht aus der befruchteten Eizelle (→ Befruchtung). Bei den Pflanzen ist der Embryo in den → Samen enthalten.

Entwicklung: Ausbildung neuer Eigenschaften in Bau und Funktionen der Lebewesen im Verlaufe ihrer Stammesgeschichte (historische oder stammesgeschichtliche Entwicklung der Lebewesen) oder im Verlaufe des Lebens eines einzelnen Organismus (Individualentwicklung). Die Individualentwicklung ist eng mit dem Wachstum verknüpft.

Epidermis (griech. epi = über, darauf; derma = Haut): hautartiges Abschlußgewebe der Pflanzen. Die Zellen sind lückenlos gelagert. An den oberirdischen Organen ermöglichen → Spaltöffnungen einen raschen Stoffaustausch mit der Umgebung.

Fundort: Bezeichnung für eine geographisch bestimmte Stelle, an der ein bestimmtes Objekt (z. B. eine Pflanze, ein Tier, eine Lebensgemeinschaft) vorkommt.
→ Standort

Gärung: unvollständiger Abbau von organischen Verbindungen durch Oxydation zum Zwecke der Freisetzung von Energie in den Zellen (→ Dissimilation). Gärung erfolgt meist unter Luftabschluß (z. B. Alkohol- oder Milchsäuregärung).

Gefäße: meist abgestorbene langgestreckte Zellen, die längs aneinandergereiht und durch ganz oder teilweise aufgelöste Querwände verbunden sind. Sie bilden „Röhrensysteme“ in den Pflanzen, die dem aufsteigenden Transport von Nährstoffen in wäßriger Lösung dienen.

Generationswechsel: gesetzmäßige Wechselfolge von wenigstens zwei verschiedenen Generationen einer Art, von denen sich die eine geschlechtlich, die andere ungeschlechtlich fortpflanzt (z. B. Farnpflanzen, Moose)

Gewebe: Zellverband; Komplexe zusammenhängender Zellen gleicher Art mit einheitlicher Funktion

Holzteil: Teil der Leitbündel in den Pflanzen, der die → Gefäße, die Holzfasern und speicherndes Grundgewebe umfaßt. Bei nacktsamigen und zweikeimblättrigen Pflanzen mit sekundärem Dickenwachstum wird der Holzteil vom → Kambium in das Innere der Sproßachse abgegliedert. Zellen des Holzteils meist verholzend.

Hydrokultur: Kultur von Pflanzen in künstlich hergestellten Nährlösungen, mit denen die chemischen Bedingungen des

Bodens ersetzt werden. Damit auch die physikalischen Bodeneigenschaften nachgeahmt werden können, verwendet man bei der Hydrokultur außerdem Kies, Kunststoffborste, Ziegelgranulate o. ä. (→ Hydroponik).

Hydroponik: Nährlösungskultur von Pflanzen ohne Zusatz fester Bestandteile (→ Hydrokultur). Die Hydroponik bietet evtl. die Voraussetzungen für eine weitgehend mechanisierte und automatisierte Gartenkultur.

Kambium: sekundäres Bildungsgewebe zwischen → Siebteil und → Holzteil der → Leitbündel von zweikeimblättrigen und nachtsamigen Pflanzen. Vom Kambium geht das sekundäre Dickenwachstum dieser Pflanzen aus. Bei Holzpflanzen ist meist ein Kambiumring vorhanden, der den → Holzteil in der Sproßachse zylindrisch umgibt.

Keimling: → Embryo

Konsumenten (lat. *consumere* = verzehren, verbrauchen): Verbraucher; Organismen (meist Tiere), die die von den Pflanzen erzeugte (produzierte) organische Substanz verbrauchen. → Produzenten und → Reduzenten

Kulturbiozönose (lat. *cultura* = Pflege, Wartung, Anbau, Anpflanzung): eine vom Menschen geschaffene und durch seine regulierenden Eingriffe erhaltene Lebensgemeinschaft, z.B. Kiefernforst, Kunstwiese, Hecke

Leitbündel: strangförmig ausgebildeter Gewebekomplex, der alle Organe der Pflanzen durchzieht und der Leitung von Assimilaten und in Wasser gelösten Nährstoffen dient. In einem Leitbündel sind speicherndes Grundgewebe, Stützgewebe, Siebröhren und Gefäße vereinigt. Bei zweikeimblättrigen Pflanzen und bei Nadelhölzern sind → Siebteil und → Holzteil durch → Kambium getrennt.

