



DIE PFLANZE



Die Pflanze

EIN LEHRHEFT FÜR DEN BIOLOGIEUNTERRICHT

MIT 94 ABBILDUNGEN IM TEXT



VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1960

Dieses Lehrheft wurde von Hellmuth Reichenbach unter besonderer
Mitarbeit von Lehrern und Genossenschaftsbauern in Gräfentonna
verfaßt. An der Bearbeitung wirkten weitere erfahrene Lehrer, Wissen-
schaftler und Genossenschaftsbauern, besonders aus dem Kreis Bad
Langensalza, mit.

Umschlag: Günther Klaus
Ausstattung: Atelier Volk und Wissen Berlin
ES · 11 H · Bestell-Nummer 01 923-2 · —,90 DM
Lizenz-Nr. 203 · 1000/60 (DN)
Satz: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)
Druck: Neues Deutschland, Berlin (140)

Inhaltsverzeichnis

Der äußere Bau der Pflanze	5
Die Keimpflanze	5
Die Wurzel	6
Der Sproß	8
Der innere Bau der Pflanze	14
Zellen und Gewebe	14
Der innere Bau der Organe	22
Die Lebensvorgänge der Pflanze	32
Der Stoffwechsel	32
Wachstum und Entwicklung	55
Die Bewegungen der Pflanzen	65
Die Fortpflanzung	70
Anhang	83
Übersicht über das Reich der Pflanzen	83
Der Generationswechsel	87
Familien der Bedecktsamer mit wichtigen Kultur- pflanzen	91

ABBILDUNGSNACHWEIS

Fotos

Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. 59); aus Molisch/Höfler, „Anatomie der Pflanze“ (Abb. 38, 39).

Zeichnungen

Franz Frank-Renée, Berlin (Abb. 11); Linde Fukarek, Greifswald (Abb. 6 bis 8); Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. 9, 14 oben, 15, 16, 17 links, 22 bis 26, 32, 33, 40, 42 bis 44, 47 bis 52, 53 bis 58, 60 bis 67, 71, 73 bis 75, 77, 92 bis 94); Martin Krauß, Potsdam (Abb. 5, 12, 13, 20, 21, 27, 29, 34, 36, 41, 45, 46, 53, 72, 76, 78 bis 85, 88 oben); Elena Panzig, Greifswald (Abb. 1 bis 4, 10, 14 unten, 17 rechts, 18, 19, 28, 30, 31, 33, 37, 49, 54, 68 bis 70, 86, 87, 88 unten, 89 bis 91).

Der äußere Bau der Pflanze

Die Keimpflanze

Aufgabe

Säe Samen verschiedener Gemüsepflanzen (Gemüse-Kohl, Tomate, Kürbis, Küchenzwiebel, Erbse, Bohne u. a.) in Töpfe oder in ein Gartenbeet! Untersuch nach dem Aufgehen die jungen Pflanzen!

An der jungen Keimpflanze erkennen wir die Keimwurzel, den Keimstamm, die Keimblätter und die Keimknospe (Abb. 1).

Die **Keimwurzel** wächst senkrecht nach unten in die Erde. Sie ist von einem Filz feiner Härchen besetzt. Aus ihr geht später die Hauptwurzel der Pflanze hervor.

Der **Keimstamm** steht aufrecht. Er endet mit der Ansatzstelle der Keimblätter (oder des Keimblattes).

Die **Keimblätter** sind die ersten Blätter der Pflanze. Von den folgenden Blättern unterscheiden sie sich in der Regel durch einfachere Gestalt. Wir unterscheiden Keimpflanzen mit einem Keimblatt (Einkeimblättrige, z. B. Küchenzwiebel) und Keimpflanzen mit zwei Keimblättern (Zweikeimblättrige, z. B. Gemüse-Kohl, Kürbis, Tomate). Bei den Nadelbäumen (Nacktsamer) ist die Zahl der Keimblätter oft größer. Die beiden Keimblätter der Zweikeimblättrigen sind stets gegenständig.

Die **Keimknospe** sitzt dem Keimstamm auf. Bei den Zweikeimblättrigen steht sie daher über der Ansatzstelle der beiden Keimblätter. An ihr sind mitunter (z. B. bei der Garten-Bohne) die ersten Laubblätter, meist aber nur als unscheinbare Höcker zu erkennen. Die Höcker bilden sich später zu Blättern aus. Aus der Keimknospe geht der Sproß hervor.

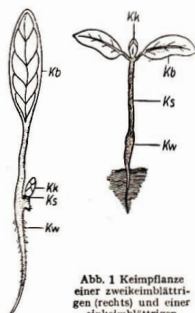


Abb. 1 Keimpflanze einer zweikeimblättrigen (rechts) und einer einkeimblättrigen Pflanze (links)

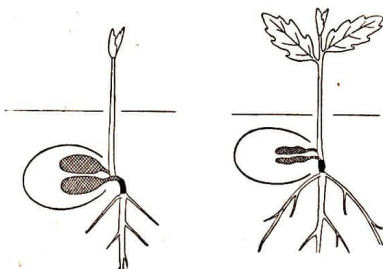
Kb Keimblatt, Kk Keimknospe, Ks Keimstamm, Kw Keimwurzel

Aufgabe

Säe nebeneinander Garten-Bohnen und Feuer-Bohnen aus! Untersuch die Keimpflanzen beider Arten!

Bei den Keimpflanzen der Garten-Bohne werden die dicken Keimblätter über die Erdoberfläche gehoben, während sie bei der Feuer-Bohne in der Erde ver-

bleiben. Der Keimstamm der Garten-Bohne ist also gut entwickelt, der der Feuer-Bohne dagegen bleibt sehr kurz. Das erste Stengelstück, das sich bei der Feuer-Bohne über der Erde zeigt, entspricht schon dem ersten Glied der ausgebildeten Sproßachse. Bei der Garten-Bohne sprechen wir von oberirdischer, bei der Feuer-Bohne von unterirdischer Keimung (Abb. 2).



Aufgabe

Untersuch Keimpflanzen verschiedener Gemüsepflanzen! Keimen ihre Samen oberirdisch oder unterirdisch? Stell die Ergebnisse der Untersuchung in einer Tabelle zusammen!

Abb. 2 Unterirdische Keimung (oben) und oberirdische Keimung (unten). Keimstamm schwarz, Keimblätter doppelt schraffiert

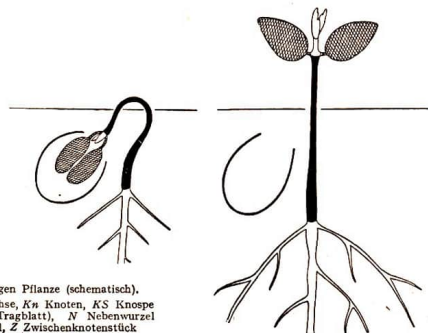
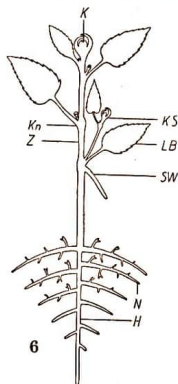


Abb. 3 Die Teile einer zweikeimblättrigen Pflanze (schematisch). H Hauptwurzel, K Knospe der Hauptachse, Kn Knoten, KS Knospe einer Seitenachse, LB Laubblatt (Tragblatt), N Nebenwurzel (Seitenwurzel), SW sproßbürtige Wurzel, Z Zwischenknotenstück



Die Wurzel

Die Wurzeln aller Pflanzen sind ungegliedert und blattlos. Sie bilden das Wurzelsystem, das die Pflanze im Boden verankert und ihr Wasser sowie Bodennährstoffe zuführt. Wir unterscheiden verschiedene Wurzelarten (Abb. 3).

Die **Hauptwurzel** schließt sich der Sproßachse unmittelbar an; sie setzt die Sproßachse gewissermaßen nach unten hin fort. Bei manchen Pflanzen ist sie als kräftige Pfahlwurzel ausgebildet (z. B. Kuhlblume). Sie geht aus der Keimwurzel hervor. Den ausgebildeten Pflanzen fast aller Arten der Einkeimblättrigen (z. B. Roggen) fehlt die Hauptwurzel, da bei ihnen die Keimwurzel bald nach der Keimung abstirbt.

Nebenwurzeln oder **Seitenwurzeln** sind alle Wurzeln, die an der Hauptwurzel entspringen, sowie deren Verzweigungen. Es gibt sie also nur bei Pflanzen, die eine Hauptwurzel aufweisen. Sie stehen an der Hauptwurzel in Längsreihen (vgl. die Zuckerrübe).

Als **sproßbürtige Wurzeln** bezeichnet man alle Wurzeln, die von der Sproßachse ausgehen. Zu ihnen gehören zum Beispiel alle Wurzeln von Stecklingen, die Wurzeln, die sich an den Trieben der Kartoffelknollen bilden, sowie in der Regel alle Wurzeln der Einkeimblättrigen (z. B. die Wurzeln der Küchenzwiebel und des Roggens). Auch alle Wurzeln der Farnpflanzen sind sproßbürtig.

Das Wurzelsystem der einzelnen Pflanzenarten reicht verschieden tief in den Boden: Man unterscheidet **Flachwurzler** und **Tiefwurzler**. Zu den **Flachwurzlern** zählen alle Getreidearten und die Futtergräser, deren Wurzeln im wesentlichen in der Ackerkrume liegen. Die **Tiefwurzler** durchwurzeln den Boden bis in größere Tiefen; bei manchen von ihnen, zum Beispiel bei der Blauen Luzerne, dem Rot-Klee und den Lupinen, dringen die Wurzeln bis zur Tiefe von mehr als zwei Metern vor. Die Tiefwurzler sind für die Landwirtschaft von großer Bedeutung, da sie Nährstoffe aus Bodenschichten gewinnen, die anderen Pflanzen nicht erreichbar sind. Außerdem hinterlassen sie nach ihrem Absterben Kanäle im Boden (Wurzelkanäle), in denen Luft in den Boden eindringt und das Grundwasser zu den höheren Bodenschichten aufsteigt.

Aufgabe

Untersuch das Wurzelgeflecht verschiedener Kulturpflanzen (z. B. Gemüse-Kohl, Garten-Rettich, Küchenzwiebel)! Stell fest, welche Wurzelarten vorhanden sind!

Wie bei anderen Organen, so gibt es auch bei den Wurzeln einzelner Pflanzenarten **Umbildungen**, sogenannte **Metamorphosen**. Die bekannteste Wurzelmetamorphose ist die **Speicherwurzel**, die bei zahlreichen zweijährigen Pflanzen, sehr deutlich zum Beispiel bei Zuckerrübe, Garten-Möhre und Garten-Rettich, am Ende des ersten Jahres als **Rübenkörper** auftritt. Bei diesen Pflanzen ist die Hauptwurzel mächtig angeschwollen und mit Wasser und Nährstoffen gefüllt. Die Nährstoffe werden im zweiten Jahr zur Bildung des blühenden und fruchtenden Stengels verbraucht.

Bei genauer Untersuchung stellt sich heraus, daß der Rübenkörper nicht allein aus der Hauptwurzel hervorgeht. Sein oberer, von Seitenwurzeln freier Teil, der **Rübenhals**, entsteht vielmehr

Abb. 4 Entstehung des Rübenkörpers aus Wurzel (weiß), Keimstamm (schraffiert) und Sproßgrund (schwarz). Rübenkörper (von links nach rechts) bei Zuckerrübe, Rettich, Sellerie. Rechts daneben die entsprechenden Teile bei einer normal ausgebildeten Pflanze



aus dem Keimstamm, also aus dem untersten Teil der Sproßachse (Abb. 1). Bei manchen Pflanzen, zum Beispiel bei der Kohlrübe und beim Küchen-Sellerie, ist außer dem Keimstamm auch der die Blätter tragende Sproßgrund in die Verdickung einbezogen (s. Tabelle u. Abb. 4). Er bildet den **Rübenkopf**.

Zweijährige Kulturpflanzen mit Rübenkörper

Kulturpflanze	Gattung	Familie	Rübenkörper
Zuckerrübe	Rübe	Gänsefußgewächse	vornehmlich Hauptwurzel
Runkelrübe	Rübe	Gänsefußgewächse	vornehmlich Keimstamm
Garten-Rettich	Rettich	Kreuzblütengewächse	Keimstamm u. Hauptwurzel
Kohlrübe	Kohl	Kreuzblütengewächse	Sproßgrund, Keimstamm u. Hauptwurzel
Garten-Möhre	Möhre	Doldengewächse	vornehmlich Hauptwurzel
Küchen-Sellerie	Sellerie	Doldengewächse	Sproßgrund, Keimstamm u. Hauptwurzel

Aufgabe

Untersuch Rübenkörper verschiedener Pflanzen! Stell ihre Abschnitte (Rübenkopf, Rübenhals und Hauptwurzel) nach der Beblätterung und dem Auftreten von Seitenwurzeln fest!

Der Sproß

Als Sproß bezeichnet man den beblätterten Teil der Pflanze. Wir unterscheiden an ihm: Sproßachse mit Seitensproßachsen, Blätter, Blüten und Früchte. Der Sproß geht aus der Keimknospe der jungen Keimpflanze hervor. Er hat mehrere Funktionen: die Aufnahme und die Abgabe gasförmiger Stoffe, die Verarbeitung von Kohlendioxyd und Wasser zu Zucker und Stärke und die Ausbildung von Samen zur Fortpflanzung und Verbreitung der Pflanzen.

Die Knospe

Die Knospen sind noch nicht voll entwickelte Teile des Sprosses. Sie bestehen aus einem zarten Zapfen, dem **Vegetationskegel**, der sich später zur Sproßachse verlängert, und mehreren ihm ansitzenden **Blattanlagen** (Abb. 27). Bei Holzgewächsen (z. B. beim Apfelbaum) werden sie von einfachen, derben Blättern umhüllt. Man bezeichnet diese einfachen Blätter als **Knospenschuppeh**. Sie schützen die zarten Teile der Knospen vor ungünstigen Witterungseinflüssen (Winter).

Die Knospen der meisten Pflanzen sind kleine Gebilde. Bei manchen Formen des Gemüse-Kohls erreichen sie jedoch eine ungewöhnliche Größe. Die Köpfe von Weißkohl und Wirsingkohl und die „Rosen“ des Rosenkohls sind große Knospen.

Die Sproßachse

Die Sproßachsen sind meist gestreckt; sie bringen in der Regel die Blätter, Blüten und Früchte in günstige Stellungen zum Licht und zur Luft. Man unterscheidet krautige und verholzte Sproßachsen. Die krautigen bezeichnet man als **Stengel**, die verholzten je nach ihrer Lage und Stärke als **Stämme**, **Äste** oder **Zweige**.

Die Sproßachsen setzen sich aus aufeinanderfolgenden Gliedern zusammen, die durch die Ansatzstellen der Blätter, die **Knoten**, begrenzt werden. Die von Knoten zu Knoten reichenden Glieder (Zwischenknotenstücke) weisen bei den einzelnen Pflanzenarten oft eine unterschiedliche Länge auf. Beim Roggen, bei dem die Blätter weit voneinander entfernt stehen, sind sie lang, bei Kohlrabi, Zuckerrübe, Garten-Rettich, Garten-Möhre und Küchen-Sellerie sehr kurz. Auch an derselben Pflanze sind die Sproßachsenglieder oft verschieden lang. An den Langtrieben des Apfelbaums finden wir gestreckte, an den Kurztrieben dagegen sehr verkürzte Glieder. Sproßachsen oder Sproßachsenteile mit stark verkürzten Gliedern bezeichnet man als **gestaucht**. Eine gestauchte Sproßachse besitzt die Küchenzwiebel: es ist der sogenannte Zwiebelkuchen am Grunde der Zwiebel, dem die Zwiebelchuppen (Blätter) ansitzen.

Die Sproßachsen sind häufig verzweigt. Die Seitenzweige oder ihre Knospen entspringen den Knoten und stehen jeweils dicht über einem Blatt, das man als **Tragblatt** bezeichnet (Abb. 3). Nur selten, zum Beispiel bei Kartoffel und Tomate, sind die Ansatzstellen des Zweiges und des Tragblattes voneinander entfernt.

Ebenso wie bei der Wurzel treten bei der Sproßachse Umbildungen auf. Zu ihnen zählen Ausläufer, Sproßknollen, Rhizome (Grundachsen, Wurzelstöcke), Sproßdornen und Sproßranken. Obgleich sie oft eine stark veränderte Gestalt besitzen, erkennt man doch an der Gliederung, an der Stellung zum Tragblatt oder an den vorhandenen Blättern, daß sie den Sproßachsen zuzusprechen sind (s. Tabelle).

Umbildungen der Sproßachse

Umbildung	Beschaffenheit	Sproßachsenmerkmale	Bedeutung für die Pflanzen	Beispiele
Oberirdischer Ausläufer	dem Boden aufliegende gestreckte, dünne Sproßachse	Gliederung, an Knoten Seitenknospen oder Seitenzweige, Endknospen	Vermehrung u. Ausbreitung	Erdbeere, Märzveilchen
Unterirdischer Ausläufer	den Boden durchziehende Sproßachse mit gestreckten Gliedern	Gliederung, an Knoten Seitenzweige, Endknospen	Verbreitung, Überwinterung	Quecke, Acker-Schachtelhalm

Umbildungen der Sproßachse (Fortsetzung)

Umbildung	Beschaffenheit	Sproßachsen-merkmale	Bedeutung für die Pflanzen	Beispiele
Rhizom (Grundachse, Wurzelstock)	in gesamter Ausdehnung verdickte unterirdische Sproßachse, Glieder nicht auffällig verlängert	Gliederung, Beblätterung, Endknospen	Stoffspeicherung, Überwinterung	Schwertlilie
Oberirdische Sproßknolle	verdickter, gestauchter Teil einer Sproßachse	Beblätterung	Stoffspeicherung	Kohlrabi, Radieschen, Rote Rübe
Unterirdische Sproßknolle	verdickter Teil einer unterirdischen Sproßachse	Knospen, schuppenförmige Blätter	Stoffspeicherung, Überwinterung	Kartoffel, Gladiole, Topinambur
Sproßdorn	scharf zugespitzte verholzte Sproßachse	Stellung: junger Dorn über Tragblatt (Abb. 10)	keine Bedeutung nachweisbar	Wilder Apfelbaum, Wilder Birnbaum, Schlehe, Weißdorn
Sproßranke	fadenförmige, sich an Stützen anklammernde Sproßachse	Stellung an der Pflanze	Hilfsmittel zum Klettern wenig fester Sproßachsen	Weinrebe

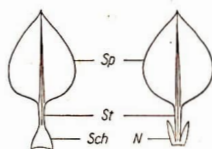


Abb. 5 Die Teile des Blattes
N Nebenblätter, Sch Blattscheide,
Sp Blattspitze, St Blattstiel

Das Blatt

Am Blatt unterscheidet man: Blattspitze, Blattstiel und Blattgrund. Der Blattgrund ist mitunter als Blattscheide ausgebildet. Aus ihm gehen auch bei vielen Arten die Nebenblätter hervor (s. Tabelle und Abb. 5). Nicht immer sind alle genannten Teile am Blatt vorhanden.

Aufgabe

Untersuch Blätter verschiedener Pflanzen (z. B. von Apfelbaum, Möhre, Roggen)!
Stell die in der Tabelle aufgeführten Blatteile fest!

Bestandteile des Blattes

Blatteil	Merkmale
Blattspreite	flach ausgebreiteter Teil des Blattes
Blattstiel	stielförmiger Träger des Blattes (bei sitzenden Blättern nicht vorhanden)
Blattgrund	Ansatzstelle des Blattstiels an der Sproßachse
Blattscheide	verbreiteter unterster Teil des Blattstiels (bei Doldengewächsen u. Liliengewächsen deutlich ausgebildet, bei Süßgräsern [Roggen] den Halm umfassend)
Nebenblätter	zwei blattartige Bildungen am Grund des Blattstiels (bei der Erbse groß, ohrförmig)



Abb. 6 Stellung der Blätter an der Sproßachse. Von links nach rechts: gegenständig, wechselständig, quirlständig

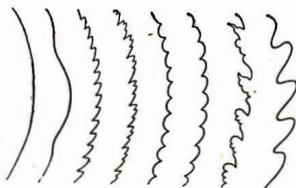


Abb. 7 Ausbildung des Blattrandes. Von links nach rechts: ganzrandig, geschweift, gesägt, doppelt gesägt, gezähnt, gekerbt, schrotsägeförmig, buchtig



Abb. 8 Verlauf der Blattnerven
Links: streifennerviges Blatt,
rechts: netznerviges Blatt

Die Blätter der einzelnen Pflanzen unterscheiden sich durch ihre Stellung an der Sproßachse (gegenständig, wechselständig, grundständig, quirlständig; Abb. 6), durch ihre Form (eiförmig, herzförmig, lanzettlich), durch ihre Gliederung (einfach; zusammengesetzt: gefingert, gefiedert), durch die Beschaffenheit ihres Blattrandes (ganzrandig, geschweift, gesägt, gezähnt, gekerbt, buchtig; Abb. 7) und durch die Anordnung der Blattnerven (netznervig, streifennervig; Abb. 8).

Die grünen Blätter mit flacher Blattspreite bezeichnet man als Laubblätter. Es sind die Organe, durch die die Pflanze gasförmige Stoffe aus der Luft aufnimmt und an die Luft abgibt und in denen Kohlendioxyd und Wasser zu Zucker und Stärke verarbeitet werden.

Auch bei den Blättern gibt es abgewandelte Formen sowie Umbildungen (s. Tabelle).