Mykorrhiza (griech. *mykes* = Pilz; *rhiza* = Wurzel): Symbiose zwischen Pilzgeflecht

und Wurzeln von Samenpflanzen. Die Pilzgeflechte dringen bei einigen Arten in die Wurzeln ein. Sie schmarotzen an den Wurzeln, ersetzen diesen aber oft die fehlenden Wurzelhaare und sind daher wichtig für die Stoffaufnahme.

Ökologie (griech. *oikos* = Haus, Heimat, Standort; *logos* = Lehre, Kunde): Wissenschaft von den Beziehungen des Baues und der Lebensvorgänge der Organismen zu den Lebensbedingungen an ihrem Standort

Osmose (griech. *osmos* = das Stoßen, der Antrieb): Stoffaustausch zwischen zwei Lösungen mit verschiedener Konzentration durch eine halbdurchlässige Membran. Die Osmose ist ein wichtiger Vorgang für die Stoffbewegung in den Pflanzen, denn die Grenzschichten des → Protoplasmas der Pflanzenzellen sind teilweise halbdurchlässige Membranen.

Palisadenschicht (lat. *palus*, *pali* = Pfahl): Gewebe in den Blättern höherer Pflanzen, in dem die Zellen ähnlich wie die Pfähle (Palisaden) eines Zaunes angeordnet sind. Die Palisadenschicht liegt meist unter der oberen → Epidermis der Blätter, und ihre Zellen sind reich an → Chlorophyll. Wichtiges → Gewebe für die → Photosynthese in den grünen Pflanzen

Parasitismus (griech. *parasitos* = Mitesser, Schmarotzer): Schmarotzertum, Form der ernährungsbiologischen Beziehungen zwischen lebenden Organismen, bei der sich der eine Partner (Parasit) auf oder in dem Körper eines anderen Lebewesens (Wirt) aufhält und sich von dessen Substanz ernährt

Photosynthese: → Assimilation von Kohlendioxid durch grüne Pflanzen, wobei die sichtbare Sonnenstrahlung als Energielieferant dient (→ Chemosynthese). Photosynthese findet man bei allen chlorophyllhaltigen Pflanzen und Bakterien. Sie ist einer der Grundvorgänge des Lebens auf unserem Planeten.

Physiologie: Lehre von den Lebensvorgängen (Funktionen); Teilgebiet der biologischen Wissenschaft, z. B. vom → Stoffwechsel, vom Wachstum, von der Entwicklung des einzelnen Lebewesens, von der Fortpflanzung und von den Reizvorgängen und Bewegungen

Plasmolyse: wörtl. „Plasmalösung“; durch übermäßigen Wasserentzug hervorgerufene vollständige oder teilweise Ablösung des → Protoplasmas von der → Zellwand in Pflanzenzellen

Primärzersetzer (lat. primus = der erste): Erstzersetzer; Bodentiere, die als erste an die Streu gehen und sie fressen, z. B. Insektenlarven, Doppelfüßer, Regenwürmer, Schnecken

Produzenten (lat. producere = erzeugen, hervorbringen): Erzeuger; Organismen, die organische Substanz aus anorganischen Stoffen aufbauen; im wesentlichen die grünen Pflanzen. → Konsumenten und → Reduzenten

Protoplasma: lebender Zellinhalt; umfaßt Zellkern und umgebendes Zellplasma mit Chloroplasten und anderen deutlich abgegrenzten Bestandteilen

Protoplast: → Protoplasma

Reduzenten (lat. reducere = zurückführen, zurückbringen): Abbauer, Zersetzer, Umwandler; Organismen, die die organische Substanz toter Lebewesen zu einfachen organischen und anorganischen Verbindungen abbauen (mineralisieren).

Saprophyten (griech. saprotes = Fäulnis; phyton = Pflanze): Fäulnisbewohner; heterotrophe Organismen (Bakterien, Pilze, manche Samenpflanzen), die auf toter organischer Substanz leben, z. B. auf Überresten von Pflanzen und Tieren und Ausscheidungen von Tieren, und diese abbauen

Schwammgewebe: → Gewebe aus locker gelagerten Zellen, zwischen denen viele luftgefüllte → Zwischenzellräume vorhanden sind, in den Blättern der Pflan-

zen, meist an die untere → Epidermis und an das → Palisadengewebe grenzend

Sekundärzersetzer (lat. secundus = der zweite, der nächste): Zweitersetzer, besser Folgezersetzer; Bodentiere (z. B. Springschwänze, Fadenwürmer, Hornmilben) und Mikroorganismen (z. B. Urtiere), die schon stärker zersetzte organische Substanz fressen, z. B. kleine Humusteile, Kotballen von Primärzersettern

Siebröhren: lebende, langgestreckte Zellen, die längs aneinandergereiht und durch siebartig durchbrochene Zellwände verbunden sind. Sie bilden Leitungsbahnen, in denen die → Assimilate geleitet werden. Siebröhren gehören den Leitbündeln zusammen mit den → Gefäßen an und werden bei zweikeimblättrigen und nachtsamigen Pflanzen auch durch das → Kambium gebildet.

Spaltöffnungen: zwei, meist bohnenförmige Zellen (Schließzellen) in der → Epidermis der Pflanzen, besonders an Blättern, zwischen denen sich eine spaltförmige Öffnung befindet, die durch Ausdehnung der Schließzellen geöffnet und durch Zusammenziehen geschlossen werden kann. Die Spaltöffnungen dienen der regulierten Wasserabgabe (→ Transpiration) und dem Gasaustausch der Pflanzen mit ihrer Umgebung.

Sporen: ungeschlechtliche Keim- und Fortpflanzungszellen der Sporenpflanzen (z. B. bei Moosen und Farnen)

Standort: Gesamtheit der am Wohnplatz einer Art oder einer Lebensgemeinschaft vorhandenen und einwirkenden Umweltbedingungen. → Fundort

Stoffwechsel: Aufnahme, chemische Umwandlung und Ausscheidung von Stoffen durch Lebewesen. Eine der wichtigsten Lebensfunktionen.

Sukzession (lat. succedere = nachrücken, folgen, ablösen): zeitlich aufeinander-

folgende Ablösung einer Lebensgemeinschaft durch eine andere, bedingt durch natürliche Ursachen (z. B. Verlandung eines Teiches) oder durch Kulturmaßnahmen (z. B. Kahlschlag, Entwässerung)

Symbiose: wörtl. „Zusammenleben“; Zusammenleben verschiedener Organismen zum Vorteil für beide Partner, die sich gegenseitig ergänzen, z. B. von Algen und Pilzen in den Flechten, Pilzen und Wurzeln in der → Mykorrhiza oder von Bakterien und Wurzelzellen in den Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblütengewächse

Transpiration: Wasserverdunstung aus den oberirdischen Teilen der Pflanzen. Die Transpiration bewirkt durch den Wassernachstrom aus den Pflanzenorganen meist die Stoffbewegung in den Gefäßen.

Tüpfel: Aussparung in den verdickten Zellwänden der Pflanzenzellen, dienen dem besseren Stoffaustausch zwischen benachbarten Zellen.

Turgor: durch Wasseraufnahme in die → Vakuole der Pflanzenzellen hervorgerufene Zellspannung

Vakuole: → Zellsaftraum innerhalb des → Protoplasmas

Vegetation (lat. vegetare = beleben): Pflanzenwelt; Pflanzendecke eines bestimmten Gebietes

Vegetationsperiode: Der Abschnitt des Jahres, in dem die Hauptmasse der in einem bestimmten Gebiet wachsenden Pflanzen in lebhaftem Wachstum begriffen ist

Wuchsstoffe: → Auxine

Wurzeldruck: Druck in der Größe von 1 bis 2 at, der von der Wurzel ausgeht und die Stoffbewegung in den → Gefäßen bewirken kann, wenn die → Transpiration ausgeschaltet ist

Zellsaft: wäßrige Lösung von anorganischen und organischen Verbindungen, die im → Zellsaftraum enthalten ist. Der Zellsaft ist wichtig für die → Osmose in Pflanzenzellen. Er gehört zu den toten Bestandteilen der Zelle.

Zellsaftraum: → Vakuole

Zellwand: Begrenzung der Pflanzenzellen, bestehend aus Zellulose, Pektin und anderen Kohlenhydraten. Nichtlebender Bestandteil der Zellen. Die Zellwände sind häufig von → Tüpfel durchbrochen.

Abbildungsnachweis

Farbtafeln: Martin Krauß, Potsdam (Farbtafeln 1 und 2); Dr. E.-G. Mahn, Halle (Saale) (Farbtafeln 3 und 4 oben links und unten); Prof. Dr. R. Schubert, Halle (Saale) (Farbtafeln 3 und 4 oben rechts).