Formen und Umbildungen der Blätter

		Merkmale	Beispiele
Blattformen	Laubblätter	mit grüner, ausgebreiteter Blattspreite	fast alle Samenpflanzen
	Niederblätter	schuppenförmige Blätter ohne Blattgrün (z. B. Schuppen an unterirdischen Sproßachsen; Knospenschuppen)	Kartoffel: Schuppen an den Augen der Knollen; Apfelbaum: Knospenschuppen
	Hochblätter	abgeänderte Blätter im Bereich der Blüten u. Blütenstände	Sonnenblume: Hüllblätter am Korb; Möhre: Hüllblätter am Grunde der Dolde; Zimmercalla: weiße Blütenscheide am Grund des gelben Blütenkolbens
Umbildungen	Blattdornen	Dornen, die unter einem Seitenzweig stehen u. dessen umgebildetes Tragblatt darstellen; Dornenpaar, das die Nebenblätter vertritt	Berberitze: alle Blätter der Langtriebe als meist dreiteilige Dornen ausgebildet; Robinie: Nebenblätter zu Dornen umgebildet
	Blattranken	zu Ranken umgebildete Blätter oder Blatteile	Erbse: vordere Blättchen des Blattes als Ranke ausgebildet

Als **Speicherblätter** bezeichnet man Blätter, die Wasser und Nährstoffe in sich aufnehmen. Bei der Fetthenne (Mauerpfeffer) und der Hauswurz sind die Laubblätter fleischig und saftreich. Bei der Weißen Lilie sind schuppenförmige Niederblätter zu Speicherorganen geworden, sie bilden die Zwiebel. Bei der Küchenzwiebel und beim Porree besteht die Zwiebel aus den untersten Teilen der Blätter (Blattscheiden), die Wasser und Nährstoffe enthalten (Abb. 9).

Die Blattdornen werden leicht mit Sproßdornen und mit Stacheln verwechselt:

Die **Blattdornen** stehen dicht unter einem Seitenzweig an einem Knoten der Sproßachse und entsprechen dem Tragblatt des Zweiges.

Die **Sproßdornen** stehen über einem Tragblatt (nach Abfallen des Blattes über dessen Blattnarbe) und entwickeln zuweilen selbst Knospen und Blätter.

Die **Stacheln** sind nicht an die Knoten der Sproßachse gebunden. Sie stehen ebenso an Stengelgliedern wie an Blattstielen und Blattrippen (vgl. Rose und Brombeere). Sie sind keine umgebildeten Organe der Pflanze, sondern Vorstülpungen der Oberhaut (Abb. 10).

Der Aufbau der Blüten wird zusammen mit ihrer Funktion im Kapitel „Die Fortpflanzung“ (s. S. 70ff.) behandelt.

Wir stellen abschließend fest:

1. Die Pflanzen (auch Sproßpflanzen genannt), zu denen Moospflanzen, Farnpflanzen und Samenpflanzen gehören, bestehen in der Regel aus Wurzeln, Sproßachsen und Blättern. Sie sind weit komplizierter aufgebaut als die Kernlosen (Bakterien und Blaualgen) und die Protisten (Algen, Rotäuglein, Pilze und Urtierchen), die einzellig sind beziehungsweise aus Zellfäden oder Zellflächen ein meist einfaches Lager (einen Thallus) bilden.
2. Wurzeln, Sproßachsen und Blätter sind bei den einzelnen Pflanzengruppen unterschiedlich ausgebildet, weisen aber im allgemeinen einen einheitlichen, eigentümlichen Bau auf und nehmen bestimmte Stellungen zueinander ein. Abweichungen von der normalen Gestalt bezeichnen wir als Umbildungen oder Metamorphosen.
3. Die besonderen Formen mancher Organe, vor allem die Metamorphosen, stehen oft deutlich mit den Lebensverhältnissen der Pflanzen in Beziehung (wasserspeichernde Blätter bei Pflanzen trockener Gebiete, Speicherwurzeln bei überwinternden Pflanzen gemäßigter Gebiete u. a.). Diese Umbildungen sind in großen Zeiträumen, im Verlauf vieler Generationen durch Umbildung der ursprünglich normal gebauten Organe der Pflanzen unter dem Einfluß der Umweltverhältnisse entstanden.

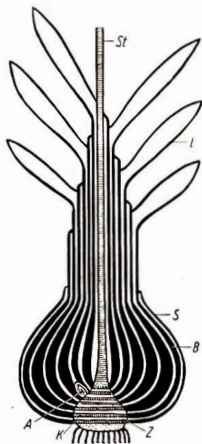


Abb. 9 Längsschnitt durch eine Küchenzwiebel

A Anlage einer jungen Zwiebel, B nährstoffspeichernde, fleischige Blattscheiden (Schuppen), K Knoten, L Laubblatt, S Schale, St Stengel, Z Zwischenknotenstück



Abb. 10

Sproßdorn (links), Blattdorn (Mitte), Stacheln (rechts)

Der innere Bau der Pflanze

Zellen und Gewebe

Alle Pflanzenteile bestehen aus Zellen.

In jeder Pflanzenzelle finden wir zähes, häufig etwas körnig erscheinendes Zellplasma, den Zellkern von meist kugelig oder linsenförmiger Gestalt und die Zellwand, die die Zelle umhüllt. Im allgemeinen enthalten die Zellen noch andere Bestandteile, so Safräume, Farbstoffkörper (Chlorophyllkörner) und Stärkekörner (Abb. 11).

In jeder Pflanze treten verschiedene Zellen auf, die sich in Form, Größe und Inhalt unterscheiden. Gruppen von gleichartigen Zellen, die dieselbe Funktion ausüben, bezeichnet man als Gewebe.

Das Bildungsgewebe

An einem frisch hergestellten Schnitt durch ein Organ einer jungen Keimpflanze erscheinen alle Zellen quadratisch. In Wirklichkeit sind sie würfelförmig. Ihr Innenraum wird völlig vom Zellplasma und vom Zellkern ausgefüllt. Die sonst bei Pflanzenzellen meist auftretenden Safräume (Vakuolen) und die in vielen Zellen vorkommenden Farbstoffkörper sind nicht vorhanden. Im allgemeinen sind die Zellen gleich groß, doch treten paarweise auch kleinere Zellen auf. Wir erkennen, daß sie durch Teilung aus einer Mutterzelle hervorgegangen sind (Abb. 12).

Gewebe mit gleichförmigen, von Plasma völlig ausgefüllten Zellen bezeichnet man als **Bildungsgewebe** oder als Teilungsgewebe. Die häufigen Zellteilungen, die in ihnen stattfinden, führen zu einem Wachstum der Pflanzen, das man als **Zellvermehrungs-Wachstum** bezeichnet.

Aus Bildungsgewebe setzen sich alle Organe der jungen Keimpflanzen zusammen. Wir finden es auch an bestimmten Stellen ausgebildeter Pflanzen, zum Beispiel an den in der Knospe verborgenen Spitzen der Sproßachse, am äußersten Ende jeder Wurzel sowie an den weichen Stellen über den Knoten wachsender Grashalme.

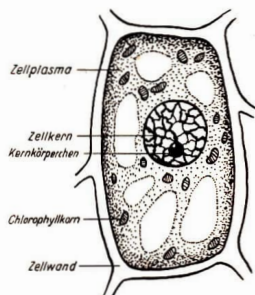


Abb. 11 Bau einer Pflanzenzelle

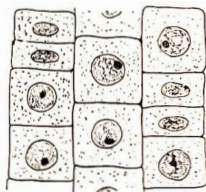
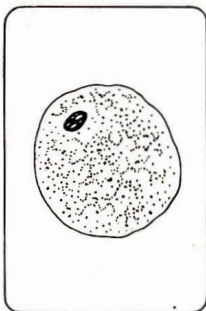


Abb. 12 Zellen aus der Wurzelspitze eines Erbsenkeimlings

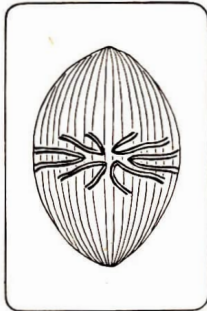
Die Zellteilung. Gefärbte Schnitte von Bildungsgewebe zeigen uns die verschiedenen Stufen des Teilungsvorganges (Abb. 13).



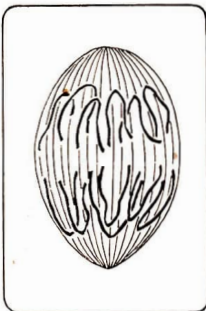
a) Im Kern ist das Kernkörperchen deutlich zu sehen. Außerdem enthält der Kern viele Körnchen, die durch eine besondere Färbung gut sichtbar gemacht werden können. Die Wand des Zellkerns ist deutlich ausgebildet.



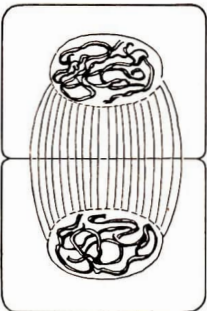
b) Das Kernkörperchen ist nicht mehr sichtbar. Die färbbaren Körnchen haben sich zu gestreckten Kernschleifen, den Chromosomen, zusammengelagert. Die Chromosomen sind längs gespalten. Die Wand des Zellkerns löst sich auf.



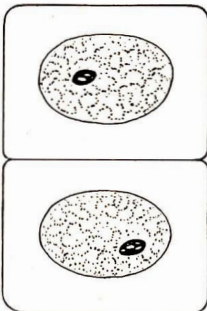
c) Die Chromosomen sind zu einer Mittelebene gewandert. Die Wand des Zellkerns ist vollständig aufgelöst. Im Innern der Zelle sind Plasmafäden entstanden, die in zwei Polen zusammenlaufen.



d) Je eine der Spalthälften eines jeden Chromosoms wandert zum oberen Pol; die andere Spalthälfte des Chromosoms wandert zum unteren Pol.



e) An den Polen bilden sich neue Zellkerne. Die Chromosomen beginnen sich zu strecken und sich aufzulösen. Um die Zellkerne bilden sich wieder Kernwände aus. Das Plasma der Zelle beginnt sich quer zu teilen.



f) Aus der einen Zelle sind zwei Tochterzellen entstanden. Die Kerne sind wieder von einer Wand umgeben. Die Chromosomen sind in färbbare Körnchen aufgelöst; das Kernkörperchen ist deutlich sichtbar.

Abb. 13 Zellteilung

Der Zellteilungsvorgang dauert im allgemeinen ein bis zwei Stunden. Auffällig an ihm ist die genaue Verteilung der Kernschleifenhälften auf die beiden neuen Zellkerne.

Die Dauergewebe

Die Dauergewebe gehen aus dem Bildungsgewebe hervor. Ihre Entstehung sehen wir an einem Längsschnitt durch die Wurzelspitze einer älteren Keimpflanze (z. B. der Erbse oder des Weizens; s. Abb. 12).

Am Ende der Wurzelspitze erkennen wir Bildungsgewebe aus kleinen gleichförmigen Zellen. Ohne deutliche Grenze geht es in ein Gewebe mit vergrößerten Zellen über, deren Länge um so mehr zunimmt, je weiter sie von der Wurzelspitze entfernt liegen. Die vergrößerten Zellen sind aus Bildungsgewebezellen hervorgegangen. Den Vorgang der Vergrößerung bezeichnen wir als Streckung. Sie ruft ein Wachstum der Pflanzenteile hervor, das man **Streckungswachstum** nennt.

Wir beobachten weiter, daß die gestreckten Zellen unterschiedliche Formen aufweisen; sie sind um so stärker unterschieden, je weiter sie von der Wurzelspitze

entfernt sind. Wir sehen kleinere Zellen neben größeren, rundliche neben länglichen, dünnwandige neben dickwandigen. Den Vorgang der unterschiedlichen Ausbildung bezeichnen wir als **Differenzierung** (Abb. 14).

Durch die Differenzierung entstehen aus einheitlichen Bildungszellen die unterschiedlichen Zellen der verschiedenen Gewebe. Die Zellen der verschiedenen Gewebe unterscheiden sich nicht nur in der Form, sondern auch in der Funktion.

Zu den Dauergeweben zählen vor allem Oberhautgewebe, Leitgewebe, Grundgewebe und Festigungsgewebe.

Das Oberhautgewebe. Die Oberhaut (Epidermis) schließt den Pflanzenkörper nach außen hin ab, verbindet ihn aber zugleich mit der Umwelt. Sie besteht aus

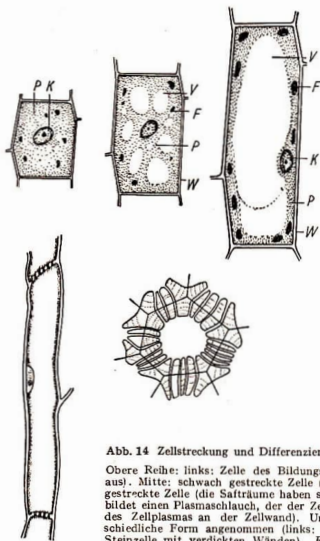


Abb. 14 Zellstreckung und Differenzierung

Obere Reihe: links: Zelle des Bildungsgewebes (Zellplasma und Zellkern füllen das Innere völlig aus). Mitte: schwach gestreckte Zelle (im Zellplasma treten mehrere Saft Räume auf). Rechts: Stark gestreckte Zelle (die Saft Räume haben sich zu einem einheitlichen Saft Raum vereinigt. Das Zellplasma bildet einen Plasmaschlauch, der der Zellwand dicht und lückenlos anliegt. Der Kern liegt innerhalb des Zellplasmas an der Zellwand). Untere Reihe: Differenzierte Zellen: Die Zellen haben unterschiedliche Form angenommen (links: Siebzelle, die der Leitung von Flüssigkeiten dient; rechts: Steinzeile mit verdickten Wänden). F Farbstoffkörper, K Zellkern, P Plasma, V Zellsaft Raum (Vakuole), W Wand

einer einzelligen Schicht, deren Zellen häufig ineinander verzahnt sind (Abb. 15). An einem Querschnitt sehen wir, daß ihre nach außen gerichtete Wand in der Regel etwas verstärkt ist. Sie wird von einem aus fettartigen Stoffen bestehenden Häutchen, der **Kutikula**, überzogen (Abb. 16). Die Kutikula ist für Wasser fast undurchlässig, sie verhindert den Wasserverlust der Oberhautzellen.

Zuweilen ist in die Kutikula Wachs eingelagert. Es tritt an der Oberfläche mancher Pflanzenteile in Form von Kügelchen oder Streifen aus. Der abwischbare Reif auf Kohlblättern, auf den Blättern des Rapses, auf Pflaumen und vielen Äpfeln besteht aus solchem Wachs. Beim Begießen von Kohlpflanzen können wir feststellen, daß das Wasser von den mit Wachs überzogenen Blättern in Tropfen abrollt. Wachsüberzüge verhindern das Festsetzen von Wasser.

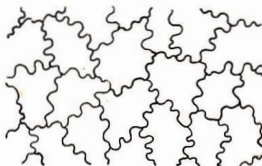


Abb. 15 Zellen der Oberhaut von einem Blatt des Busch-Windröschens



Abb. 16 Längsschnitt durch Oberhaut und Kutikula vom Blatt einer Feder-Nelke
K Kutikula, O Oberhautzellen, W verdickte Außenwand

Aufgaben

1. Zieh ein Stück Oberhaut der Blattoberseite eines Laubblattes ab (z. B. von Flieder, Schwertlilie)! Untersuche es mit dem Mikroskop!
2. Zieh ein Stück Oberhaut der Blattunterseite eines Laubblattes ab (z. B. von Tradescantia)! Untersuche es mit dem Mikroskop!
3. Betrachte mit dem Mikroskop einen Blattquerschnitt (z. B. vom Fliederblatt)! Untersuche die beiden Oberhautschichten!

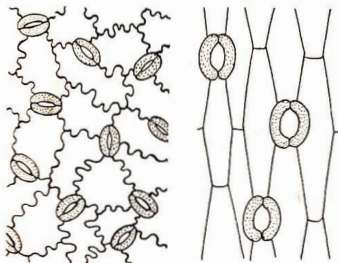


Abb. 17 Verschiedene Typen von Oberhautzellen mit Spaltöffnungen

In die gleichförmige Schicht der Oberhautzellen sind an manchen Stellen, hauptsächlich auf der Unterseite der Blätter, auffällige Zellpaare eingelagert, zwischen denen ein Spalt frei bleibt. Man bezeichnet sie als **Schließzellen**. Bei den meisten Pflanzen sind sie von bohnenförmiger Gestalt (Abb. 17). Im Gegensatz zu den anderen, meist farblosen Oberhautzellen enthalten sie Farbstoffkörper. Die beiden Schließzellen mit dem Spalt bezeichnet man als **Spaltöffnung**.

Die Spaltöffnungen ermöglichen den Gasaustausch zwischen Pflanze und Außenluft: Aufnahme und Abgabe des Sauerstoffs sowie des Kohlendioxyds und Abgabe von Wasserdampf.

Die Weite der Spaltöffnungen ist veränderlich: nachts sind sie im allgemeinen geschlossen, tagsüber geöffnet; an trockenen Tagen ist der Spalt weniger weit als an feuchten.

Die Spaltbreite wird von den Schließzellen verändert, deren gegen den Spalt gerichtete Wand sich vorschiebt oder zurückzieht. Die Bewegung der Wand wird durch den besonderen Bau der Zellen ermöglicht. Sie hängt davon ab, wie stark die Zellen mit Zellsaft gefüllt sind. Sind die Schließzellen prall gefüllt, so ist die

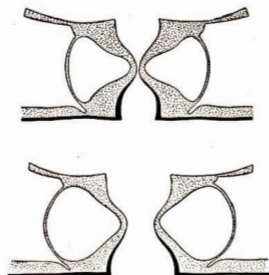


Abb. 18 Schematischer Längsschnitt durch eine Spaltöffnung; oben Spalt geschlossen, unten Spalt geöffnet

Wand zurückgezogen, sind sie dagegen schlaff, so ist sie nach außen vorgewölbt (Abb. 18). Die Füllung der Zellen ist von verschiedenen Umständen abhängig. Zu ihnen zählen neben anderem Licht, Temperatur und vor allem die Menge des den Schließzellen zur Verfügung stehenden Wassers. An trockenen, warmen Tagen, an denen es allen Zellen der Pflanze, damit auch den Schließzellen, an Wasser mangelt, sind die Spaltöffnungen daher stärker geschlossen als an feuchten und kühlen. Dadurch wird bei der Pflanze an trockenen Tagen die Abgabe des Wasserdampfes herabgesetzt, während sie an Tagen mit hoher Feuchtigkeit gefördert wird.

Bei den meisten Pflanzen treten wenigstens an einzelnen Organen **Haare** auf. Sie gehen

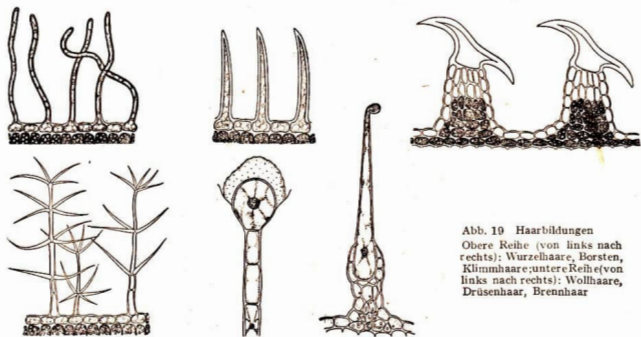


Abb. 19 Haarbildungen
Obere Reihe (von links nach rechts): Wurzelhaare, Borsten, Kletterhaare; untere Reihe (von links nach rechts): Wollhaare, Drüsenhaar, Brennhaar

aus Oberhautzellen hervor, die sich nach außen vorstülpen. Zuweilen bleiben die Haare einzellig, vielfach jedoch werden sie durch Zellteilung mehrzellig. Neben fadenförmigen Haaren treten auch sternförmige, plattenförmige oder noch anders geformte auf. Haarbildungen, deren Wände stark versteift sind, bezeichnet man als Borsten.

Manche Haare, zum Beispiel die der Kürbispflanze, enthalten lebendes Protoplasma, andere dagegen, wie die Wollhaare der Königskerze, enthalten Luft. Wir unterscheiden danach lebende und tote Haare.

Haarbildungen (Abb. 19)

Haarart	Beschaffenheit	Bedeutung	Vorkommen
Wurzelhaar	einzellig, weit vorgestülpt, lebend	Aufnahme von Wasser u. Nährstoffen aus dem Boden	an den Wurzelenden fast aller Pflanzen
Wollhaar	vielzellig, Hauptachse mit Seitenästen, tote Zellen	Verdunstungsschutz	Stengel u. Blätter der Königskerze
Klimmhaar	mehrzelliger Sockel, darauf derbwandige tote Zelle mit mehreren spitzen Enden	Anklammern des Stengels beim Winden	Hopfen
Brennhaar	mehrzelliger Sockel, darauf große lebende Zelle mit spröder Wand u. gifthaltigem Zellsaft	Schuttmittel gegen manche größeren Tiere (Der Schutz ist sehr unvollkommen!)	Brennnessel
Drüsenhaar	ein- oder mehrzelliges Haar, am Ende mit ausgeschiedenen Tropfen	Schuttmittel gegen Tiere, Ausscheiden von Stoffen, z. B. von Verdauungssäften bei fleischfressenden Pflanzen	manche Primel-Arten, viele Brombeeren, Sonnentau
Borste	derbwandiges Haar	meist Schuttmittel gegen Tiere (Der Schutz ist sehr unvollkommen!)	Vergißmeinnicht, Natternkopf

Das Leitgewebe. Die gesamte Pflanze wird von Bündeln feiner Röhren durchzogen. Wir erkennen sie an den Blättern als Nerven (Adern, Rippen). Man bezeichnet sie als Leitbündel oder als Gefäßbündel. Das Gewebe, zu dem sie gehören, nennen wir Leitgewebe. Im Gegensatz zu anderen Geweben besteht das Leitgewebe aus verschiedenartigen Zellen, die jedoch regelmäßig gemeinsam auftreten.