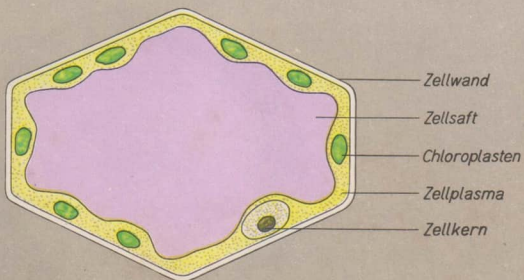
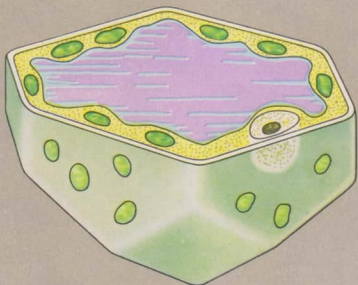
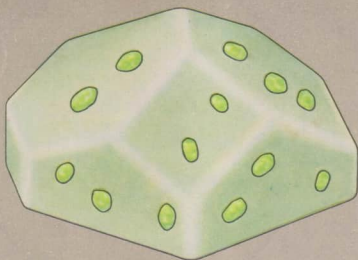
Fotos und Reproduktionen: Deutscher Saatgutbetrieb, Erfurt (Abb. 19, 44); Repro aus „Deutschland, Schöne Heimat“, VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1955 (Abb. 87); Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. 30, 55).

Zeichnungen: Hans-Joachim Behrendt, Grünheide (Abb. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10b, 12, 15, 16 bis 18, 20 bis 29, 32, 36, 41, 43, 60, 61, 63, 64, 66, 68); Eberhard Graf, Berlin (Abb. 10a, 13, 14, 31, 35, 37, 38, 47, 58, 65, 67, 69, 78, 79, 82, 83, 86, 89, S. 105, Abb. 92, 93); Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. 8, 8, 11, 34, 39, 40, 42, 48, bis 50, 52, 54, 56, 57, 59, 62, 71, 72); Roland Jäger/Rainer Zieger, Berlin (Abb. 76, 77, 80, 81, 84, 85, 88, 90, 91, 94); Martin Krauß, Potsdam (Abb. 33, 45, 51, 73); Elena Panzig, Berlin (Abb. 46, 53, 70, 74, 75).

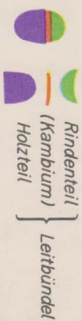
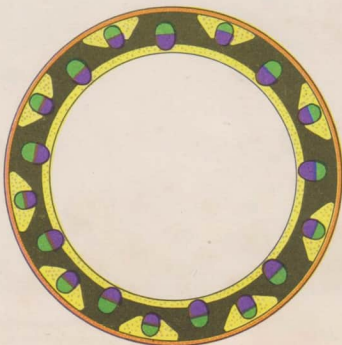
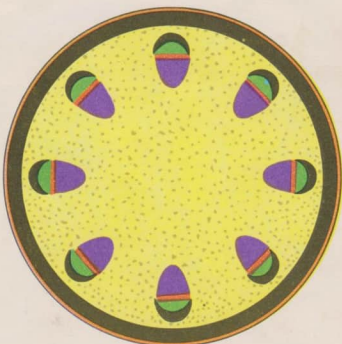
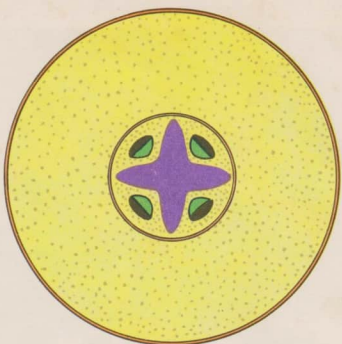
Sachwortverzeichnis