Abb. 20 Schematischer Querschnitt durch eine Sprossachse mit ringförmig angeordneten Leitbündeln
Kambium schwarz

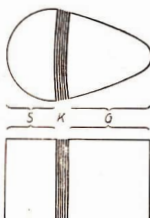


Abb. 21 Schematischer Längsschnitt (oben) und Querschnitt (unten) durch ein Leitbündel
G Gefäßteil, K Kambium, S Siebteil

Schnitte durch die Sprossachse einer krautigen zweikeimblättrigen Pflanze zeigen uns den Aufbau des Leitgewebes (Abb. 20 u. 21). Ein Leitbündel besteht aus zwei Teilen, die sich durch ihre Zellformen voneinander unterscheiden. Den nach außen gerichteten Teil nennt man den **Siebteil** oder den Bastteil, den nach innen gekehrten den **Gefäßteil** oder den Holzteil. Beide werden durch eine zarte Schicht teilungsfähiger Zellen, das **Kambium**, voneinander getrennt.

Als wichtige Zellgebilde treten im Siebteil Bastfasern und Siebröhren, im Gefäßteil dagegen Gefäße und Holzfasern auf (s. Tabelle).

Leitbündelteil	Bestandteile
Siebteil	Bastfasern (Abb. 22): meist leblose, lange, dickwandige Zellen mit zugespitzten Enden. Sie sind zäh und elastisch und verleihen den Pflanzenteilen Zug- und Biegefestigkeit.
	Siebröhren (Abb. 14): lange Rohre mit lebendem Inhalt (Protoplasma), Querwände mit zahlreichen Löchern (Siebplatten). In den Siebröhren wandern die in den Blättern entstandenen Nährstoffe (Zucker).
Kambium	Kambiumzellen (Abb. 30): schmale, etwas gestreckte, plasmahaltige, undifferenzierte Zellen des Bildungsgewebes.
Gefäßteil	Gefäße (Tracheen; Abb. 23): lange, leblose, aus mehreren hintereinanderliegenden Zellen verschmolzene Rohre. Ihre Wand weist verschiedenartige Verdickungen auf. Häufig auftretende Gefäße sind Ringgefäße mit ringförmigen sowie Schraubengefäße mit schraubenförmigen Wandverdickungen. Die Gefäße leiten das Wasser von den Wurzeln zu den höher gelegenen Pflanzenteilen.
	Holzfasern : ähnlich den Bastfasern, doch mit dickeren, verholzten und daher steifen Wänden. Sie festigen die Pflanzenteile.

Das Grundgewebe. Das Grundgewebe ist ein weiches, saftreiches Gewebe. Es ist in allen Pflanzenteilen enthalten, besonders ausgeprägt in dicken Wurzeln, als Mark im Stengel vieler Pflanzen und als Fruchtfleisch saftiger Früchte. Auch das grüne Gewebe im Inneren der Blätter und der Stengelnrinde gehört zum Grundgewebe.

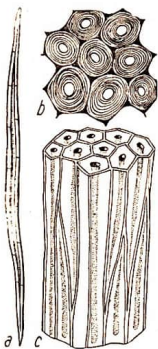


Abb. 22 Bastfasern
a einzelne Faser, b Faserbündel im Querschnitt, c Verzahnung der Fasern

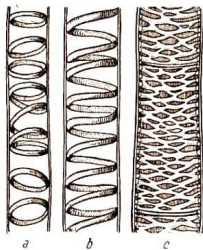


Abb. 23 Gefäße
a Ring-, b Schrauben-, c Netzgefäß

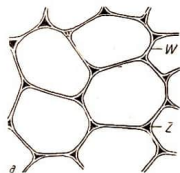


Abb. 24 Grundgewebezellen mit Zwischenzellräumen
a im Querschnitt, b räumlich dargestellt, W Zellwand, Z Zwischenzellräume

Die Zellen des Grundgewebes sind meist kugelig, würfelförmig oder zylindrisch. Ihre Zellwände sind dünn.

Für die Pflanze haben die Zellen des Grundgewebes verschiedene Bedeutung. Vielfach sind sie Speicherzellen. In den blattgrünhaltigen Grundgewebezellen werden aus Kohlendioxyd und Wasser mit Hilfe des Sonnenlichts Zucker und Stärke gebildet. Andere Grundgewebezellen füllen das Innere der Organe aus und wirken beim Stützen des Pflanzenkörpers mit.

Da die Grundgewebezellen niemals völlig dicht aneinanderliegen, treten zwischen ihnen Hohlräume auf, die im Schnitt meist dreieckig erscheinen (Abb. 24). Man bezeichnet sie als Zwischenzellräume. Die Zwischenzellräume sind untereinander verbunden und bilden ein Hohlraumssystem, das die ganze Pflanze durchzieht.

Die Zwischenzellräume enthalten Luft, die über die Spaltöffnungen mit der Außenluft in Verbindung steht. Sie sind daher für den gesamten Gasaustausch der Pflanze von großer Bedeutung.

Aufgaben und Frage

1. Zerdrück eine Scheibe eines frischen Apfels oder das Mark eines Maisstengels unter Wasser! Beobachte das Aufsteigen von Luftblasen! Die Luft stammt aus den Zwischenzellräumen.
2. Pflück ein Blatt der Sumpf-Dotterblume! Halt die Blattspreite unter Wasser! Blas in den Blattstiel!
3. Warum haben Sumpfpflanzen besonders weite Zwischenzellräume?

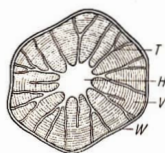
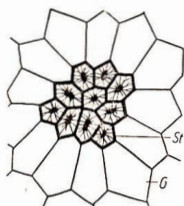


Abb. 25 Steinzellen aus dem Fruchtfleisch der Birne
 Links: Gruppe von Steinzellen, Vergr. 100fach;
 rechts: einzelne Steinzelle, Vergr. 500fach
 G Grundgewebezelle, Sr Steinzelle, H Hohlraum
 der Steinzelle, T Tüpfelkanäle, V Zellwandverdickung,
 W Zellwand

Das Festigungsgewebe. Das Festigungsgewebe verleiht den Sproßachsen Standfestigkeit und Biegefestigkeit, den Wurzeln Zugfestigkeit, den Blättern Reißfestigkeit; es ist auch in zahlreichen Früchten und Samen enthalten.

Wir unterscheiden vor allem Fasergewebe und Steinzellengewebe. Das **Fasergewebe** bildet Bestandteile der Leitbündel (s. S. 19), tritt aber auch an anderen Stellen der Pflanze, zum Beispiel in der Rinde der Sproßachse und am Rande von Blättern, auf. Das **Steinzellengewebe** besteht aus rundlichen, würfelförmigen oder vielflächigen Zellen, deren Zellwand außerordentlich verstärkt ist. Der Stoffaustausch von Zelle zu Zelle erfolgt über unverdickte Stellen der Zellwand, die **Tüpfel**, von denen Tüpfelkanäle ausgehen (Abb. 25). Aus Steinzellen besteht die harte Schale mancher Früchte (z. B. der Nüsse). Im Fruchtfleisch der Birne sind oft harte Gebilde enthalten; auch sie bestehen aus Steinzellen.

Der innere Bau der Organe

Die krautige Sproßachse

Zu den krautigen Sproßachsen rechnen wir die meist aufrechten, nur einen Sommer überdauernden Stengel der Kräuter sowie die noch nicht verholzten, meist grünen Zweige der Bäume und Sträucher.

Der Wachstumskegel. Das Ende der Sproßachse wird in der Regel von einer Knospe gebildet, die uns als ein Schopf von Blättern erscheint. Entfernen wir die Blätter, die nach innen immer kleiner und zarter werden, so stoßen wir zuletzt auf einen zarten Kegel, den Wachstumskegel oder Vegetationskegel. Bei manchen Pflanzen, wie bei der Wasserpest, ist er langgestreckt, meist jedoch bildet er nur eine flache Vorwölbung (Abb. 26). Im unteren Teil des Wachstumskegels liegen wulstförmige Vorstülpungen, die nach unten hin an Größe zunehmen: es sind junge Blätter. Zwischen ihnen stehen kleinere Auswüchse, die Wachstumskegel der Seitenachsen (Abb. 27).

Aufgabe

Entferne an der Endknospe einer Wasserpestpflanze alle Blätter (auch die kleinsten)! Untersuch mit der Lupe den Wachstumskegel!

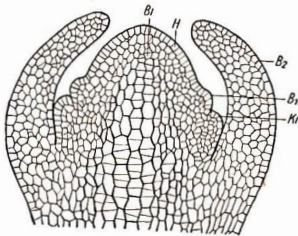


Abb. 26 Vegetationskegel eines Bohnenkeimlings
*B*₁, *B*₂ Blattanlagen, *B*₁ Bildungsgewebe, *H* Haut,
*K*₁ Knospe in einer Blattachsel

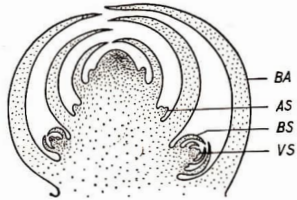


Abb. 27 Schematischer Längsschnitt durch den
 Vegetationskegel einer Sprossachse
AS Anlage einer Seitenachse, *BA* Blattanlage,
BS Blattanlage einer Seitenachse, *VS* Vegetations-
 kegel einer Seitenachse

Ein Längsschnitt durch den Wachstumskegel zeigt, daß sein Ende aus Bildungs-
 gewebe besteht, während die vom Ende entfernten Teile gestreckte Zellen ent-
 halten. Das Ende des Kegels liefert ständig neue Zellen, die sich strecken.

Die Streckung der im Vegetationskegel gebildeten Zellen ist auch noch an den
 Stellen der Sprossachse, die mit ausgebildeten Blättern besetzt sind, zu bemerken.
 Sie führt dazu, daß in jüngeren Teilen der Sprossachse die Länge der Stengel-
 glieder von oben nach unten ständig zunimmt (Abb. 28).

Aufgabe

Untersuch mit dem Mikroskop Querschnitte durch Stengel krautiger Pflanzen
 (z. B. von Bohne, Lilie, Roggen)!

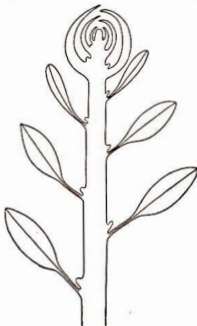
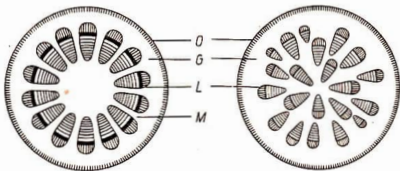


Abb. 28 Schematischer Längsschnitt durch Vegetationskegel und jungen
 Sproß; die Länge der Stengelglieder nimmt nach unten zu

Abb. 29 Anordnung der Leitbündel bei Zweikeimblättrigen (links) und
 Einkeimblättrigen (rechts)
G Grundgewebe, *L* Leitbündel, *M* Markstrahl, *O* Oberhaut. Kambium
 schwarz



Die ausgebildete Sproßachse. Der Querschnitt durch eine krautige Sproßachse zeigt außen die einschichtige Oberhaut und im Innern Leitbündel, die von Grundgewebe umgeben sind. Bei allen Zweikeimblättrigen (z. B. Kartoffel) sind die Leitbündel ringförmig (Abb. 29), bei den Einkeimblättrigen (z. B. Lilie) dagegen zerstreut angeordnet (Abb. 29). Selbst bei den Gräsern (z. B. bei Roggen, Weizen), bei denen die Leitbündel infolge des großen Stengelhohlraums auf sehr schmalen Raum untergebracht sind, liegen sie in zerstreuter Anordnung. Weiter erkennen wir an den Leitbündeln, daß zwischen dem stets nach außen gerichteten Siebteil und dem nach innen gekehrten Gefäßteil bei den Zweikeimblättrigen das Kambium vorhanden ist, während es bei den Einkeimblättrigen fehlt. Bei Lilie, Roggen und anderen Einkeimblättrigen stoßen daher Siebteil und Gefäßteil unmittelbar aneinander.

Das Grundgewebe nimmt die größte Fläche des Querschnitts ein. Es bildet innen das leitbündelfreie Mark und außen die gleichfalls leitbündelfreie Rinde. Die Grundgewebestreifen zwischen den Leitbündeln bezeichnet man als Markstrahlen. Bei ringförmiger Anordnung der Leitbündel, also bei den Zweikeimblättrigen (Abb. 29), treten sie deutlich als strahlenförmige Gebilde auf.

Während Mark, Markstrahlen und innere Rinde aus farblosen Zellen bestehen, enthalten die Zellen der äußeren Rinde Blattgrünkörper. Sie verleihen den krautigen Stengeln die grüne Farbe.

Die äußere Rinde des Stengels enthält vielfach Festigungsgewebe, das als geschlossener Ring oder in einzelnen Zellgruppen auftritt. Ringförmig angeordnetes Festigungsgewebe bildet im Stengel der Oberhaut einen Mantel; die Zellgruppen aus Festigungsgewebe durchziehen die Rinde als Stränge. Vielfach bemerken wir bei der Betrachtung eines Stengels eine auffällige Längsstreifung, zum Beispiel bei Roggen und anderen Gräsern. Sie entsteht durch den Wechsel von Strängen des Festigungsgewebes mit Streifen des grünen Grundgewebes.

In der Sproßachse liegen Leitbündel und Festigungsgewebe weit außen, also der Oberhaut genähert. Sie verleihen, wie in einem Rohr, durch die günstige Materialverteilung den meist dünnen, aufrechten Stengeln eine ausreichende Standfestigkeit.

Aufgabe

Stell mit einer Rasierklinge einen dünnen Querschnitt durch einen verholzten Zweig der Linde her! Untersucht unter dem Mikroskop! (Es genügt ein Stück des Querschnitts. Vorsicht beim Schneiden!)

Die verholzte Sproßachse

Die jungen krautigen Sproßachsen der Holzgewächse werden sehr bald durch die Bildung von Holzfasern fest und widerstandsfähig. Ihre Festigkeit wird weiterhin dadurch erhöht, daß sie dicker werden.

Das Dickenwachstum geht von einem Kambiumring aus (Abb. 20). Die Kambiumzellen teilen sich, wobei sie parallel zur Stengeloberfläche verlaufende Wände bilden. Der Kambiumring wird dabei nicht dicker, da sich die neuen Zellen nach kurzer Zeit differenzieren (Abb. 30). Innerhalb der Leitbündel differenzieren sie sich am äußeren Rand des Kambiumringes vor allem zu Siebröhren und Bastfasern, am inneren Rand vornehmlich zu Gefäßen und Holzfasern. Die Siebteile, die beim Dickenwachstum an der Außenseite des Kambiumringes entstehen, bezeichnet man als Bast, die an der Innenseite des Kambiumringes entstehenden Gefäßteile liefern das Holz. Das Kambium in den Markstrahlen bildet nach außen und innen Markstrahlzellen, verlängert also die Markstrahlen.

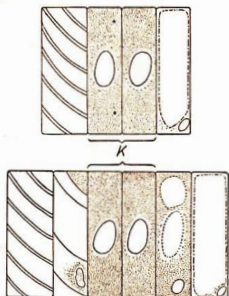


Abb. 30 Teilung und Differenzierung von Kambiumzellen (K) in Siebteil (Zellen rechts) und Gefäßteil (Zellen links)

Die Markstrahlen. Da das Kambium von Jahr zu Jahr neue Zellen bildet, nehmen Holz und Bast an Umfang immer mehr zu. Die Vergrößerung ist besonders beim Holz zu erkennen. Beim Bast ist sie weit geringer, da in ihm immerfort die älteren Siebröhren durch die neugebildeten zerdrückt werden.

Bei der zunehmenden Ausdehnung von Holz und Bast werden in beiden Teilen neue Markstrahlen angelegt. Im Gegensatz zu den ursprünglichen oder primären Markstrahlen reichen diese neuen Markstrahlen, die sekundären Markstrahlen, im Innern nicht bis zum Mark. Die zahlreichen zarten Strahlen, die wir an jedem Ast- oder Stammquerschnitt erkennen können, sind sekundäre Markstrahlen (Abb. 31).

Die Jahresringe. Im Frühjahr bildet das Kambium für das Holz weite Zellen. Das ist auf den starken Flüssigkeitsstrom zurückzuführen, der während des Frühlings in der Pflanze herrscht. Während des Sommers dagegen entstehen engere Zellen; im Herbst stellt das Kambium seine Tätigkeit ein. Im nächsten Frühjahr beginnt es wieder mit der Bildung weiterer Zellen. Diesen Wechsel von weiten und engen Zellen können wir an einem Holzstück deutlich mit der Lupe feststellen (Abb. 32). Den Ringstreifen aus weiten Zellen bezeichnet man als Frühholz, den engzelligen als Spätholz. Das Frühholz ist hell, das Spätholz dunkel gefärbt. Ein Ringstreifen aus Frühholz ergibt mit einem Ringstreifen aus Spätholz einen **Jahresring**. Die Bildung der Jahresringe ist also abhängig vom Wechsel der Jahreszeiten. Im Bast fehlen die Jahresringe.

Bei Längsschnitten durch Holz, zum Beispiel an Brettern, erkennen wir die Jahresringe als parallel verlaufende Streifen.

Aufgaben

1. Stell an einem Brett Jahresringe und Markstrahlen fest!
2. Stell an einer gefällten Kiefer oder Fichte das Alter des Baumes fest!

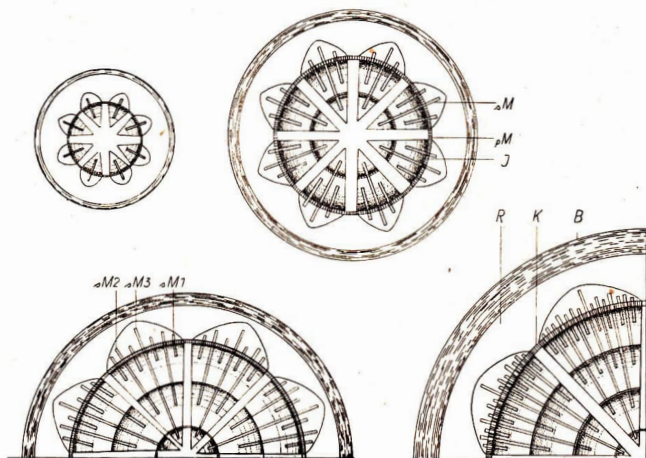


Abb. 31 Dickenwachstum einer Sproßachse, schematische Querschnitte durch Stämme verschiedenen Alters (oben: einjährig und zweijährig; unten: dreijährig und vierjährig)
 pM primärer Markstrahl, sM (sM 1 jüngster, sM 2 älterer, sM 3 alter) sekundärer Markstrahl, J Jahresring, B Borke, K Kambium, R Rinde

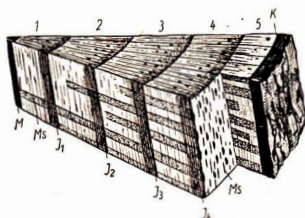


Abb. 32 Ausschnitt aus einem Kiefernstamm
 1 bis 5 Holz des ersten bis fünften Jahres, J₁ bis J₅ Grenzen der Jahresringe, K Kambium, M Mark, Ms Markstrahl

Holzkörper und Baumrinde. Der Holzkörper der Bäume besteht aus den Leitbündeln, die durch das Dickenwachstum der Sproßachsen beträchtlich verstärkt werden. Bei vielen Bäumen stellen wir einen Farbunterschied zwischen innerem und äußerem Holz fest. Das äußere ist meist heller, das innere dunkler gefärbt. Das äußere Holz bezeichnet man als Splintholz, das innere als Kernholz. Da beim Kernholz alle Zellen absterben und die Gefäße verstopft sind, ist es ohne Bedeutung für die Lebensvorgänge der Pflanze. Allein das Splintholz enthält

neben leistungsfähigen wasserleitenden Gefäßen auch lebende Zellen. Wir verstehen daher, daß auch hohle Bäume, zum Beispiel Weiden und Linden, lebensfähig bleiben.

Bretter oder Balken enthalten sogenannte Aststellen, die ohne festen Zusammenhang mit dem übrigen Holz sind und sich durch Druck oder Schlag leicht ent-

fernen lassen. Sie stellen die ersten Jahresringe von Seitenästen dar. Ihre lose Verbindung mit dem Stammholz beruht darauf, daß in ihnen die Fasern anders verlaufen als im Stamm (Abb. 33).

Die Baumrinde setzt sich aus dem Bast (den äußeren Teilen der Leitbündel) und der Rinde zusammen. Nach innen hin wird sie vom Kambium begrenzt (Abb. 34).

Kork und Borke. Die Oberhaut, die bei jungen Zweigen außen die Rinde umschließt, vermag sich während des Dickenwachstums meist nicht auszudehnen. Sie stirbt in der Regel ab. An ihrer Stelle wandelt sich der äußere Teil der Rinde um und bildet eine abschließende Schicht. In ihr entstehen Korkzellen, die einen geschlossenen Mantel von brauner Farbe bilden. In die Wände der Korkzellen wird eine fettartige Schicht – ähnlich der Kutikula – eingelagert, die die Zellen wasserundurchlässig macht. Die Zellen sterben ab und füllen sich mit Luft. Die aus Korkzellen bestehende Schicht nennt man Kork. Sie leistet einen wirksamen Verdunstungsschutz für die lange Jahre lebenden Sproßachsen der Holzgewächse. Aus der dicken Korkschicht der vor allem im westlichen Mittelmeergebiet wachsenden Kork-Eiche gewinnt man die Flaschenkorken.