Das Zeichen * weist auf eine Abbildung hin

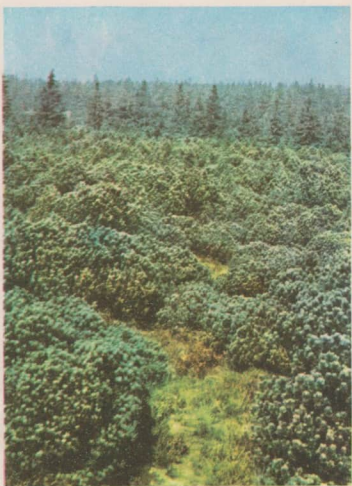
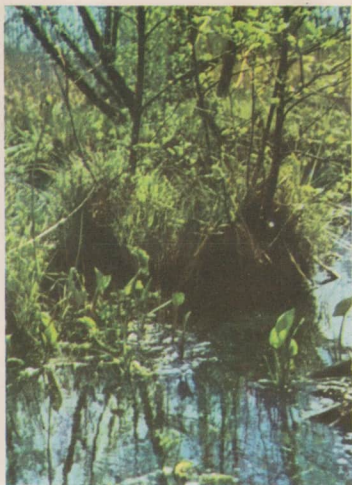
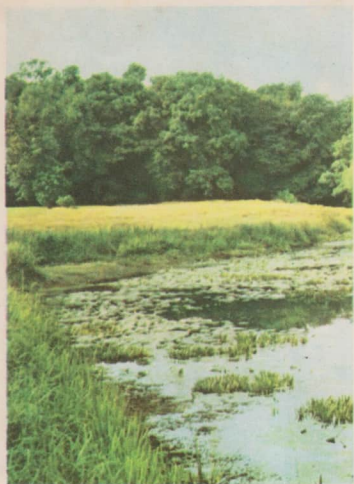
- Aspekt 91*f.
 Assimilate 46 ff., 50, 55
 Assimilationsstärke 46*f.
 Atmung 51 f., 56
- Befruchtung 66, 70
 Beiwurzel 9*, 16, 39
 Bestandsaufnahme 102
 Bestäubung 64 f., 109*
 Bildungsgewebe 7, 11*f., 20, 25
 biologisches Gleichgewicht 119
 Biotop 83, 116
 Biozönose 83, 114 ff.
 Blatt 28*f.
 Blüte 59*f., 61*f.
- Chemosynthese 46
 Chloroplasten 6, 31, 45
 Chlorophyll 31, 45 f., 50, 54 f.
 Chromoplasten 6
- Dauergewebe 7, 11, 21, 57
 Diffusion 14 f., 32
 Dissimilation 51
 Dornen 37*f.
- Eiweiß 49, 53
 Eizelle 66
 Erdwendigkeit 77
 Ernährungsformen, Pflanze 53
- Fäulnisbewohner 53, 107
 Festigungsgewebe 7, 21*f., 29, 37
 Fette 48 f.
 Flechten 54*
 Fortpflanzung 57 f.
- Gärung 51 f., 56
 Gasaustausch 47
 Gefäße 23 f.
 Generationswechsel 71*f.
 Grundgewebe 7, 21, 31, 39, 48
- Hauptwurzel 9*f., 16
 Hautgewebe 7, 21*
 Holzleit 22*f.
- Kambium 23*f.
 Keimling 66*f., 73
 Kletterpflanzen 108
 Knospe 19*f., 37
 Knoten 18*, 37, 39 f.
 Kohlenhydrate 48 f.
- Kulturbiotop 116
 Kulturbiozönose 106, 114, 116, 118
 Kurztagpflanzen 81*, 91
 Kurztriebe 18*f.
- Langtagpflanzen 80*f., 91
 Langtriebe 18*f.
 Laubblatt 31, 34*
 Leitbündel 22*f., 31 f.
 Leitgewebe 7, 21 f., 29, 42
 Lichtwendigkeit 78 f.
- Metamorphose 37
 Mistel 107*
 Mykorrhiza 54, 107*
- Nachtsamer 60
 Nährlösung 43 f.
 Nahrungskette 110*f.
 Naturschutzgebiet 120
 Nebenwurzel 9*
 Nützlinge 114 f.
- Ökologie 83
 ökologischer Faktor, Boden 100
 —, Licht 90
 —, Temperatur 94
 —, Wasser 95
 —, Wind 98*f.
 Osmose 14*f., 33, 35
- Palisadenschicht 31 f., 45
 Parasiten 54, 107
 Pflanzen-fresser 109
 —-gemeinschaft 84
 —-gesellschaft 85
 Photosynthese 46 ff., 50, 52, 90
 Plasmolyse 35*
 Pollen 89*
 Protoplasma 49
 Protoplast 5, 7, 22
- Ranke 38*f.,
 Rindenteil 23*f.
 Rosettenpflanzen 19
- Samenbildung 66
 Schädlinge 114 f.
 Schichtung 91*
 Schließzellen 36*
 Schmarotzer 53*f., 106*f.
 Schwammschicht 31 f., 45
 Seitenwurzel 9*, 16
- Selbstbestäubung 64 f.
 Siebröhren 25*, 47 f.
 Spaltöffnungen 21, 31, 35 f., 44 f.
 Speicherstärke 47
 Sporen 70
 Sproß 8, 16*f., 59, 108
 Sproßknolle 39*f.
 Stachel 38*
 Staubblätter 59*f.
 Stoffkreislauf 56*f., 105*
 Stoffwechsel 50
 Streckungswachstum 20, 75
 Streckungszone 11*f.
 Sukzession 116*f.
 Symbiose 54, 106*f.
- tagneutrale Pflanzen 81, 91
 Tierfamilien 113
 Tierstaaten 113
 Trockenlufttiere 97
 Tüpfel 5*, 23
- Vegetationsprofil 85*f.
 Verbreitung, Samen 67 f., 110
 Verdunstung 32
- Wachstum 26 f., 75*f.
 Wachstumskegel 19*f.
 Wasser-kultur 43*
 —-pflanzen 97
 —-transport 16
 Wiesenarten 89
 Wirkungsträger 101*
 Wirtsgemeinschaften 111 f.
 Wirtspflanze 54 f.
 Wuchsstoffe 78 f.
 Wurzel 8, 10 f., 17*f., 97
 Wurzel-druck 16, 32
 —-haare 12*f., 15 f., 42
 —-schichten 108*
 —-stock 39*f.
 —-system 9*f., 39, 108
 —-typen 96
- Zell-kern 5 f.
 —-plasma 5 f., 15, 35
 —-teilung 6 f., 11, 20, 50
 —-wand 5*f., 15, 21, 35
 Zellulose 48
 Zonierungsschema 84*
 Zuwachsgroßen 88*
 Zwiebel 40*
 Zwischenknotenstücke 18*, 37
 Zwischenzellräume 21*