Auffallende Korkleisten sind bei den Feld-Ulmen ausgebildet. Bei vielen Bäumen, zum Beispiel bei Eichen, Kiefern und beim Apfelbaum, bilden sich nacheinander mehrere Korkschichten in der Rinde aus. Solche mehrschichtigen Korkbildungen bezeichnet man als Borke.

Aufgabe

Untersuch die Borke bei einem Eichen- oder Kiefernstumpf! Stell die Korkschichten fest!

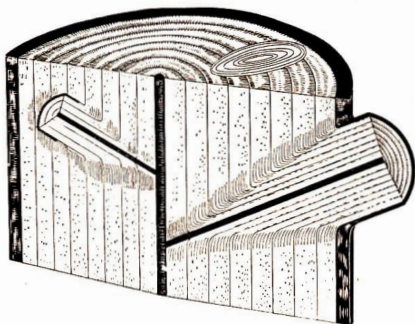


Abb. 33 Längsschnitt durch einen Stamm mit Seitenästen, den abweichenden Faserverlauf in den Seitenästen zeigend

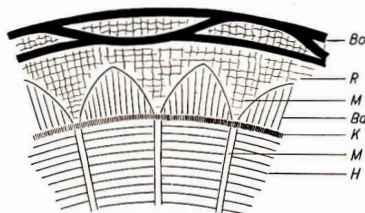


Abb. 34 Zusammensetzung der Baumrinde (schematischer Querschnitt)
Ba Bast, Bo Borke, H Holz, K Kambium, M Markstrahl, R Rinde

Die Wurzel

Der Wachstumskegel. Die Wurzel schließt ebenso wie die Sproßachse mit einem Wachstumskegel ab, der ständig neue Zellen bildet. Er ist im Gegensatz zum Wachstumskegel der Sproßachse völlig glatt und wird von einer fingerhutförmigen **Wurzelhaube** überdeckt. Die Wurzelhaube besteht aus innen dicht, außen locker liegenden Zellen (Abb. 35); sie schützt die im Boden vordringende Wurzelspitze vor Verletzungen durch Gesteinsteile. Außerdem fördert sie das Vordringen der Wurzeln, da beim Zerfallen der jeweils äußeren Zellen die Bodenteilchen schlüpfrig gemacht werden.

Die Spitze des Wachstumskegels wird vom Bildungsgewebe eingenommen. Dahinter liegen vergrößerte Zellen, die je nach dem Ort ihres Vorkommens verschiedene Gestalt aufweisen. Wie in der Sproßachse strecken und differenzieren sich die Zellen auch in der Wurzel.

Aufgabe

Laß Samen von Gemüsepflanzen auf feuchtem Löschpapier keimen! Beobachte an der Wurzel die Bildung des Haarfilzes!

Die Wurzelhaare. Bei keimenden Samen sowie bei wurzelbildenden Sprossen, die wir im Wasser halten (z. B. bei der als *Tradescantia* bekannten Ampelpflanze), aber auch bei Pflanzen, deren Wurzeln wir vorsichtig aus dem Boden nehmen und von den Bodenteilen befreien, sehen wir hinter der Wurzelspitze einen Filz weißer Haare. Diese Wurzelhaare sind nur in einem gewissen Bereich der Wurzel vorhanden. Am vorderen Rand des Bereiches werden neue gebildet, am hinteren Ende sterben die älteren ab (Abb. 36). Für die Pflanze sind die Wurzelhaare von großer Bedeutung. Mit ihnen nimmt sie Wasser und Nährsalze aus dem Boden auf.

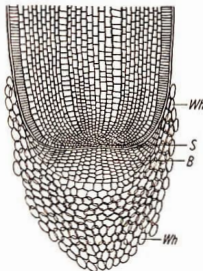


Abb. 35 Wurzelspitze vom Mais mit Wurzelhaube; links Außenansicht, rechts Längsschnitt

B Bildungsgewebe der Wurzelhaube, S Spitze des Wachstumskegels der Wurzel, Wh Wurzelhaube

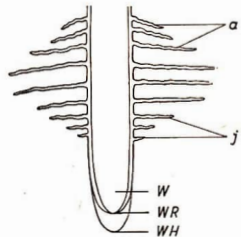


Abb. 36 Schematischer Längsschnitt durch eine Wurzelspitze mit jungen (j), ausgebildeten und absterbenden (a) Wurzelhaaren

W Wurzelgewebe, WR Wurzelrinde, WH Wurzelhaube

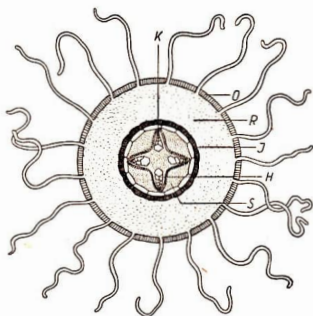


Abb. 37 Schematischer Querschnitt durch eine junge Wurzel
H Holzteil, J Innenhaut, K Kambium, O Oberhaut, R Rinde, S Siebteil

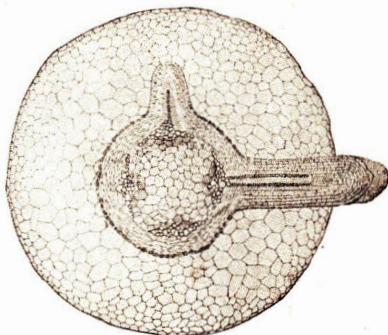


Abb. 38 Querschnitt einer jungen Wurzel, die Bildung von Seitenwurzeln zeigend

Der Feinbau. Bei einem Querschnitt durch eine junge, jedoch bereits aus differenzierten Geweben zusammengesetzte Wurzel sehen wir das Leitgewebe in der Regel im Inneren zusammengedrängt liegen. Es durchzieht die Wurzel als Strang, der ihr Zugfestigkeit verleiht. Während in der Sproßachse Gefäßteil und Siebteil jeweils ein gemeinsames Leitbündel ergeben, liegen in der Wurzel beide Bestandteile gesondert voneinander. Auf dem Wurzelquerschnitt erscheinen uns die in der Regel in der Mitte der Wurzel zusammengedrängten Holzteile als Stern. Die Siebteile nehmen den Raum zwischen den Holzteilen ein (Abb. 37). Das Leitgewebe wird von einer Schicht aus zartem Gewebe umschlossen, der nach außen hin eine Hautschicht aus derbwandigen Zellen, die Innenhaut, folgt. Die Innenhaut ist meist ein auffälliges, die Wurzeln kennzeichnendes Gewebe. Nach außen schließt sich die häufig umfangreiche Rinde an, die bei jungen Wurzeln durch die mit Wurzelhaaren ausgestattete Oberhaut abgeschlossen wird. Älteren Wurzelteilen fehlt die Oberhaut.

Die Seitenwurzeln. Während die seitlichen Sproßachsen aus den Wachstumskegeln hervorgehen, die sich an der Oberfläche des Vegetationskegels der Hauptsproßachse bilden (s. S. 22), haben die Seitenwurzeln ihren Ursprung in dem zarten Gewebe unter der Innenhaut der größeren Wurzeln; sie müssen alle äußeren Schichten durchstoßen (Abb. 38).

Die verholzte Wurzel. Ältere Wurzeln verholzen in ähnlicher Weise wie die Sproßachse. Sie bilden einen Kambiumring, der nach innen Holz, nach außen Bast liefert. Auch bei verholzten Wurzeln bildet sich ein Mantel aus Kork, der jedoch schwächer ist als bei Stämmen und Ästen.

Die Rübenkörper bei Zuckerrübe, Runkelrübe und Roter Rübe weisen eine besondere Form des Dickenwachstums auf. Hier bleibt der Kambiumring nur kurze



Abb. 39 Querschnitt durch einen Rübenkörper, die einzelnen Kambiumringe zeigend

Zeit tätig, indem er einen nur schmalen Ring von Holz und Bast liefert. Dann bildet sich in der Rinde ein neuer Kambiumring aus, der wiederum nur kurze Zeit besteht und einen schmalen Ring aus Leitbündeln erzeugt. Weitere Kambiumringe, die jeweils weiter außen angelegt werden, lösen ihn ab. So entstehen die auffälligen Ringe, die am Querschnitt durch den Rübenkörper zu sehen sind (Abb. 39).

Aufgabe

Durchschneide Rübenkörper von Zuckerrübe, Runkelrübe und Roter Rübe! Untersuch die Ringe mit der Lupe! Zähle sie!

Das Blatt

Während Sproßachsen und Wurzeln mit Hilfe ihrer Wachstumskegel wachsen, erhalten die Blätter der Samenpflanzen ihre Größe allein durch Streckung der anfangs in den Spitzen der Sproßachsen gebildeten Zellen.

Da die Blätter in der Regel flache Organe sind, sind ihre Gewebe im Gegensatz zur Sproßachse und zu den Wurzeln flach ausgebreitet. Bereits bei äußerer Betrachtung können wir diesen Aufbau an den Leitbündeln erkennen, die als Nerven im Blatt nebeneinander angeordnet sind.

Aufgabe

Stell Querschnitte durch ein Blatt her! Verwende derbe Blätter (z. B. Blatt der Azalee, des Efeus); sie lassen sich besser schneiden als weiche! Betrachte die Blattquerschnitte mit dem Mikroskop!

Am Querschnitt eines Laubblattes (Abb. 40) sehen wir in der Regel oben und unten die meist einschichtige **Oberhaut**. In der Oberhaut der Unterseite bemerken wir Schnitte durch **Spaltöffnungen**.

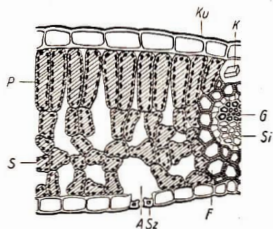


Abb. 40 (Links) Querschnitt durch ein Laubblatt

A Atemhöhle, F Festigungsgewebe, G Gefäßteil, K Kristalleinlagerung, Ku Kutikula, P Palisadengewebe, S Schwammgewebe, Si Siebteil, Sz Schließzelle

Abb. 41 (Rechts) Gasaustausch im Laubblatt

In der Mitte des Blattes erkennen wir Querschnitte von **Leitbündeln**, bei denen stets der Siebteil nach unten, der Gefäßteil nach oben gerichtet ist. Die größeren Leitbündel werden häufig an der Ober- und Unterseite von Festigungsgewebe begleitet. Die flächige Ausbreitung der Leitbündel festigt die flachen, dem Winde ausgesetzten Blätter.

Das **Grundgewebe** der Blattoberseite ist anders beschaffen als das der Blattunterseite. Das obere besteht aus zylindrischen aufrechten Zellen, die eng aneinanderliegen und nur an den Kanten schmale Zwischenzellräume frei lassen. Man bezeichnet es als **Palisadengewebe**. Seine Zellen sind reich an Blattgrünkörpern. In den Blättern mancher Pflanzen tritt es in mehreren Schichten auf. Das untere Gewebe dagegen, das **Schwammgewebe**, besteht aus locker liegenden Zellen, die weniger Blattgrünkörper enthalten. Zwischen ihnen liegen weite Zwischenzellräume, die unmittelbar mit großen Zwischenzellräumen, den Atemhöhlen, in Verbindung stehen. Hinter jeder Spaltöffnung liegt eine Atemhöhle.

Bei Blättern mit rundlichem Querschnitt (z. B. Mauerpfeffer), aber auch bei Grasblättern ist das Grundgewebe nicht deutlich in Palisadengewebe und Schwammgewebe differenziert.

Am Bau des Blattes erkennen wir, daß der Gasaustausch zwischen ihm und der Luft leicht vonstatten gehen kann. Durch Spaltöffnungen und Zwischenzellräume ist jede einzelne Zelle mit der Außenluft verbunden, so daß Sauerstoff, Kohlendioxyd und Wasserdampf von den Zellen aufgenommen und abgegeben werden können (Abb. 41).

Bei der Betrachtung des inneren Baus der Pflanze wurden in erster Linie die bedecktsamigen Samenpflanzen, zu denen fast alle unsere Kulturpflanzen gehören, berücksichtigt. Die übrigen Sproßpflanzen, selbst die gleichfalls zu den Samenpflanzen gehörenden Nacktsamer (z. B. Nadelbäume), zeigen einen einfacheren Bau der Organe. So sind beispielsweise bei Nadelbäumen und Farnpflanzen (Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappen) in den Gefäßteilen der Leitbündel die aus mehreren Zellen verschmolzenen Gefäße (Tracheen) nicht ausgebildet. Bei diesen Pflanzen üben Einzelzellen, sogenannte Tracheiden, die häufig wie die Gefäße Wandversteifungen aufweisen, die Funktionen der Gefäße aus. Die Moospflanzen besitzen noch keine Leitbündel; an ihrer Stelle finden wir in den Blättern und Stengeln zarte Stränge aus einfachen gestreckten Zellen. Vielfach jedoch fehlen auch diese; die Stoffe diffundieren von Zelle zu Zelle.

Die zunehmende Verfeinerung der Gewebe und die Verbesserung ihrer Anordnung, die die Reihe von den Moospflanzen über Farnpflanzen zu den Samenpflanzen zeigt, deutet auf die Stammesentwicklung hin, die von einfachen Formen im Verlauf von Jahrmillionen zu den Samenpflanzen geführt hat.

Die Lebensvorgänge der Pflanzen

Das Leben der Pflanze äußert sich wie das Leben des Tieres in den Lebenserscheinungen: im Stoffwechsel, im Wachstum, in den Bewegungen, die vielfach durch Reize veranlaßt werden, und in der Fortpflanzung.

Der Stoffwechsel

Ebenso wie Tier und Mensch nehmen auch Pflanzen Stoffe auf, verändern sie und scheiden andere Stoffe aus. In ihrem Körper laufen ständig Stoffwechselvorgänge ab. Ohne Stoffwechsel sind alle übrigen Lebensvorgänge der Pflanze unmöglich; sie stirbt. Fehlt der Pflanze auch nur einer der lebensnotwendigen Stoffe, etwa das Wasser, so geht sie zugrunde. Sie geht aber auch dann ein, wenn man den Austritt der beim Stoffwechsel erzeugten Gase oder des Wasserdampfes verhindert.

Die stoffliche Zusammensetzung der Pflanze

Aufgaben

1. Wäge frische Pflanzenstücke (Blätter, krautige Stengel, saftige Früchte)! Trockne sie an der Luft oder auf einem nicht zu heißen Ofen! Stell den Gewichtsverlust fest!
2. Verbrenn abgewogene trockene Pflanzenteile (Holz, Blätter)! Stell das Gewicht der Asche fest! Vergleiche!
3. Verkohle ein Stück trockenes Holz in einem Reagenzglas!

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

Mit diesen Versuchen erfassen wir jedoch nicht alle Stoffe, die in der Pflanze enthalten sind. Beim Verbrennen und Verkohlen wenden wir hohe Temperaturen an, bei denen einige Stoffe in gasförmigem Zustand an die Luft verlorengehen. Zu den Stoffen, die wir bei den beschriebenen Versuchen nicht finden, zählt der Stickstoff. Daß dieser Stoff in der Pflanze vorhanden ist, erkennt man daran, daß bei der Zersetzung pflanzlicher Stoffe (z. B. im Pferdedung) eine Stickstoffverbindung, das Ammoniak (NH_3), als eigentümlich stechend riechendes Gas auftritt.

Wasser (H_2O), Kohlenstoff (C) und Ammoniak (NH_3) entweichen bei der Verbrennung als Gase. Die Asche besteht, wie chemische Analysen ergeben, aus Sauerstoffverbindungen (Oxyden) verschiedener Elemente. In jedem Fall enthält

sie neben dem Sauerstoff: Kalium (K), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Eisen (Fe), Phosphor (P) und Schwefel (S). Außer diesen Elementen treten weniger regelmäßig Natrium (Na), Silizium (Si) und Chlor (Cl) auf. Schließlich sind noch Elemente zu nennen, die meist nur in geringsten Mengen in der Pflanzenasche vorkommen (Spurenelemente). Zu ihnen gehören zum Beispiel Bor (B), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) und Zink (Zn).

Umfassende Untersuchungen haben ergeben, daß in der Pflanze folgende chemischen Elemente regelmäßig auftreten und zweifellos für ihr Leben unbedingt erforderlich sind: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen und Spurenelemente.

Der Kohlenstoff ist mit fast 50 Prozent an der Trockensubstanz der Pflanze beteiligt. Alle anderen Stoffe treten in unterschiedlichen Mengen auf. Der Wassergehalt frischer Pflanzenteile schwankt zwischen 7 und 95 Prozent, wobei Samen die geringste, saftige

Früchte die höchste Menge an Wasser aufweisen (s. Tabelle). Ebenso sind Aschegehalt und Zusammensetzung der Asche unterschiedlich. Am meisten Asche liefern Blätter (Tabakasche!), am wenigsten Samen und Holz (s. Tabelle).

Wassergehalt von Pflanzenteilen

Pflanzenteil	Wassergehalt
Gurke, Kürbis (Früchte)	95 %
Stachelbeere (Früchte)	90 %
Apfel, Birne (Früchte)	83 %
Zuckerrübe (Rübenkörper)	75 bis 90 %
Kartoffel (Knollen)	75 %
Frisches Holz	40 bis 60 %
Getreide (trockene Früchte)	12 bis 14 %
Raps (trockene Samen)	7 bis 8 %

Aschegehalt und Aschebestandteile bei verschiedenen Pflanzen¹

Pflanze (Pflanzenteil)	Asche (in % der Trocken- substanz)	In 100 Teilen Asche sind neben anderen Verbindungen enthalten								
		K ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₂	Na ₂ O	SiO ₂	Cl
Roggen (Früchte)	2,1	32,1	11,2	2,9	1,2	47,7	1,5	1,5	1,4	0,5
Roggen (Stroh)	4,5	22,6	3,1	8,2	1,9	6,5	4,2	1,7	49,3	2,2
Kartoffel (Knollen)	3,8	60,1	4,9	2,6	1,1	16,2	6,3	2,9	2,0	3,5
Erbsen (Samen)	2,7	43,1	8,0	4,8	0,8	35,9	3,4	1,1	0,9	1,6
Tabak (Blätter)	17,6	29,1	7,4	36,0	1,9	4,7	5,1	3,2	5,8	6,7

Das Wasser

Alle lebenden Bestandteile der Pflanze (Zellplasma, Zellkern, Farbstoffkörper) sowie die Zellwände enthalten Wasser. Der Zellsaft besteht im wesentlichen aus Wasser. Es dient als Lösungsmittel für viele Stoffe und verteilt sie in der Pflanze.

¹ Auffallend hohe Werte sind durch Fettdruck gekennzeichnet.

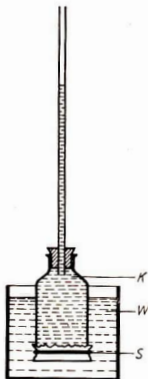


Abb. 42 Modell einer osmotischen Zelle

K Kochsalzlösung,
S Schweinsblase,

H Wasser
Das Wasser ist durch die Haut der Schweinsblase in die Kochsalzlösung eingedrungen. Die Flüssigkeit in dem Glasrohr ist dadurch angestiegen.

Alle chemischen Umsetzungen vollziehen sich in der Pflanze in wäßrigen Lösungen. Daher ist das Wasser für die Lebensvorgänge unentbehrlich. Es hilft auch bei der Festigung des Pflanzenkörpers, wie wir am Erschlaffen der Pflanzen bei Wasserverlust (am Welken) erkennen.

Die Zellspannung (Turgor). Frische Pflanzenteile, zum Beispiel Kohlblätter oder Äpfel, sind straff. Das beruht auf der Spannung ihrer Zellen, die dadurch zustande kommt, daß die Zellen prall mit Wasser gefüllt sind. Bei Zellen, die Safräume aufweisen, wird das Wasser hauptsächlich durch Osmose aufgenommen. (Mit einer sogenannten osmotischen Zelle läßt sich dieser Vorgang veranschaulichen, Abb. 42.)

Die Haut der Schweinsblase, die wir bei der osmotischen Zelle verwenden, wird von Wasser leicht, von Zucker dagegen fast nicht durchdrungen. Sie ist eine halbdurchlässige Wand.

Wie der in der Abbildung dargestellte Versuch zeigt, dringt durch eine solche Wand das Wasser zur Lösung vor. Die Lösung saugt gewissermaßen das Wasser an.

Lebende Zellen, die mit Wasser in Berührung kommen, verhalten sich wie die osmotische Zelle. Der im Saft Raum enthaltene Zellsaft ist eine Lösung; die den Saft Raum lückenlos umschließende Zellplasmasschicht wirkt als halbdurchlässige Wand.

Abweichend von der osmotischen Zelle, die oben offen ist, befindet sich bei der Pflanzenzelle die Lösung in einem völlig abgeschlossenen Raum. Nimmt die Menge des Zellsaftes zu,

so entsteht ein Druck auf Zellplasma und Zellwand, der die Zellspannung hervorruft.

Zellen mit stark konzentriertem Zellsaft nehmen bei der Osmose mehr Wasser auf als solche mit weniger konzentrierter Lösung. Daher kommt es innerhalb der Pflanze zu einem Ausgleich: Aus den Zellen mit weniger konzentriertem Zellsaft wandert Wasser so lange zu den Zellen mit stärker konzentrierter Lösung, bis die Konzentration in den Zellen gleich stark ist.

Die Aufnahme des Wassers. Die im Boden wurzelnde Pflanze nimmt in der Regel das Wasser mit den Wurzelhaaren auf.

Die Saugkraft der Wurzeln ist bei den einzelnen Pflanzenarten verschieden groß. Bei Pflanzen feuchter Standorte, also bei Sumpfpflanzen und Pflanzen schattiger Wälder, ist sie verhältnismäßig gering, bei Pflanzen trockener Stellen dagegen hoch. Unsere Kulturpflanzen nehmen eine Mittelstellung ein.