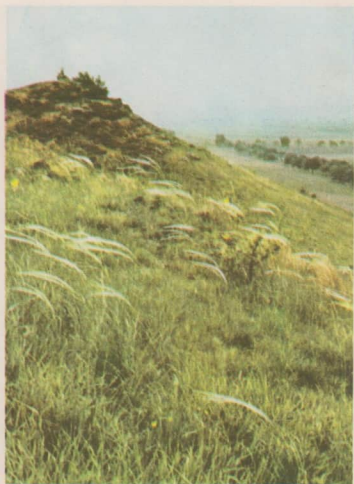
Tafel 1 Bau einer Pflanzenzelle. Oben: durchschnitten Zelle (Querschnitt); unten: Schnittfläche (Aufsicht).
(Die angrenzenden Zellen wurden weggelassen.)



Tafel 2 Vergleich zwischen dem Aufbau einer Wurzel (links), des Stängels zweikeimblättriger Pflanzen (Mitte) und eines Getreidehalms (rechts)

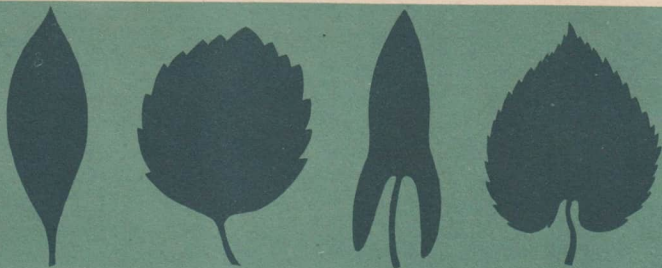


Tafel 3 Verlandungsgesellschaften. Oben: links verlandendes Gewässer (toter Flußarm), rechts Erlenbruchwald;
unten: links Kohl-Kratzdistel-Wiese, rechts Hochmoor



Tafel 4 Oben: Buchenwald (links Sommeraspekt, rechts Bodenschicht im Frühjahrsaspekt);
unten: links Unkrautgesellschaft am Ackerrand, rechts Trockenrasen

BLATTFORMEN



BLATTRÄNDER



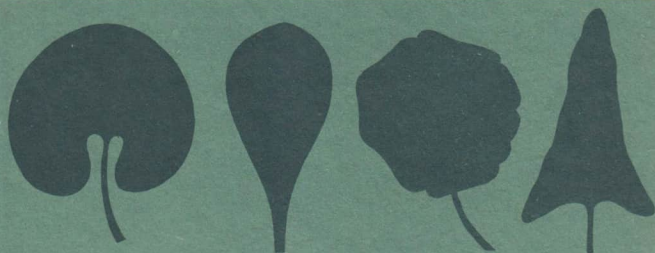
ZUSAMMENGESetzte BLÄTTER



ZUSAMMENGESETZTE BLÄTTER



BLATTFORMEN



BLATTRÄNDER