Aufgabe

Stell frische beblätterte Zweige in einen mit Wasser gefüllten Meßzylinder! Übergeieße, um die Verdunstung zu verhindern, die Oberfläche des Wassers mit etwas

Öl! Stell von Zeit zu Zeit die Abnahme des Wassers im Zylinder fest! Wiederhol den Versuch unter verschiedenen Luftverhältnissen (bei warmer und kühler, bei trockener und feuchter, bei bewegter und ruhiger Luft)!

Die Abgabe des Wassers. Alle Zellen der Blätter stehen über die Zwischenzellräume und die Spaltöffnungen mit der Außenluft in Verbindung. Die Zellen geben, wie eine offene Wasserfläche, Wasserdampf an die Luft ab, der über die Spaltöffnungen nach außen gelangt. Das abgegebene Wasser ersetzt die Pflanze, indem sie durch die Leitgefäße Wasser einsaugt (in unserem Versuch aus dem Meßzylinder, sonst aus dem Boden). Diese Art der Wasserabgabe durch Verdunstung bezeichnen wir als **Transpiration**.

Die Stärke der Transpiration ist vom Zustand der Luft abhängig. Bei warmer, trockener und bewegter Luft ist sie größer als bei kühler, feuchter und unbewegter. Aber auch durch den Bau der Pflanzen wird sie beeinflusst. Bei Pflanzen, die in feuchter Umgebung leben, wird sie durch große Blätter mit schwacher Kutikula gefördert. Bei Pflanzen dagegen, die an trockene Standorte angepaßt sind, wird sie oft durch kleine Blattflächen oder durch geringe Zahl und versteckte Lage der Spaltöffnungen, durch die Ausbildung einer derben Kutikula sowie durch Behaarung oder durch Wachüberzüge und ähnliche Bildungen herabgesetzt.

Wie hoch die Transpiration bei Pflanzen ist, sollen einige Werte von Kulturpflanzen zeigen: Eine kräftige Sonnenblumenpflanze gibt während eines warmen Tages mehr als einen Liter Wasser ab, ein etwa 25jähriger Obstbaum etwa 100 Liter. Die Pflanzen eines ein Hektar großen Kohlfeldes geben in der Zeit von vier Sommermonaten insgesamt 8 Millionen Liter Wasser an die Luft ab.

Aufgaben

1. Bring ein frisch gepflücktes Blatt (z. B. vom Flieder) auf eine Unterlage (Tisch, Glasplatte). Leg Streifen von hygroskopischem Wilaphan (Cellophan) darauf! (Bei Transpiration krümmen sich die Streifen.) Erkläre!
2. Tränk Filtrierpapier mit fünfprozentiger wäßriger Kobalt(II)-chloridlösung! Trockne es vorsichtig über einer Flamme! Leg es auf die Oberseite und auf die Unterseite eines frisch gepflückten Blattes! Bring Blatt und Filtrierpapier zwischen Glasplatten! Beobachte! (Bei Feuchtigkeit geht die Blaufärbung in Rotfärbung über.)

Im Winter nehmen die Pflanzen kaum Wasser aus dem Boden auf. Der Gefahr des Austrocknens begegnen die meisten Bäume und Sträucher durch Abwerfen der Blätter. Bei den mehrjährigen krautigen Pflanzen, den Stauden, wird der Wasserverlust dadurch herabgesetzt, daß die oberirdischen Stengel absterben. Zuweilen jedoch bleiben bei ihnen Grundblätter erhalten, die den Winter überdauern. Da in Bodennähe die Verdunstung gering ist, geben sie verhältnismäßig wenig Wasser ab. Auch Jungpflanzen mancher Pflanzenarten (z. B. Raps, Roggen) überwintern mit bodennahen Blattrosetten oder Blattbüscheln.

Aufgabe

Zieh in einem Blumentopf junge Haferpflanzen heran! Feuchte die Erde stark an! Stülpe über den Blumentopf eine Glasglocke! Beobachte die Pflanzen am folgenden Morgen!

Junge Getreidepflanzen, die längere Zeit in einem feuchten Raum gehalten werden, tragen an der Spitze jedes Blattes einen Wassertropfen (Abb. 43). Die gleichen Tropfen sehen wir an einem klaren Morgen an Blättern junger Getreidepflanzen eines Feldes und an jungen Grasblättern einer Wiese. Auch bei der Erdbeere, beim Frauenmantel und bei vielen anderen Pflanzen treten sie auf. Hier zeigen sie sich vielfach an der Spitze der Blattzähne.

Diese Tropfen sind keine Tautropfen, wie sie sich infolge nächtlicher Abkühlung der Luft gleichmäßig an der Oberfläche der Pflanzen niederschlagen; sie werden vielmehr von der Pflanze selbst abgegeben, sie werden aus den Geweben gepreßt. Diesen Vorgang nennt man **Guttation**. Das Wasser gelangt durch besondere Spalten, die als Wasserspalten bezeichnet werden, nach außen (Abb. 44).

Wie wir an unserem Versuch sehen, bilden sich die Tropfen bei sehr feuchter Luft, also dann, wenn die Transpiration aufs äußerste eingeschränkt ist. Die Guttation ersetzt die Transpiration bei ungenügenden Transpirationsbedingungen. Das weist uns darauf hin, wie notwendig die Abgabe von Wasser für die Pflanze ist. Sie schafft den Raum für neues Wasser und damit die Vorbedingung für den Wasserstrom, der sich in der Pflanze von unten nach oben bewegt und die im Wasser gelösten Nährstoffe in die einzelnen Organe transportiert.

Aufgabe

Bestreue saftige Früchte (z. B. Erdbeeren) mit Zucker!
Bestreue Scheiben von Rettich, Radieschen oder Gurke mit Salz! Beobachte!



Abb. 43 Wassertropfen an den Blattspreiten von Haferkeimlingen

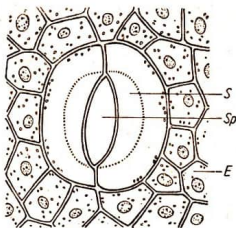


Abb. 44 Wasserspalte vom Blattrand der Kapuzinerkresse
E Epidermiszellen, S Schließzellen
Sp Spalt

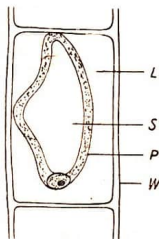


Abb. 45 Plasmolyse
L konzentrierte Außenlösung
(durch die Zellwand einge-
drungen), P Plasmamembran,
S Zellsaft, W Zellwand

Pflanzenteile geben Wasser ab, wenn sie mit Zucker, Kochsalz oder anderen löslichen Stoffen in Berührung kommen. Sie werden dabei schlaff.

Das Erschlaffen der Pflanzenteile beruht darauf, daß die einzelnen Zellen auf Grund osmotischer Vorgänge Wasser an die konzentrierte äußere Lösung abgeben. Durch die Wasserabgabe vermindert sich der Zellsaft, so daß die Zellspannung (der Turgor) nachläßt. Beim Einwirken sehr starker äußerer Lösungen hebt sich das Zellplasma von der Zellwand ab. Man spricht dann von **Plasmolyse** (Abb. 45).

Plasmolyse kann durch Wasserzugabe behoben werden, führt aber häufig zu einer Schädigung der Zellen und bei längerem Anhalten zum Tode.

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.

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

Aufgabe

Stell Frischpräparate von Stücken der Oberhaut blau, violett oder rot gefärbter Blumenblätter her! Gib einen Tropfen starker Zuckerlösung dazu! Beobachte mit dem Mikroskop die Plasmolyse!

Die Leitung des Wassers. Durch einfache Versuche läßt sich die Leitung des Wassers in der Pflanze veranschaulichen.

Aufgaben

1. Färb Wasser mit Tinte rot! Stell Zweige weißblühender Pflanzen (Nelke, Weiße Taubnessel u. a.) in ein Gefäß mit dem gefärbten Wasser! Beobachte die Blüten!
2. Entfernen von einem Zweig eines Strauches oder Baumes ein ringförmiges Stück Rinde, so daß der Holzkörper an dieser Stelle freiliegt (Abb. 54)! Stell den Zweig ins Wasser, ohne daß die Ringelungsstelle vom Wasser berührt wird! Beobachte!
3. Entfernen vom unteren Ende eines Zweiges ein Stück des Holzkörpers, so daß die Rinde erhalten bleibt! Stell den Zweig so ins Wasser, daß nur die Rinde benetzt wird! Beobachte!

An weißblühenden Pflanzen, die in gefärbten Lösungen stehen, können wir den Wasserstrom beobachten. Der Ringelungsversuch zeigt, daß das Wasser nicht in der Rinde (die bei dem Versuch unterbrochen wurde), sondern im Holzkörper

aufsteigt. Es fließt durch die im Holz liegenden Gefäße. Das Welken der Blätter nach der Entfernung des Holzteils bestätigt diese Feststellung.

Die Geschwindigkeit, mit der sich das Wasser in den Pflanzen bewegt, ist bei den einzelnen Pflanzenarten sehr verschieden (s. Tabelle).

Geschwindigkeit der Wasserströmung in Pflanzen

Pflanze	Strömungs- geschwindigkeit m/h
Birke (Holz)	1,6
Lärche (Holz)	2,0
Spitz-Ahorn (Holz)	2,4
Stiel-Eiche (Holz)	43,5
Weizenblatt bei offenen Spaltöffnungen	54,0
Weizenblatt bei geschlossenen Spaltöffnungen	2,4

Für die Bewegung des Wassers in der Pflanze sind mehrere Ursachen erkannt worden. Wir führen hier nur die Wirkung der Transpiration und des Wurzel-druckes an.

Durch die Transpiration verlieren die Blattzellen, die mit der Luft in Berührung kommen, Wasser. Sie ersetzen das Wasser aus weiter innen liegenden Zellen. Diese entziehen es den Gefäßen. Das Wasser strömt von unten her nach, so wie bei einem Rohr, an dem wir saugen. Die Gefäße, die durch die Abgabe des Wassers an die Blattzellen wasserärmer werden, erhalten neues Wasser aus den Wurzel-zellen. Die Wurzelhaare saugen es schließlich aus dem Boden nach (Abb. 46).

Daß die Transpiration für die Wasserbewegung in der Pflanze von Bedeutung ist, weisen wir mit Hilfe eines einfachen Apparates nach (Abb. 47 a): Wir füllen ein U-för-miges Glasrohr zum Teil mit Quecksilber. Über das Quecksilber des einen Schenkels füllen wir Wasser bis zum Rand. Den wassergefüllten Schenkel schließen wir dicht mit einem Stopfen ab, in den wir einen unter Wasser abgeschnittenen beblätterten Zweig gesteckt haben. Das U-Rohr befestigen wir an einem Stativ.

Nach einiger Zeit hat sich das Quecksilber in dem mit dem Zweig versehenen Schenkel gehoben. Da die Pflanze Wasser abgibt und es aus dem Schenkel des Gefäßes ersetzt, entsteht in diesem ein Unterdruck, der durch den Luftdruck ausgeglichen wird. Infolge-dessen steigt das Quecksilber.

Den durch die Transpiration hervorgerufenen Zug, der zur Bewegung des Wassers in der Pflanze führt, bezeichnet man als **Transpirationszug**.

Wir können einen Vergleichsversuch durchführen: Wir verwenden denselben Apparat, ersetzen aber den Zweig durch einen von feinen Hohlräumen (Kapillaren) durchsetzten Körper, einen Gipspilz, den wir für diesen Zweck frisch herstellen. Im Schenkel des

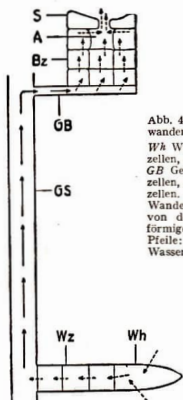


Abb. 46 Schema der Wasserwanderung in der Pflanze

Wh Wurzelhaar, Wz Wurzelzellen, GS Gefäß im Stängel, GB Gefäß im Blatt, Bz Blattzellen, A Atemhöhle, S Schließzelle. Unterbrochene Pfeile: Wanderung durch Diffusion, von der Atemhöhle ab gasförmiges Wasser; ausgezogene Pfeile: Wanderung flüssigen Wassers in den Gefäßen

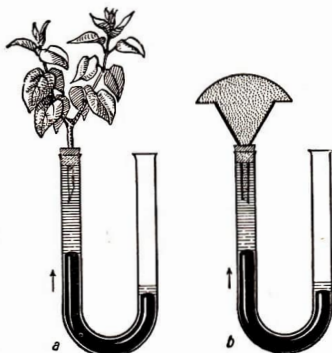


Abb. 47 Transpirationsversuch

a Saugwirkung eines belaubten Zweiges, b Saugwirkung eines Gipspilzes

Apparates bemerken wir gleichfalls das Aufsteigen des Quecksilbers (Abb. 47b). Der Transpirationszug beruht also auf allgemeinen physikalischen Vorgängen, die auch in der unbelebten Natur ablaufen.

Wir können das Austreten von Wasser an der Schnittfläche des Stumpfes einer im Frühling gefällten Birke beobachten, ebenso an einem zurückgeschnittenen Weinstock. Das Austreten der Flüssigkeit bezeichnet man als Bluten, es beruht auf einer Druckwirkung der Wurzeln. Eine Birke gibt an einem Tage aus einer Wunde oft bis zu fünf Liter Blutungssaft ab.

Der **Wurzeldruck** wird von Wurzelzellen erzeugt, die das Wasser in die Gefäße der Leitbündel pressen. Er ist bei Bäumen nur im Frühling wirksam, wenn die Blätter fehlen, die Transpiration also nicht wirksam ist. Der Wurzeldruck hat im allgemeinen eine Stärke bis zu drei Atmosphären.

Die Nährstoffe des Bodens

Durch Düngung führen wir den Kulturpflanzen Superphosphat, Kali, Kalk und andere Stoffe zu, um ihr Gedeihen zu fördern. All diese Stoffe sind Salze (oder sie bilden im Boden Salze), die man wegen ihrer wachstumsfördernden Wirkung als Nährsalze bezeichnet.

Die Nährlösung. Das regelmäßige Auftreten von Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Schwefel, Phosphor und Stickstoff in der Pflanze weist darauf hin, daß Salze, die diese Stoffe enthalten, für die Pflanze unentbehrlich sind. Bemerkens-

wert ist, daß auch der Stickstoff zu den Stoffen gehört, die den Pflanzen als Salz zugeführt werden, obwohl er als Element hauptsächlich Anteil an der Zusammensetzung der Luft hat. Den Luftstickstoff jedoch vermögen die Organismen (abgesehen von einigen Bakterien) nicht zu verarbeiten.

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. Bei ihrer Zusammenstellung müssen wir die Mengen der einzelnen Stoffe beachten, da die Pflanze von dem einen Element mehr, von dem anderen weniger benötigt. Die Salze der Spurenelemente brauchen nicht beigelegt zu werden, da sie als Verunreinigungen der übrigen Stoffe den Pflanzen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Wir achten weiter darauf, daß die Konzentration der Lösung nicht zu hoch ist, damit es nicht in den Zellen der Pflanze zur Plasmolyse kommt. Man kann die Nährlösung in verschiedener Weise zusammensetzen. Häufig werden folgende Lösungen angewendet:

KNOPSche Nährlösung

1000 g destilliertes Wasser, H_2O
 1 g Calciumnitrat, $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$
 0,25 g Monokaliumphosphat, KH_2PO_4
 0,25 g Magnesiumsulfat, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
 0,12 g Kaliumchlorid, KCl
 ein Tropfen Eisenchlorid, $FeCl_3$

VON DER CRONESche Nährlösung

1000 g destilliertes Wasser, H_2O
 1 g Kaliumnitrat, KNO_3
 0,5 g Calciumsulfat, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
 0,5 g Magnesiumsulfat, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
 0,25 g Calciumphosphat, $Ca_3(PO_4)_2$
 0,25 g Eisenphosphat, $Fe_3(PO_4)_2$

Wir füllen die Lösung in ein Glas, das wir mit Tüllstoff überspannen. Dann stecken wir die Wurzel eines Bohnenkeimlings (Samen zwischen feuchtem Papier oder in nassen Sägespänen keimen lassen) vorsichtig durch eine größere Masche des Tüllstoffes, so daß sie mit der Spitze in die Lösung taucht (Abb. 48). 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 Atemluft zu versorgen.

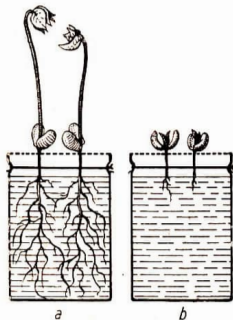


Abb. 48 Pflanzen in einer Wasserkultur
 a Bohnenkeimlinge in voller Nährlösung,
 b in nährstofffreiem (destilliertem) Wasser

Wir beobachten die Pflanze in der folgenden Zeit und stellen fest, daß sie ebenso wächst wie die Pflanzen, die im Boden wurzeln. Wir erkennen, daß Pflanzen ohne die festen Bestandteile des Bodens zu leben vermögen. Sie kommen mit den ihnen gegebenen Nährsalzen aus. 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. 48b).

Im Gartenbau wird die Nährlösungskultur praktisch angewendet. Man zieht im Gewächshaus Gurken oder andere wertvolle Pflanzen in reiner Nährlösung oder in Sand, Kies oder Torf,

die regelmäßig mit Nährlösung durchfeuchtet werden, heran; diese Verfahren bezeichnet man als **Hydroponik**.

Die Nährsalze. Pflanzen, die im Boden wurzeln, entziehen die Nährsalze dem Bodenwasser. Sie entnehmen nur bestimmte Stoffe, wählen also gewissermaßen aus.

Salze bestehen aus zwei Bestandteilen, aus dem Metall und dem Säurerest (z. B. Kalk aus Ca und CO_3). Die Pflanze verwertet die Salze nicht im ganzen, sondern nimmt die einzelnen Salzbestandteile auf. Das für ihr Leben wichtige Calcium entnimmt sie dem Kalk (CaCO_3), dem Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) oder einem anderen Calciumsalz. Das Kalium entzieht sie einem Kaliumsalz, die anderen für sie unentbehrlichen Metalle den entsprechenden Stoffen. Die beiden Nichtmetalle Phosphor und Schwefel gewinnt die Pflanze aus den Säureresten PO_4 und SO_4 . Stickstoff liefern ihr zwei Bestandteile, und zwar der Säurerest NO_3 und die sich chemisch wie ein Metall verhaltende Gruppe NH_4 , die als Ammonium bezeichnet wird (s. Tabelle).

Einige Pflanzennährsalze und ihre Bestandteile¹

K	Ca	Mg	Fe	PO_4	SO_4	NO_3	NH_4
K_2CO_3 Kalium- karbonat	CaCO_3 Calcium- karbonat	MgCO_3 Magnesium- karbonat	FeSO_4 Eisen- sulfat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ Calcium- phosphat	CaSO_4 Calcium- sulfat	NaNO_3 Natrium- nitrat	NH_4NO_3 Ammonium- nitrat
KNO_3 Kalium- nitrat	CaSO_4 Calcium- sulfat	MgSO_4 Magnesium- sulfat	FeCl_2 Eisen- chlorid	KH_2PO_4 Mono- kalium- phosphat	Na_2SO_4 Natrium- sulfat	KNO_3 Kalium- nitrat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ Ammonium- sulfat

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

Die Salzbestandteile wandern mit dem Wasser in die Wurzelhaarzellen ein und verteilen sich dann auf die übrigen Zellen der Pflanze.

Die Elemente der Salze werden in der Pflanze mannigfach verwendet. Stickstoff, Phosphor und Schwefel werden vor allem zum Aufbau des Protoplasmas gebraucht. Sie sind also Baustoffe der Pflanzen. Andere wiederum veranlassen bestimmte Vorgänge im Pflanzenkörper; so regeln Kalium und Calcium den Wassergehalt des Protoplasmas.

Die Assimilation des Kohlenstoffs

Den gesamten Kohlenstoff, den die grünen Pflanzen für den Aufbau der verschiedenen chemischen Verbindungen ihres Körpers brauchen, entnehmen sie dem Kohlendioxyd der Luft. Der Luft wird andererseits durch die Atmung der

¹ Unentbehrliche Salzbestandteile sind durch Fettdruck hervorgehoben.

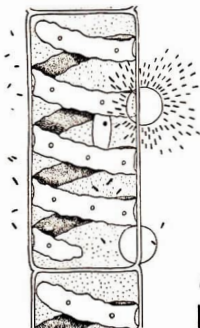


Abb. 49 Nachweis der Sauerstoffbildung bei der Assimilation. Eine im Dunkeln gehaltene Zelle der Schraubenalge wird an einer Stelle belichtet. Trifft der Lichtstrahl eine Windung des Chlorophyllbandes, kann die Alge assimilieren; um den abgegebenen Sauerstoff sammeln sich sauerstoffliebende Bakterien. Trifft der Lichtstrahl eine Stelle zwischen den Windungen des Chlorophyllbandes, findet keine Photosynthese statt, die Bakterien werden nicht angezogen.

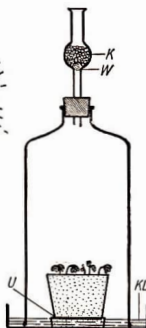


Abb. 50 Senfkeimlinge in kohlendioxidfreier Luft (Hungerkultur). Die Pflanzen stehen in einem Untersatz mit Wasser in einem Gefäß mit Kalilauge. Die Belüftung erfolgt durch ein Rohr, das mit Natronkalk gefüllt ist. Natronkalk und Kalilauge absorbieren das CO_2 der Luft. Die Pflanzen kümmern, da sie ohne Kohlendioxid nicht assimilieren können.

K Natronkalk, KL Kalilauge, U Untersatz mit Wasser
W Watte

Organismen sowie durch Verbrennungsvorgänge ständig Kohlendioxid zugeführt, so daß die Entnahme durch die grünen Pflanzen ausgeglichen wird und sein Anteil an der Luft etwa gleichbleibt (0,03 %; in 10000 Litern also etwa 3 Liter).

Den gesamten Vorgang der Aufnahme und Verarbeitung des Kohlenstoffs aus dem Kohlendioxid bezeichnet man als **Kohlenstoff-Assimilation**.

Für einfache Versuche zur Kohlenstoff-Assimilation eignen sich untergetaucht lebende Wasserpflanzen besonders gut (Abb. 51). Versuche mit Landpflanzen setzen meist kompliziertere Versuchsanordnungen voraus (Abb. 50).

Aufgaben

1. Bring Sprosse der Wasserpest in ein Reagenzglas mit frischem Wasser! Setz das Glas dem Licht aus! Zähl die in einem bestimmten Zeitabschnitt aufsteigenden Bläschen!
2. Bring das Reagenzglas mit den Wasserpestsprossen abwechselnd ins helle Licht, an weniger gut belichtete Stellen und in den Schatten! Zähl jeweils die in einem bestimmten Zeitabschnitt aufsteigenden Gasbläschen!
3. Bring Wasserpestsprosse in ein Gefäß mit Wasser! Deck darüber einen umgestülpten Trichter! Füll ein kleines Reagenzglas mit Wasser und stülpe es auf das Rohr des Trichters (Abb. 51)! Setz die Vorrichtung so lange dem

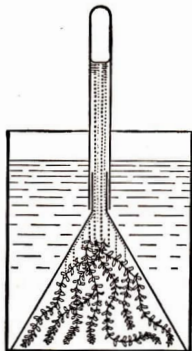


Abb. 51 Bildung von Sauerstoffbläschen bei der Kohlenstoff-Assimilation von Zweigen der Wasserpest

Licht aus, bis sich im Reagenzglas eine größere Menge Gas angesammelt hat! Prüf das Gas mit einem glimmenden Span (Sauerstoffprobe)!

4. Führe Aufgabe 3 mit abgekochtem Wasser aus! Beobachte! Setz dem Wasser später Kohlendioxyd zu (Einblasen von Atemluft, Zugabe von Selterswasser)! Beobachte!
5. Führe Aufgabe 3 mit Pflanzenteilen aus, die nicht grün gefärbt sind (z. B. Wurzeln, Fruchtkörper von Pilzen)!
6. Verwende für Versuch 3 abgestorbene (z. B. vertrocknete) grüne Pflanzenteile!

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

Das Kohlendioxyd der Luft gelangt durch die Spaltöffnungen und die Zwischenzellräume infolge der Gasdiffusion bis zu den Grundgewebezellen des Blattes. In den Zellen des Palisadengewebes und des Schwammgewebes liegen Farbstoffkörper, die einen grünen Farbstoff, das **Blattgrün** oder Chlorophyll, enthalten. Sie werden danach als Blattgrünkörper oder Chlorophyllkörper bezeichnet. Das Blattgrün hat für die Kohlenstoff-Assimilation größte Bedeutung (Abb. 49).

In den Blattgrünkörpern entsteht durch einen komplizierten chemischen Prozeß aus Kohlendioxyd und Wasser Traubenzucker; dabei wird Sauerstoff frei.

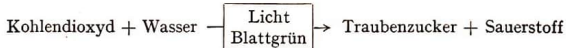
Der Sauerstoff verläßt die Zellen und die Blätter durch Gasdiffusion auf dem gleichen Wege, auf dem Kohlendioxyd eindringt.

Es handelt sich bei der Kohlenstoff-Assimilation um einen chemischen Prozeß, der nur mit Hilfe besonderer Farbstoffe (vor allem Blattgrün) und unter dem Einfluß des Lichtes abläuft; wir nennen solche chemischen Vorgänge **photochemische Reaktionen**. Da bei der Kohlenstoff-Assimilation aus dem einfachen Kohlendioxyd der kompliziertere Traubenzucker aufgebaut wird, ist sie eine **Synthese**. Man bezeichnet die Kohlenstoff-Assimilation der grünen Pflanzen als **Photosynthese**.

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

1. Nur wenn die grüne Pflanze vom Licht getroffen wird, wird Sauerstoff abgeschieden. Nur unter dem Einfluß von Licht wird Kohlenstoff assimiliert.
2. Je stärker die Pflanze belichtet wird, desto heftiger läuft die Photosynthese ab.
3. In Pflanzenteilen ohne Blattgrün findet keine Photosynthese statt.
4. In abgestorbenen grünen Pflanzenteilen findet keine Photosynthese statt.
5. Steht der grünen Pflanze kein Kohlendioxyd zur Verfügung (z. B. in abgekochtem Wasser), so ist die Kohlenstoff-Assimilation durch Photosynthese unmöglich.

Den Vorgang der Photosynthese stellen wir folgendermaßen dar:



Die Bildung der Stärke. Die meisten Pflanzen verwandeln den bei der Photosynthese gebildeten Zucker sofort in Stärke. Sie tritt in Form feiner Körnchen in den Farbstoffkörpern auf (Abb. 52). Durch einen einfachen Versuch läßt sich diese Stärke nachweisen.

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 Alkohol, den wir mehrere Stunden einwirken lassen, lösen wir das Blattgrün aus dem Blatt. (Vorsicht! Alkohol ist leicht brennbar, er muß daher im Wasserbad, also ohne offene Flamme, erhitzt werden!) Schließlich bringen wir das Blatt in Jodlösung (Jodlösung färbt Stärke blau: Stärkereaktion).

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

Durch den Versuch wird nachgewiesen, daß in dem Teil des Blattes, in dem die Photosynthese stattfindet, Stärke erzeugt wird. 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 vor sich geht.

Aufgabe

Koch etwas Stärkemehl in Wasser! Schüttele, um Anbrennen oder Verkleistern zu verhindern! Bring einen Tropfen Jodlösung dazu! Beobachte die Blaufärbung! Prüf bei stärkehaltigen Pflanzenteilen (z. B. Kartoffelknolle, Getreidekorn) die Stärkereaktion mit Jodlösung!

Die Abwanderung der Assimilate aus dem Blatt. Die Stoffe, die durch die Photosynthese und durch die nachfolgenden Vorgänge in den grünen Blättern entstehen, vor allem also Zucker und Stärke, bezeichnet man als **Assimilate**. Die Assimilate

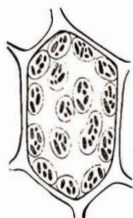


Abb. 52 Assimilationsstärke in den Blattgrünkörpern einer Moosblattzelle



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





Abb. 54
Bastringelung bei
einem Obstbaum. Die
Rinde wird in einem
15 cm breiten Streifen
entfernt.

bleiben nach ihrer Bildung nicht in den Blättern, sie werden an anderen Stellen der Pflanze als Nährstoffe benötigt.

Während der wasserlösliche Zucker ohne weiteres transportiert werden kann, muß die unlösliche Stärke vorher in Zucker umgewandelt werden. Durch Diffusion dringt der Zucker von Zelle zu Zelle bis zu den Leitbündeln und in ihnen innerhalb der Siebröhren abwärts in die Sproßachse. Der Abtransport der Assimilate findet während der Dunkelheit, also in der Nacht statt.

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. 54). Durch diese Maßnahme werden die Siebröhren, die im Bast der Baumrinde verlaufen, unterbrochen. Die aus den Blättern kommenden Assimilate können nur bis zur Ringelungsstelle gelangen. Sie verbleiben daher in der Krone des Baumes und fördern dort die Aus-

bildung der Organe. So wird bei schlecht tragenden Obstbäumen eine Erhöhung des Fruchtansatzes und eine bessere Ausbildung der Früchte erreicht.

Verwendung und Speicherung der Assimilate. Mit Hilfe des Zuckers bauen die Zellen der Pflanzen die verschiedensten Stoffe auf: das Eiweiß, aus dem vor allem das Protoplasma besteht, die Zellulose der Zellwände, die Säuren und Farbstoffe des Zellsaftes sowie die Duft- und Giftstoffe. Der Zucker ist Ausgangsstoff für alle kohlenstoffhaltigen Verbindungen der Pflanzen.

Vielfach wird der Zucker in Reservestoffe umgebildet, die in besonderen Organen gelagert werden. Die häufigsten Reservestoffe sind Stärke und Öl. Die gespeicherte Stärke bezeichnen wir als **Speicherstärke**, im Gegensatz zu der in den Blattgrünkörpern bei der Photosynthese entstehenden **Assimilationsstärke**. 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 Mark und in den Markstrahlen.

Der Vorrat, der während der stärksten Tätigkeit der Blätter (bei einigen Pflanzen im Frühling, bei den meisten während des Sommers, bei der Zuckerrübe und anderen erst im Herbst) angelegt wird, dient zur Ausbildung neuer Pflanzenteile (Triebe, Blätter u. a.). Die Reservestoffe im Samen ernähren die Keimpflanzen bis zur Ausbildung der ersten grünen Blätter, mit denen sie die Photosynthese durchführen können.

Aufgaben

1. Schneid eine Kartoffel an! Schab an der Schnittfläche leicht mit dem Messer! Bring etwas von dem Abgeschabten auf einem Objektträger in einen Tropfen Wasser! Leg ein Deckglas auf! Untersuch das Präparat mit dem Mikroskop!

- Zeichne die Stärkekörner! Bring an den Rand des Deckglases einen Tropfen Jodlösung! Beobachte die Blaufärbung! Untersuche verschiedene Getreidekörner und Samen der Erbse oder Bohne in der gleichen Weise!
2. Koste ein Stückchen von Zuckerrübe und Möhre!
 3. Preß Samen von Raps, Mohn und Lein zwischen Papier! Gib neben die so entstandenen Flecke einen Wassertropfen und einen Öltropfen! Vergleich nach dem Trocknen!

Kartoffelknollen, Getreidekörner und Samen von Erbse und Bohne enthalten Stärkekörner (Reservestärke), die bei den einzelnen Arten in verschiedener Gestalt auftreten (Abb. 55).

Zuckerrübe und Möhre enthalten Zucker.

Samen von Mohn, Raps und Lein enthalten Öl.

Durch unsere einfachen Versuche wurde nicht das Eiweiß nachgewiesen, das gleichfalls in Speicherorganen, meist neben anderen Speicherstoffen, auftritt. Bekannt ist uns das Eiweiß in der Randschicht der Getreidekörner (Abb. 56), sowie in den Samen von Erbse und Bohne.

Die Bedeutung der Assimilation des Kohlenstoffs. Kaum ein anderer Vorgang bei Lebewesen kann an Bedeutung der Assimilation des Kohlenstoffs und besonders der Photosynthese gleichgesetzt werden. Sie liefert aus einfachen Stoffen, aus Kohlendioxyd und Wasser, die komplizierten Verbindungen, ohne die das Leben der Pflanzen undenkbar ist. Auch die Tiere und der Mensch leben von den organischen Stoffen, die die grünen Pflanzen erzeugen.

Da im wesentlichen die Blätter Kohlenstoff assimilieren, sind sie für die Pflanzen von größter Bedeutung. In der Landwirtschaft und im Gartenbau werden daher blattschädigende Pilze und blattfressende Insekten (z. B. Mehltau, Rostpilze, Kartoffelkäfer, Rübenaskäfer, Kohlerdföhe) bekämpft.

Einige Bakterienarten, zum Beispiel die Schwefelbakterien, sind imstande, ohne das Sonnenlicht Kohlendioxyd in organische Stoffe zu verwandeln. Dieser Vorgang wird als **Chemosynthese** bezeichnet.



Abb. 55 Speicherstärke verschiedener Pflanzen.
a und b Kartoffelstärke,
c Haferstärke, in Einzelkörnern zerfallend, d Bohnenstärke

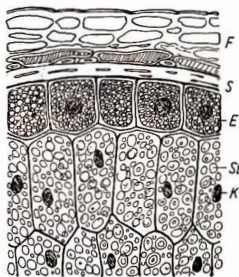


Abb. 56 Schnitt durch den Rand eines Getreidekorns
F Fruchtschale, S Samenschale,
E eiweißspeichernde Zellen,
St Stärkekörner, K Zellkern

Die Dissimilation

Menschen und Tiere nehmen Sauerstoff auf, oxydieren mit seiner Hilfe kohlenstoffhaltige Verbindungen des Körpers (z. B. Traubenzucker) und scheiden Kohlendioxyd sowie Wasser aus. Wir bezeichnen diesen Vorgang als **Atmung**. Durch chemische Vorgänge wird die chemische Energie der kohlenstoffhaltigen Verbindungen in Energieformen umgewandelt (z. B. chemische Energie, Bewegungsenergie, Wärmeenergie), mit denen die Lebensvorgänge aufrechterhalten werden. Ebenso wie Tiere und Menschen gewinnen auch die Pflanzen die Energie für ihre Lebensvorgänge aus der chemischen Veränderung kohlenstoffhaltiger Verbindungen; auch sie nehmen Sauerstoff auf und geben Kohlendioxyd ab. Wir sprechen bei ihnen ebenfalls von **Atmung**. Die bei der Atmung ablaufenden chemischen Prozesse werden mit dem Fachausdruck **Dissimilation** bezeichnet.

Wir stellen als Beispiel den Dissimilationsprozeß, der beim Oxydieren von Traubenzucker stattfindet, dar:



Nachweis der Atmung bei Pflanzen. Wir machen die Atmung der Pflanzen deutlich, indem wir die Abgabe des Kohlendioxyds und die Aufnahme des Sauerstoffs durch die Pflanze feststellen. Zum Nachweis der Stoffe benutzen wir bestimmte Vorgänge: Kohlendioxyd trübt Kalkwasser, bei Sauerstoffmangel erlischt eine Flamme. Auch die Erhöhung der Temperatur eines Pflanzenteiles weist auf den Atmungsvorgang hin, weil bei ihm Wärmeenergie frei wird (Abb. 57 u. 58).

Vergleich von Dissimilation und Photosynthese. Ein Vergleich des Atmungsvorgangs mit der Photosynthese zeigt, daß beide Vorgänge einander entgegengerichtet sind.

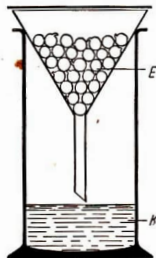
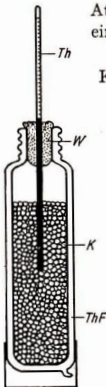
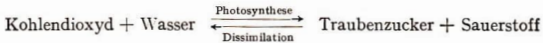


Abb. 57 (Links) Nachweis der Wärmebildung bei der Atmung. Eine Thermosflasche (ThF) wird mit keimenden Erbsen (K) gefüllt und verschlossen. Durch den Wattestopfen (W) ragt ein Thermometer (Th) in die Flasche. Es zeigt die Erhöhung der Temperatur an.

Abb. 58 (Rechts) Nachweis der CO₂-Bildung bei der Atmung. Keimende Erbsen (E) werden in einem Trichter über ein Gefäß mit Kalkwasser (K) gehängt. Das bei der Atmung gebildete CO₂ trübt das Kalkwasser.

Während die Photosynthese der Pflanzen an bestimmte Orte (die chlorophyllhaltigen Zellen der Pflanze) und an eine bestimmte Zeit (die Zeit der Lichteinwirkung durch die Sonne) gebunden ist, verläuft die Dissimilation in allen lebenden Zellen und zu jeder Zeit (s. Tabelle).

Photosynthese und Dissimilation

	Photosynthese	Dissimilation
aufgenommenes Gas	Kohlendioxyd	Sauerstoff
abgegebenes Gas	Sauerstoff	Kohlendioxyd
Ort	Zellen mit Chlorophyll	alle lebenden Zellen
Zeit	bei Beleuchtung	jederzeit

Bei grünen, vom Licht getroffenen Pflanzenteilen wird die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlendioxyd bei der Dissimilation nicht deutlich, weil die entgegengesetzten Vorgänge der Photosynthese stärker ablaufen. Die Dissimilation wird von der Photosynthese überdeckt. Genaue Untersuchungen zeigen jedoch, daß nicht der gesamte Sauerstoff, der bei der Photosynthese frei wird, nach außen gelangt. Ein gewisser Teil wird von der Pflanze für die Atmung verbraucht.

Der Energieumsatz bei Pflanzen. Die Pflanze nimmt bei der Photosynthese Energie in Form des Lichtes auf und speichert sie als chemische Energie, die die Bestandteile der Assimilate aneinander bindet. Bei der Spaltung der Assimilate durch die Dissimilation wird die chemische Energie wieder frei (z. B. in Form von Wärmeenergie). Mit Hilfe dieser frei werdenden Energie finden die Lebensvorgänge statt. Messungen ergeben, daß die Energiemengen beider Vorgänge einander entsprechen. Die Energiemenge des Lichtes, die zur Bildung von 180 g Traubenzucker (eines Mols dieses Stoffes) gebraucht wird, beträgt 674 kcal. Dieselbe Energiemenge wird frei, wenn 180 g Traubenzucker bei der Dissimilation in Kohlendioxyd und Wasser gespalten werden. Der Energieumsatz bei Pflanzen folgt also völlig dem überall in der unbelebten wie der belebten Natur gültigen Gesetz von der Erhaltung der Energie.

Werden lebende Pflanzenteile (z. B. Kartoffelknollen) längere Zeit aufbewahrt, so wird ein Teil ihrer gespeicherten Kohlenstoffverbindungen bei der Dissimilation verbraucht. Während des Winters treten zum Beispiel beim Lagern der Kartoffelknollen deutliche Verluste an Stärke ein. Ebenso vermindert sich bei Zuckerrüben durch lange Lagerung der Zuckergehalt. Um den Zuckerverlust zu vermeiden, fährt man die Rüben möglichst rasch nach der Ernte zu den Zuckerfabriken und verarbeitet sie dort sofort (Zuckerrübenkampagne). Atmungsverluste treten auch bei lagerndem Grünfutter und bei feucht gelagertem Getreide auf. Man vermeidet sie durch rasches Trocknen (Abtöten der Pflanzenteile). Ebenso verliert Gemüse, das längere Zeit in den Haushaltungen aufbewahrt wird, an Wert.

Bei leicht angefrorenen Kartoffeln ist uns der Atmungs Vorgang von Nutzen. Werden sie in einem warmen Raum gelagert, so wird zunächst der Zucker dissimiliert, wodurch der süße Geschmack nachläßt.

Der Stoffwechsel heterotropher Organismen

Nur die grünen Pflanzen, die Algen sowie einige wenige Bakterien können mit Hilfe der Photosynthese aus einer einfachen Kohlenstoffverbindung, dem Kohlendioxyd der Luft, die komplizierten Kohlenstoffverbindungen ihres Körpers (z. B. Zucker, Stärke, Eiweiß, Fett) aufbauen. Nur sie können unter Beteiligung von Farbstoffen (vor allem Blattgrün) die Energie des Sonnenlichtes für ihren Stoffwechsel nutzen. Diese Organismen zählen zu den **autotrophen Organismen**.

Die anderen Lebewesen, der Mensch, die Tiere, die Pilze, viele Einzeller (z. B. die Amöbe) und fast alle Bakterien, benötigen zum Leben komplizierte Kohlenstoffverbindungen (z. B. Zucker, Stärke, Eiweiß, Fett). Sie können diese Stoffe nicht aus Kohlendioxyd aufbauen, sondern müssen sie bereits fertig mit ihrer Nahrung aufnehmen. Diese Lebewesen nennen wir **heterotrophe Organismen**.

Auch einige Samenpflanzen, wie die Kleeseide, die Schuppenwurz und die Sommerwurz (Abb. 59), enthalten kein Chlorophyll. Sie können also keine Photosynthese durchführen und ernähren sich heterotroph.

Die Nahrungsgewinnung. Unter den heterotrophen Organismen unterscheidet



Abb. 59 Heterotrophe Samenpflanzen
Kleeseide (links), Schuppenwurz (Mitte) und Sommerwurz (rechts)

man Lebewesen mit tierischer Ernährungsweise (Mensch, Tiere, viele Einzeller), Fäulnisbewohner und Schmarotzer.

Die **Fäulnisbewohner** (Saprophyten) verwerten die Kohlenstoffverbindungen abgestorbener Organismen. Zu ihnen gehören viele Pilze und Bakterien, die im Boden leben und sich von pflanzlichen und tierischen Resten ernähren. Andere, wie Hefen und zahlreiche Schimmelpilze, siedeln sich auf Nahrungsmitteln an, zum Beispiel in zuckerhaltigen Säften und auf Brot.

Die **Schmarotzer** (Parasiten) entziehen anderen Lebewesen die Nährstoffe und schädigen sie dadurch. Sie entsenden Teile ihres Körpers (die Kleeseide besondere Saugorgane, Abb. 60; die Pilze ihr Myzel) in die Gewebe oder Zellen dieser Pflanzen oder Tiere. Die zahlreichen schmarotzenden Bakterien und andere Einzeller leben unmittelbar in den pflanzlichen oder tierischen Geweben. Viele Schmarotzer sind an bestimmte Wirte gebunden.

Zu den Schmarotzern gehören alle Pilze und Bakterien, die unseren Kulturpflanzen schaden. Auch die Kleeseide und andere schmarotzende Blütenpflanzen treten als Schädlinge auf.

Als **Halbschmarotzer** bezeichnet man Pflanzen, die zwar Chlorophyll besitzen und sich durch Photosynthese ernähren, jedoch außerdem anderen Pflanzen Nährlösungen, besonders Wasser und Salze, entziehen. Zu ihnen zählen die als Strauch auf Bäumen (z. B. Apfelbäumen) lebende Mistel (Abb. 61), der im Sommer und Herbst auf Wiesen blühende Augentrost und der Klappertopf, dessen verschiedene Arten als Unkrautpflanzen im Feld und auf Wiesen auftreten. Sie leben auf Wurzeln verschiedener Pflanzen.

Von den Schmarotzern sind die in **Symbiose** lebenden Pflanzen oft nur schwer abzugrenzen. Unter **Symbiose** versteht man das regelmäßige Zusammenleben zweier völlig verschiedener Lebewesen mit beiderseitigem Nutzen. Während der Schmarotzer den Wirt völlig einseitig schädigt, sind bei der Symbiose beide Organismen einander angepaßt. Die Anpassung kann so weit gehen, daß die Lebewesen allein nicht gedeihen können. Bekannte Beispiele für Symbiose sind die Flechten, die Pilzwurzeln zahlreicher Pflanzen und die Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblütengewächse:

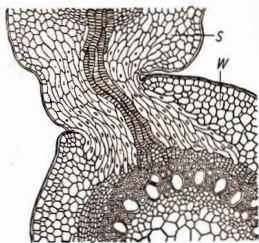


Abb. 60 Saugwarze der Kleeseide, durch die Gefäße der Seide zu den Gefäßen des Klee vordringen, S Seide, W Wirtspflanze

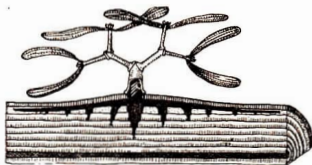


Abb. 61 Die Mistel senkt ihre Saugwurzeln (schwarz) in die Wirtspflanze

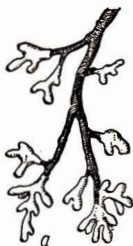
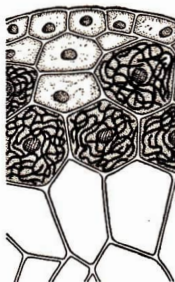


Abb. 62 Pilzwurzel einer Kiefer
a in natürlicher Größe, b vergrößert



Abb. 63 Mykorrhizapilze in den Zellen der Wurzelrinde der Nestwurz



Flechten: Der Körper der Flechten besteht aus dem Geflecht eines Pilzes und aus Algen (meist Grünalgen), die zwischen die Fäden des Pilzes eingelagert sind. Der Pilz nimmt vornehmlich Wasser und Nährsalze auf; in den Zellen der Alge werden durch Photosynthese Assimilate gebildet.

Pilzwurzel (Mykorrhiza): Das Geflecht bestimmter Pilzarten umgibt die Enden feiner Wurzeln der meisten Waldbäume (Abb. 62). Der Pilz saugt Wasser und Nährsalze auf, der Baum liefert die Assimilate. Die Pilzwurzel ist für das Gedeihen des Baumes notwendig; sie ersetzt die bei diesen Bäumen meist fehlenden Wurzelhaare. (Bäume mit Pilzwurzeln, wenigstens ältere, müssen mit Erdballen umgepflanzt werden. Obstbäume dagegen, die keine Pilzwurzel besitzen, werden ohne Erdballen verpflanzt.) Auch manche Kräuter, wie die Orchideen, besitzen eine Pilzwurzel; bei ihnen lebt jedoch der Pilz im wesentlichen im Inneren der Wurzelzellen (Abb. 63).

Wurzelknöllchen: An den Wurzeln der Schmetterlingsblütengewächse bilden sich Knöllchen, die Stickstoffbakterien enthalten. Die Bakterien binden den Stickstoff der Luft und erzeugen Eiweißverbindungen, die die Pflanze aufnimmt. Die Schmetterlingsblütengewächse liefern durch Photosynthese die Assimilate für die Bakterien. Diese Symbiose ist für die Landwirtschaft sehr wichtig (z. B. Gründüngung, Anreicherung von Stickstoff im Boden).

Die Dissimilation. Im allgemeinen verläuft die Dissimilation der heterotrophen Organismen wie die der autotrophen. Abweichende Formen treten jedoch bei einfachen Pilzen (z. B. Hefepilzen) und bei Bakterien auf. Auch bei diesen Organismen erfolgt ein Abbau organischer Stoffe. Die Verbindungen werden jedoch nicht bis zu Kohlendioxyd und Wasser gespalten, sondern der Abbau geschieht nur unvollständig. Dabei gewinnen die Organismen weniger Energie als bei der Spaltung bis zu Kohlendioxyd und Wasser. Die Endprodukte ihrer Dissimilation sind also energiehaltige Verbindungen, zum Beispiel Alkohol und Essigsäure, die von anderen Lebewesen weiter abgebaut und zur Energiegewinnung genutzt werden können.

Vielfach treten bestimmte Arten dieser Lebewesen regelmäßig nacheinander auf: Die jeweils nachfolgenden verwerten die Abbauprodukte der vorausgehenden. Zum Beispiel oxydieren Hefen Zucker zu Alkohol, Essigsäurebakterien verwerten den Alkohol und leben von der Energie, die beim Umsetzen des Alkohols in Essigsäure frei wird.

Solche besonderen Dissimilationsvorgänge sind als Gärung, Fäulnis und Verwesung bekannt.

Gärung: Durch Pilze und Bakterien hervorgerufene Umsetzung von Zucker, Stärke, Alkohol, Eiweiß und Pflanzensäuren sowie anderen Kohlenstoffverbindungen. Einige Gärungsarten sind von großer wirtschaftlicher Bedeutung (s. Tabelle).

Fäulnis: Durch anaerobe (bei Abwesenheit von Luftsauerstoff lebende) Bakterien unter Abschluß von Luft hervorgerufene Umsetzung von Eiweiß in Kohlendioxyd und andere Stoffe, darunter solche von üblem Geruch.

Verwesung: Durch aerobe (bei Anwesenheit von Luftsauerstoff lebende) Bakterien bei reichlichem Luftzutritt hervorgerufene Zersetzung von Eiweiß.

Wichtige Arten der Gärung

Name	Organismen	Ausgangsstoffe des Stoffwechsels	Endprodukt des Stoffwechsels (Beispiele)
Milchsäuregärung	Milchsäurebakterien	Zucker	Milchsäure (im Sauerkraut, im Sauerfutter)
Alkoholische Gärung	Hefepilze	Zucker	Alkohol (Bier, Wein, Spiritus)
Essigsäuregärung	Essigsäurebakterien	Alkohol	Essigsäure (Speiseessig)
Buttersäuregärung	Buttersäurebakterien	Zucker, Stärke, Fette	Buttersäure (in ranziger Butter)

Aufgaben

1. Füll einen Glaskolben zum Teil mit Fruchtsaft! Verschließ ihn mit einem durchbohrten Korken. Steck in den Korken ein zweimal gebogenes Rohr (Abb. 64)! Füh den freien Teil des Rohres zu einem Becherglas mit Kalkwasser! Beobachte die Apparatur täglich! Erkläre!
2. Prüf mit dem Thermoter die Temperatur im Innern eines Dunghaufens! Vergleiche sie mit der Temperatur der Luft! Erkläre!

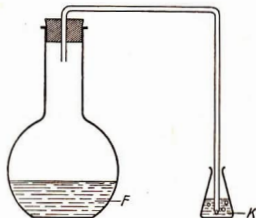


Abb. 64 Nachweis der Gärung
F Fruchtsaft, K Kalkwasser

Die Bedeutung heterotropher Organismen für die Natur

Die heterotrophen Lebewesen zersetzen die von den autotrophen Pflanzen erzeugten komplizierten Kohlenstoffverbindungen und liefern Kohlendioxyd, Ammoniak und Nährsalze, die die Pflanzen für den Aufbau ihres Körpers brauchen. Ohne ihre Tätigkeit wäre das Leben auf der Erde unmöglich, da es keine Rückbildung der in den Pflanzen und Tieren festgelegten Stoffe gäbe. Durch mannigfaltige chemische Umsetzungen schaffen sie neue Stoffe, die für das Gedeihen anderer Lebewesen von Bedeutung sind. Lebewesen, die in besonders starkem Maße den Stoffaustausch in der Natur beeinflussen, sind die Bodenbakterien. Einige von ihnen sind zugleich für die Landwirtschaft und die Forstwirtschaft wichtig.

Humusbildende Bakterien: Es gibt außerordentlich zahlreiche Arten mit verschiedenster Lebensweise. Sie bilden durch Umsetzung pflanzlicher und tierischer Reste neben gasförmigen Stoffen, etwa Kohlendioxyd (CO_2), Ammoniak (NH_3), Schwefelwasserstoff (H_2S), und neben Salzen den meist schwarzen, für das Gedeihen der Pflanzen wichtigen Humus.

Nitrit- und Nitratbakterien: Nitritbakterien verwandeln das durch humusbildende Bakterien aus Eiweiß abgespaltene Ammoniak zu salpetriger Säure (HNO_2); Nitratbakterien oxydieren die salpetrige Säure zu Salpetersäure (HNO_3). Durch die Tätigkeit beider Formen entstehen aus einer flüchtigen Stickstoffverbindung, dem gasförmigen Ammoniak, Verbindungen, die im Boden verbleiben und von den Pflanzen aufgenommen werden können.

Stickstoffabspaltende Bakterien (Denitrifikationsbakterien): Bakterien, die aus Eiweiß und anderen stickstoffhaltigen Verbindungen (z. B. aus Nitraten) elementaren Stickstoff (N_2) abspalten, der in die Luft entweicht. Durch Zerstörung der Stickstoffverbindungen vermindern sie den Vorrat an diesen Stoffen im Boden („Salpeterfresser“).

Stickstoffbakterien: Zu ihnen gehören wenige, jedoch im Boden verbreitet vorkommende Arten, beispielsweise die in Symbiose mit Schmetterlingsblütengewächsen lebenden Knöllchenbakterien. Sie binden elementaren Stickstoff (N_2) an organische Substanz und bauen vor allem Eiweiß auf. Durch ihre Tätigkeit werden die Verluste an gebundenem Stickstoff, die durch andere Bakterien hervorgerufen werden, ausgeglichen. Da sie Stickstoffverbindungen herstellen, die dem Boden auf andere Weise kaum zugeführt werden, zur Erzeugung von Eiweiß und damit zur Bildung des Protoplasmas aber unbedingt erforderlich sind, ist die Tätigkeit der Stickstoffbakterien für das Leben auf der Erde von großer Bedeutung.

Der Kreislauf der Stoffe in der Natur

Durch die Stoffwechseltätigkeit der verschiedenen Lebewesen befinden sich zahlreiche Stoffe in der Natur in dauerndem Kreislauf. Die Stoffe werden von Lebewesen gebunden, in mannigfaltige Formen umgewandelt und schließlich wieder in die Luft und an den Boden abgegeben (Abb. 65 u. 66).

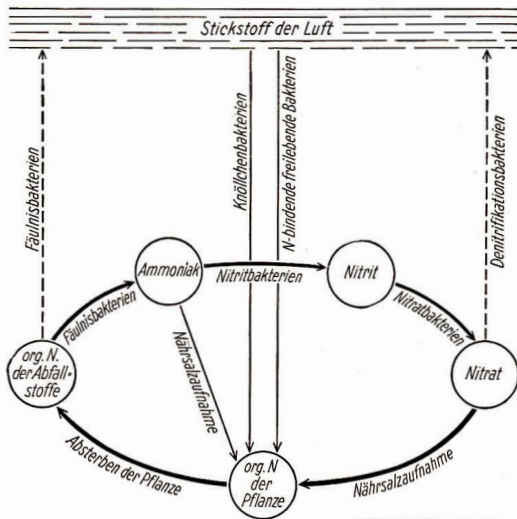
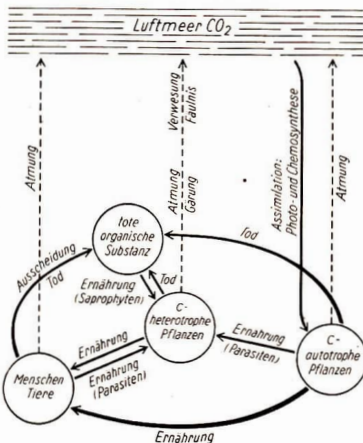


Abb. 65 Kreislauf des Stickstoffs

Abb. 66 Kreislauf des Kohlenstoffs



An manchen Stellen häufen sich die von den autotrophen Pflanzen erzeugten organischen Stoffe an (z. B. Schlamm am Boden von Teichen, Torf in Mooren, Humus im Waldboden). Dies geschieht, weil sich an solchen Stellen der Abbau durch heterotrophe Organismen nicht in entsprechendem Maße vollzieht. Nirgends aber ist zu beobachten, daß durch die Lebewesen die in der Natur vorhandene Stoffmenge verändert wird. Die Lebewesen erzeugen weder Stoffe völlig neu, noch vernichten sie Stoffe.

Wachstum und Entwicklung

Aufgaben

1. Sä einige Samen von Gemüse-Kohl oder einer anderen Gemüsepflanze in einen Blumentopf! Halt die Erde feucht! Beobachte etwa zwei Wochen lang täglich die Veränderung der Pflanzen! Miß täglich die Länge der einzelnen Organe (Stengelglieder, Blätter)! Notier die Meßergebnisse!
2. Sä alle drei Tage drei Samen vom Gemüse-Kohl in einen großen Blumentopf oder in eine Schale! Nimm nach etwa zwei Wochen alle jungen Pflanzen gleichzeitig aus der Erde! Vergleiche! Zeichne!

Wir beobachten, daß die Keimpflanze, die aus der Erde hervorbricht, sich allmählich verändert, indem sie an Größe zunimmt, neue Organe, zum Beispiel Blätter, bildet und bereits bestehende Organe, wie die Stengelglieder, verlängert.

Den Vorgang, der eine bleibende Vergrößerung des Pflanzenkörpers oder seiner Teile herbeiführt, bezeichnen wir als **Wachstum**. Mit ihm ist ein zweiter Vorgang verbunden, die **Entwicklung**. Unter **Entwicklung** versteht man den Wandel, den eine Pflanze im Verlauf ihres Lebens als Keimpflanze, Jungpflanze und fortpflanzungsfähige, blühreife Pflanze durchläuft. Wachstum und Entwicklung sind zwei verschiedene Vorgänge. Man erkennt dies schon daran, daß kräftig gewachsene Jungpflanzen zuweilen größer sind als unter kümmerlichen Umweltbedingungen lebende blühhfähige Pflanzen. Die kräftigen Jungpflanzen sind im Wachstum, die kümmernden blühhfähigen Pflanzen in der Entwicklung weiter fortgeschritten.

Während ihres Lebens durchläuft eine Pflanze mehrere Entwicklungsstufen (Entwicklungsstadien). Bei Kulturpflanzen wurden sie besonders von dem sowjetischen Biologen **LYSENKO** genauer untersucht. Durch ihn und seine Mitarbeiter sind vor allem ein Jarowisations- und ein Lichtstadium nachgewiesen worden.

Jarowisationsstadium. Sät man Winterweizen im Spätherbst, so entwickeln sich die Pflanzen in der uns bekannten Weise bis zur Samenreife im kommenden Sommer. Sät man das Saatgut aber erst im April oder Mai, so bestocken sich die Jungpflanzen außerordentlich stark, indem sie zahlreiche Blattbüschel bilden, erzeugen jedoch keine Halme mit Ähren. Sie kommen offenbar über ein bestimmtes Entwicklungsstadium nicht hinaus. Ursache für das Verharren in diesem Stadium ist das Fehlen des Kältereizes, der während des Winters auf die im Herbst ausgesäten Pflanzen einwirkt. Lagert man nämlich Saatgut des Winterweizens, nachdem es etwas angefeuchtet wurde, vor der Frühljahrsaussaat mehrere Wochen in einem kalten Raum mit Temperaturen zwischen 0° und 2°C , so entwickeln sich die aus ihm hervorgehenden Pflanzen normal.

Die die Entwicklung fördernde Einwirkung des Temperatureizes bezeichnet man als Jarowisation, das Entwicklungsstadium, in dem sie erfolgen muß, als Jarowisationsstadium.

Auch andere Pflanzen weisen während ihrer Entwicklung ein Jarowisationsstadium auf, das nur unter bestimmter Temperatureinwirkung abgeschlossen werden kann. Die Temperaturen sowie die Dauer ihrer Einwirkung sind jedoch für die einzelnen Arten, selbst für einzelne Sorten bestimmter Arten, unterschied-

lich. Bei Sommergetreide erfolgt die Jarowisation bei Temperaturen zwischen 2° und 12°C bei einer Einwirkungsdauer von zwei bis drei Wochen, bei Pflanzen, die aus wärmeren Gebieten der Erde stammen (z.B. bei Mais, Hirse und Baumwolle) bei Temperaturen zwischen 20° und 30°C.

Unter bestimmten Bedingungen (Gebiete mit kurzen Sommern, Verzögerung der Aussaat u. a.) wird in der Sowjetunion und auch in anderen Ländern das Saatgut künstlich jarowisiert. Die Pflanzen können sich dann entweder überhaupt erst normal entwickeln (z. B. Aussaat von Winterweizen im Frühjahr) oder sie entwickeln sich schneller als nichtjarowisiertes Saatgut.

Lichtstadium. Dem Jarowisationsstadium folgt das Lichtstadium, das zur Bildung der Blüten führt. Während dieses Stadiums ist nicht die Temperatur, sondern das Licht der wesentliche äußere Einfluß, der es zum Abschluß bringt und den Übergang zum letzten Stadium, dem Fruchtstadium, herbeiführt. Dabei ist die tägliche Belichtungsdauer oder die Dauer nächtlicher Dunkelheit ausschlaggebend. Für unsere Getreidearten, die zu den sogenannten Langtagspflanzen zählen (s. S. 62), ist während dieses Stadiums eine tägliche Belichtungszeit von mehr als 13 Stunden erforderlich. Die Kurztagspflanzen (z. B. Mais) benötigen in diesem Stadium eine nächtliche Dunkelheit von wenigstens 11 Stunden.

Wir stellen zusammenfassend fest:

1. Die Entwicklung verläuft sprunghaft, sie durchläuft mehrere regelmäßig aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien. Jedes Stadium wird erst begonnen, wenn das vorausgehende abgeschlossen ist.
2. Zur Beendigung jedes Stadiums ist ein bestimmter äußerer Einfluß ausschlaggebend, beim Jarowisationsstadium besondere Temperaturverhältnisse, beim Lichtstadium bestimmte Lichtverhältnisse. Die Entwicklung wird also durch Umweltverhältnisse gesteuert. Das Zusammenwirken von Organismus und Umwelt kommt hierbei deutlich zum Ausdruck.
3. Jede Art oder Sorte benötigt zur Beendigung des gleichen Stadiums eine bestimmte Beeinflussung: Winterweizen braucht eine andere Jarowisationstemperatur als Sommerweizen.
4. Wachstum und Entwicklung sind verschiedene Vorgänge. Das Wachstum führt zur Vergrößerung der Pflanze; durch Wachstum entstehen die Organe, die für das jeweilige Entwicklungsstadium kennzeichnend sind (z. B. nur Blattbüschel, aber keine Halme während des Jarowisationsstadiums bei Winterweizen).

Die Keimung

Die ersten Wachstums- und Entwicklungsvorgänge der Pflanze, die mit dem Quellen der Samen beginnen, bezeichnen wir als Keimung.

Die Samen keimen nur unter bestimmten Bedingungen:

Das Wasser. Wasser ist für die Keimung aller Samen erforderlich. Es muß den Samen und auch der jungen Keimpflanze während des gesamten Keimvorgangs in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Aufgabe

Bring Bohnen- und Erbsensamen in einen Topf mit Sägespänen! Halt den Topf feucht! Prüf täglich die Samen!

Wir beobachten, daß Samen in feuchter Umgebung quellen; sie erweichen und nehmen an Größe zu. Die Keimwurzel, die schon im Samen erkennbar ist, verlängert sich beträchtlich. Später wird die Keimknospe mit jungen Blättern sichtbar.

Die Temperatur. Wir beobachten, daß im allgemeinen eine höhere Temperatur den Keimvorgang fördert, während tiefere Temperaturen ihn verlangsamen.

Aufgabe

Säe Gurkensamen in zwei Blumentöpfe mit feuchter Erde! Bring den einen an einen warmen, den anderen an einen kühlen Ort! Stell die Zeit fest, zu der die Keimlinge die Erde durchbrechen!

Die günstigste Temperatur für das Keimen, das Temperaturoptimum, ist für die einzelnen Arten unterschiedlich (s. Tabelle). Sie liegt bei den Kulturpflanzen im allgemeinen zwischen 25° und 35°C. Abweichende Temperaturen verzögern den Keimvorgang. Die Verzögerung wird um so größer, je mehr die Temperaturen vom Optimum abweichen. Von einem bestimmten Wert, dem Grenzwert, ab ist eine Keimung unmöglich. Die Grenzwerte bezeichnet man als Temperaturminimum (niedrigste Temperatur) und Temperaturmaximum (höchste Temperatur) der Keimung.

Keimtemperaturen, Keimdauer und Dauer der Keimfähigkeit einiger Kulturpflanzen

Kultur- pflanze	Keimtemperaturen			Keimdauer (in Tagen)	Keim- fähigkeit (in Jahren)
	Minimum °C	Optimum °C	Maximum °C		
Roggen	1 bis 2	25	30	1 bis 3	1 bis 2
Weizen	3 bis 4,5	25	30 bis 32	2 bis 3	3 bis 4
Gerste	3 bis 4,5	20	28 bis 30	2 bis 3	3 bis 4
Hafer	4 bis 5	25	30	2 bis 4	2 bis 3
Mais	8 bis 10	32 bis 35	40 bis 44	3 bis 11	3
Zucker- rübe	4 bis 5	25	28 bis 30	4 bis 9	4 bis 5
Erbse	1 bis 2	30	35	2 bis 3	3 bis 4
Busch- bohne	10	32	37	2 bis 6	3 bis 4
Lein	2 bis 3	25	30	2 bis 5	3 bis 4
Tabak	13 bis 14	28	35	6 bis 9	5 bis 6

Manche Pflanzen keimen nur dann, wenn die Samen vorher eine gewisse Zeit hindurch tiefen Temperaturen ausgesetzt worden sind (Frostkeimer). Zu ihnen gehören viele Waldbäume und zahlreiche Unkräuter.

Der Sauerstoff. Wir beobachteten die Temperaturerhöhung bei keimenden Erbsen (Versuch S. 47) und erkannten, daß sie kräftig atmen. So wie sie brauchen alle Samen zur Keimung Sauerstoff. Daher muß der Boden schon zur Aufnahme der Saat sorgfältig vorbereitet werden; zwischen den Bodenteilchen muß genügend Luft für die Atmung der keimenden Samen enthalten sein.

Das Licht. Manche Pflanzen brauchen zur Keimung Licht, andere Dunkelheit. Man bezeichnet sie dementsprechend als Lichtkeimer oder als Dunkelkeimer. Zu den Lichtkeimern gehören die meisten Futtergräser und Doldengewächse (z. B. Möhre, Petersilie) sowie der Tabak. Die Samen oder Früchte der Lichtkeimer dürfen nicht in den Boden gebracht werden. Man sät sie am besten auf die Oberfläche und hält diese feucht. Der Roggen steht den Lichtkeimern nahe. Er muß daher flach gesät werden („Roggen will den Himmel sehn“). Zu den Dunkelkeimern zählen Tomate und Kürbis. Ihre Samen müssen so tief in den Boden gebracht werden, daß das Tageslicht sie nicht mehr trifft. Bei zahlreichen Pflanzenarten ist die Keimung von der Belichtung unabhängig. Sie sind lichtneutral. Zu ihnen zählen fast alle Getreidearten, die Rüben und der Raps.

Aufgabe

Säe Petersilie oder Möhren in verschiedene Tiefen! Stell die Zeit des Aufgehens der Pflanzen fest!

Samen- und Fruchtschale und Keimung. Bei manchen Samen wird die Keimung erschwert, weil sie von einer harten, wasserundurchlässigen Schale (Samenschale, Fruchtschale) umgeben sind. Zu ihnen gehören zahlreiche Schmetterlingsblütengewächse und Doldengewächse, aber auch Rüben, manche Gehölze und Unkräuter. Die Keimung kann sich zuweilen um Jahre verzögern. Die Saat solcher Arten geht ungleichmäßig auf. Um die Samen dieser Pflanzen (z. B. manche Lupinenformen) zum gleichmäßigen Aufgehen zu bringen, ritzt man die Samen- oder Fruchtschalen durch Reiben mit der Hand oder in besonders hierfür gebauten Ritzmaschinen. Die Tatsache, daß in manchen Jahren einzelne Unkrautarten massenhaft auftreten, beruht nicht selten darauf, daß ihre Samen durch Hartschaligkeit jahrelang am Keimen gehindert werden. Unter günstigen Witterungsverhältnissen keimen sie plötzlich.

Keimruhe und Keimstimmung. Hocken (Puppen) des Roggens, die bei anhaltend feuchtwarmem Wetter auf dem Felde stehen, ergrünen im Bereich der Ähren: sie wachsen aus; die noch in der Ähre sitzenden Körner haben zu keimen begonnen. Wir erkennen daran, daß die Roggenkörner sofort nach der Reife in Keimstimmung sind. Bei Weizen und Gerste vergehen mehrere Wochen, bei zahlreichen anderen Pflanzen mehrere Monate, ehe die Körner die Keimstimmung erlangen. Sie befinden sich eine Zeitlang in einem Zustand, den man als Keimruhe bezeichnet. Während der Keimruhe gehen in den Samen chemische Umsetzungen vor sich, die die Keimstimmung herbeiführen. Die länger andauernde Keimruhe vieler Pflanzen verhindert das Auskeimen der Samen im Herbst. Bei manchen Pflanzen wird die

Keimruhe erst dann aufgehoben, wenn bestimmte Bedingungen (z. B. lang anhaltender Frost) gegeben sind.

Keimfähigkeit des Saatguts. Unter Keimfähigkeit verstehen wir den Anteil der zur Keimung gelangenden Samen am Saatgut. Man stellt ihn durch die Keimprobe fest.

Um die Keimfähigkeit eines bestimmten Roggensaatguts festzustellen, zählt man 100 Körner ab und bringt sie in eine Schale (oder auf einen Teller). Den Boden bedeckt man mit feuchtem Papier (Filtrierpapier) oder feuchtem reinem Quarzsand. Durch Abdecken mit einer Glasglocke wird die Verdunstung eingeschränkt. Nach zehn Tagen werden die Jungpflanzen, die sich inzwischen gebildet haben, abgezählt. Da 100 Körner ausgelegt wurden, ergibt die Zahl zugleich den prozentualen Anteil der keimfähigen Körner.

Die Keimfähigkeit des Saatguts einer bestimmten Art oder Sorte ist keineswegs feststehend. Sie kann durch das Alter des Saatguts, durch ungünstige Lagerung, durch Beschädigung beim Drusch, durch Tierfraß und durch Pilzbefall vermindert sein.

Für die verschiedenen Kulturpflanzen sind bestimmte Werte festgelegt, denen das Saatgut entsprechen muß (s. Tabelle).

Keimfähigkeit von gutem 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

Es ist sehr wichtig, die Keimfähigkeit festzustellen. Nach ihr richten sich Auswahl und Menge des Saatguts.

Aufgabe

Prüf die Keimfähigkeit von Saatgut eurer LPG!

Das Wachstum

Das Wachstum der Organe. Das Wachstum der Organe beruht sowohl auf Zellvermehrung als auch auf Streckung der Zellen. Danach unterscheiden wir Zellvermehrungswachstum und Streckungswachstum. Das **Zellvermehrungswachstum** geht nur im Bildungsgewebe vor sich. In jungen, aus Dauergeweben bestehenden Organen findet nur **Streckungswachstum** statt (s. S. 16). Organe der Pflanzen, die aus völlig gestreckten Zellen bestehen (z. B. ausgebildete Blätter), wachsen nicht mehr.

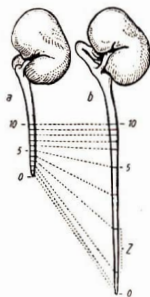


Abb. 67 Streckungswachstum der Wurzelspitze einer Saubohne

a Markierung vor, b nach der Streckung, Z Zone des stärksten Streckungswachstums

An Wurzeln oder Sproßachsen, also an Organen, in deren Vegetationskegeln ständig neue Zellen entstehen, läßt sich die Wirkung beider Arten des Wachstums durch Versuche feststellen.

Wir lassen einen Bohnensamen im Dunkeln keimen. Wenn seine Wurzel die Länge von etwa 2,5 cm erreicht hat, tragen wir, von der Spitze ausgehend, in je ein Millimeter Entfernung feine Tuschestriche auf sie auf. Die Bohne befestigen wir mit einer Nadel an der Unterseite eines großen Korkens. Wir verschließen mit dem Korken eine weithalsige Flasche, in die wir vorher Wasser gefüllt haben. (Nicht zuviel Wasser einfüllen, die sich verlängernde Wurzel darf den Spiegel nicht berühren! Gefahr der Verwischung der Tuschestriche!) Nach ein oder zwei Tagen messen wir die Entfernung der Tuschestriche.

Wir stellen fest, daß sich in der Zwischenzeit die Entfernung der Striche in verschiedenem Maße verändert hat. In der äußersten Spitze der Wurzel sind sie nur wenig auseinandergedrückt, in der Mitte dagegen beträchtlich, am Grunde ist die Entfernung fast gleichgeblieben (Abb. 67).

In der Wurzelspitze findet das Zellvermehrungswachstum statt; es werden Zellen gebildet, aber das Organ wird nicht wesentlich vergrößert. In der Mitte der Wurzel strecken sich die Zellen, die in der Wurzelspitze entstehen. Am Grunde der Wurzel ist die Streckung der Zellen nahezu abgeschlossen.

Wachstum und Entwicklung der Organe werden durch äußere und innere Einflüsse bestimmt. Zu den äußeren Einflüssen gehören Licht, Wärme, Feuchtigkeit und chemische Stoffe, zu den inneren Einflüssen vor allem die Wuchsstoffe (s. S. 62).

Das Licht. Das Streckungswachstum wird bei Lichtmangel gefördert, bei Lichteinfluß dagegen vermindert. Die übermäßige Streckung durch Lichtmangel führt zu einer Schädigung des Pflanzenkörpers, da Blätter und Stengel schwach bleiben und kein Chlorophyll gebildet wird (Abb. 68). Man bezeichnet diese Erscheinung als Vergeilung. Hält die Vergeilung an, so sterben die Pflanzen ab. Bei Getreide wirkt sich die Vergeilung ertragsmindernd aus.

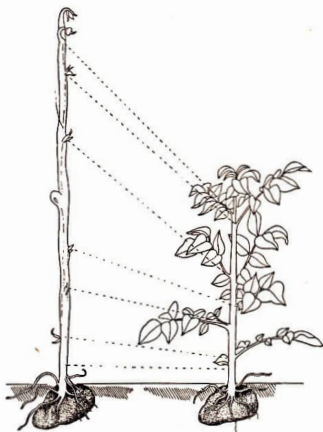


Abb. 68 Wachstum eines Kartoffeltriebes bei Dunkelheit (links) und Licht (rechts)

Aufgaben

1. Zieh in zwei Blumentöpfen junge Bohnenpflanzen heran! Laß den einen Topf offen stehen! Überdeck den anderen mit einer Schachtel aus schwarzem Papier! Vergleich das Wachstum der Pflanzen!
2. Laß einige Kartoffelknollen im Licht, andere im Dunkeln treiben!
3. Säe Samen einer Gemüsepflanzenart (z. B. Gemüse-Kohl) in zwei Blumentöpfe! Säe die Samen in den einen Topf dicht, in den anderen locker! Stell beide Töpfe am gleichen Ort auf! Beobachte!
4. Miß auf einem Feld die Länge von dicht und locker gesäten Pflanzen derselben Art!

In der Gärtnerei erzeugt man bei Spargel und Endivie zarte Stengel und Blätter, indem man sie vergeilen läßt. Darum bedeckt (behäufelt) man die Pflanzen mehrmals mit Erde.

Aufgabe

Säe in zwei Blumentöpfe Kürbiskerne! Stell den einen an einen warmen, den anderen an einen kühlen Ort! (Wähle Orte, an denen beide gut belichtet werden!) Vergleich das Wachstum der Jungpflanzen!

Die Temperatur. Wir können beobachten, daß im allgemeinen das Wachstum durch höhere Temperaturen gefördert, durch tiefere gehemmt wird. Wie für die Keimung, so läßt sich auch für das Wachstum der einzelnen Pflanzenarten eine günstigste Temperatur feststellen, das Temperaturoptimum des Wachstums. Sie liegt für die meisten Pflanzen zwischen 10° und 30°C . Das Temperaturminimum (untere Temperaturgrenze für das Wachstum) liegt bei heimischen Arten meist bei 0° bis 1°C , bei Arten der Tropen jedoch bei 10°C . Das Temperaturmaximum liegt für die meisten Pflanzen bei 40° bis 45°C .

Durch Unterschreiten oder Überschreiten der Temperaturengrenzen wird noch nicht der Tod der Pflanzen herbeigeführt. So vertragen die ausdauernden heimischen Pflanzen während des Winters Temperaturen, die weit tiefer als ihr Temperaturminimum für das Wachstum liegen.

Die Feuchtigkeit. Große Trockenheit im Frühjahr und im Frühsommer führen zu einer schlechten Heuernte. Der Mangel an Feuchtigkeit hemmt das Wachstum der Pflanzen. Hinzu kommt, daß bei Trockenheit Stengel und Blätter härter werden, da sich das Festigungsgewebe verstärkt, daß eine derbere Kutikula ausgebildet wird und daß bei vielen Pflanzen die Behaarung zunimmt. Bei Futterpflanzen wird also durch Trockenheit nicht nur die Menge, sondern auch die Qualität des Ernteguts herabgesetzt. Ebenso wird das Wachstum der übrigen Kulturpflanzen (z. B. der Gemüsepflanzen) durch Mangel an Feuchtigkeit beeinträchtigt.

Aufgabe

Halt den einen Teil eines mit einer bestimmten Gemüsepflanze bestellten Beets regelmäßig feucht, indem du ihn an niederschlagsfreien Tagen bewässerst! Begieß den anderen Teil nicht! Beobachte das Wachstum auf beiden Teilen!

Die Bodennährstoffe. Auf unregelmäßig gedüngten Feldern beobachten wir Stellen mit kräftigem Pflanzenbestand und solche mit dürrtigem Wuchs. Wir erkennen daran, daß der Nährsalzgehalt des Bodens das Wachstum der Pflanzen beeinflußt. Bei Wiesen, die ungleichmäßig mit Jauche gedüngt wurden, sehen wir üppig grüne Stellen, die einen Überfluß an Jauche erhalten haben, und hellere mit geringerem Wuchs, die nicht genügend gedüngt wurden.

Aufgabe

Vergleich ein mit der Maschine gedüngtes Feld mit einem Feld, das mit der Hand gedüngt wurde!

Wuchsstoffe. Von den Pflanzen werden eine Reihe organischer Stoffe, die die Wachstumsvorgänge beeinflussen, in äußerst geringen Mengen erzeugt. Man bezeichnet diese Stoffe als Wuchsstoffe. Sie verbleiben nicht an ihrem Bildungsort, sondern wandern in der Pflanze mit dem Assimilationsstrom. Im allgemeinen fördern sie das Streckungswachstum an den Stellen, zu denen sie geleitet werden. Entsprechende Stoffe werden heute auch künstlich durch die chemische Industrie hergestellt. Sie sind in den Wuchsstoffmitteln enthalten, die in Gartenbau und Landwirtschaft verwendet werden. In der Gärtnerei behandelt man vielfach Stecklinge mit Wuchsstoffmitteln, um die Bildung der Wurzeln anzuregen und so ein rasches Anwachsen der Pflanze zu erreichen.

In der Landwirtschaft verwendet man andere Wuchsstoffmittel (Spritz-Hormit und Stäube-Hormin). Man setzt sie hier zum Vernichten der Unkräuter auf Getreidefeldern ein. Während diese Stoffe die Getreidepflanzen wegen der geschützten Lage der wachsenden Teile kaum beeinflussen, rufen sie bei zahlreichen Unkrautpflanzen ein unregelmäßiges Wachstum der von ihnen getroffenen Stellen hervor. Schon kurz nach der Behandlung treten Krümmungen, Drehungen und Knotenbildungen auf, die mit so starken Störungen der Lebensvorgänge verbunden sind, daß die Pflanzen bald eingehen.

Besondere Wachstums- und Entwicklungserscheinungen

Langtags- und Kurztagspflanzen. Man bezeichnet einen Tag mit mehr als 13 Tagesstunden und weniger als 11 Nachtstunden als Langtag, einen solchen mit geringerer Zahl von Tagesstunden als Kurztag. Manche Pflanzen benötigen zur Bildung von Blüten und Früchten Langtage, andere dagegen Kurztage. Danach bezeichnet man sie als Langtagspflanzen beziehungsweise Kurztagspflanzen. Es gibt auch Pflanzen, bei denen die Zahl der Tages- und Nachtstunden für die Blüten- und Fruchtbildung bedeutungslos ist. Man nennt sie tagneutrale Pflanzen (s. Tabelle). Die Kurztagspflanzen stammen häufig aus Gebieten, die in der Nähe des Äquators liegen, die Langtagspflanzen sind in der Regel weiter entfernt von ihm beheimatet.

Langtagspflanzen, Kurztagspflanzen und tagneutrale Pflanzen

Gruppe	Kennzeichen	Beispiele
Langtagspflanzen	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
Kurztagspflanzen	Die Dunkelheit der Nacht muß zum normalen Ablauf der Lebensvorgänge und damit auch zur Bildung von Blüten mindestens 11 Stunden dauern	Mais, Sojabohne, Topinambur, Hirse, Weißkohl, Rotkohl
tagneutrale Pflanzen	Die Belichtungsdauer ist ohne Einfluß auf die Bildung von Blüten und Früchten	Raps, Sonnenblume, Rote Rübe, Wirsing, Gartenbohne, Tabak, Weinrebe

Die Aussaatzeit muß so gewählt werden, daß die Entwicklung der Pflanzen in eine Zeit mit günstiger Tageslänge fällt. So sät man Langtagspflanzen zeitig im Frühjahr, damit sie während der langen Tage des Jahres blühen (Abb. 69 u. 70).

Pflanzen, von denen man nicht Früchte, sondern Blätter ernten will, sät man so aus, daß die Blütenbildung verzögert wird. Vom Kopfsalat gibt es Sorten, die zu den Kurztagspflanzen zählen und



Abb. 69 Kurztagspflanze (Hirse)

Links bei 18stündiger Belichtung, rechts bei 12stündiger Belichtung

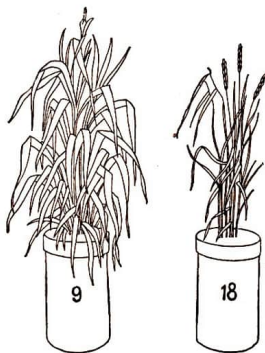


Abb. 70 Langtagspflanze (Gerste)

Links bei 9stündiger Belichtung, rechts bei 18stündiger Belichtung

andere, die Langtagspflanzen sind. Die Langtagspflanzen sät man so aus, daß die Kopfbildung in die Zeit der kurzen Tage fällt (Frühjahr und Herbst). Zur Erzielung von Köpfen im Sommer wählt man dagegen die Kurztagspflanzen.

Aufgabe

Säe verschiedene Sorten des Kopfsalats (Frühsorten und Spätsorten) gleichzeitig! Verpflanze die jungen Pflanzen nach Sorten getrennt auf ein Beet! Beobachte das weitere Wachstum!

Die Regeneration. Nach dem Schnitt einer Wiese entstehen an den zurückbleibenden Sproßteilen der Gräser und Wiesenkräuter neue beblätterte Triebe. Ebenso bilden sich an Baumstümpfen von Laubbäumen oft zahlreiche beblätterte Zweige aus. In beiden Fällen entstehen die neuen Organe aus Bildungsgeweben, die in ruhendem Zustande in der Sproßachse verharren, aus sogenannten schlafenden Augen. Den Ersatz verlorengegangener Organe bezeichnet man als Regeneration.

Der Gärtner nutzt die Regenerationsfähigkeit aus, indem er Pflanzen durch Stecklinge vermehrt. Er schneidet Zweige von Zierpflanzen (z. B. Chrysanthemen, Pelargonien, Fuchsien) ab und steckt sie mit dem unteren Ende in die Erde. Nach einiger Zeit bilden die Stecklinge Wurzeln. Ebenso vermehrt man Obstbäume (z. B. Apfelbäume) und Obststräucher (z. B. Johannisbeeren) durch verholzte Zweige.

Aufgabe

Schneid Stecklinge von Zimmerpflanzen (z. B. von Tradescantie, Fuchsie, Pelargonie)! Stell sie in ein Glas mit Wasser! Beobachte die Wurzelbildung!

Die Korrelation. Entfernt man bei einer Fichte den Wipfel, so richtet sich allmählich ein Ast des obersten Astquirles empor und wächst zu einem neuen Gipfeltrieb aus. Bei einem Obstbaum erreicht man durch den Schnitt das kräftige Austreiben der Knospen, die der Schnittfläche am nächsten liegen. In beiden Fällen handelt es sich nicht um eine Neubildung, sondern um die Umformung vorhandener Organe. Diese Erscheinung bezeichnet man als Korrelation. Sie beruht auf einer Wechselwirkung der Organe.

Aufgabe

Beschneide Zweige von Sträuchern oder Bäumen! Beobachte das Verhalten der der Schnittstelle benachbarten Knospen!

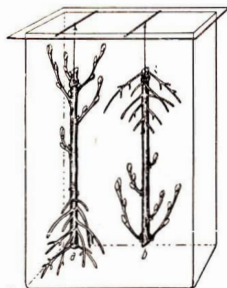


Abb. 71 Polarität; Zweigstück einer Weide, im feuchten Raum austreibend.

a normal, b umgekehrt aufgehängt

Die Polarität. Die Erscheinung, daß die beiden Enden einer Pflanze oder ihrer Organe unterschiedliche Wachstums- und Entwicklungsvorgänge zeigen, bezeichnet man als Polarität.

Bringt man zwei Stücke eines Weidenzweiges in einen dunkel gehaltenen feuchten Raum und hängt sie so, daß bei dem einen das ursprünglich obere Ende nach oben zeigt, bei dem anderen dagegen nach unten, so bilden sich in beiden Fällen am ursprünglichen oberen Ende Zweige, am ursprünglichen unteren Wurzeln (Abb. 71).

Die Bewegungen der Pflanzen

Freie Ortsbewegungen, wie sie bei Tieren die Regel sind, treten unter den Pflanzen nur bei Fortpflanzungszellen auf. Doch auch die im Boden verankerte Pflanze ist nicht bewegungslos. Wir sehen, daß sich die Stengel der Zimmerpflanzen dem Lichte zu krümmen und daß viele Blätter sich so weit drehen, bis sie vom vollen Licht getroffen werden. Am blühenden Besenginster können wir beobachten, daß der Pollen ausgeschleudert wird, wenn die Blüten von Hummeln besucht werden. Auch tote Pflanzenteile, wie abgefallene Kiefernzapfen, führen Bewegungen aus. Bei Trockenheit spreizen die Schuppen der Zapfen auseinander, bei feuchtem Wetter dagegen schließen sie sich. Schließlich sind auch passive Bewegungen für das Leben der Pflanze von Bedeutung, etwa der Transport von Samen und Blütenstaub durch den Wind.

Bewegungsart	Kennzeichen	Beispiele
Passive Bewegung	lebende Pflanzenteile; Bewegung durch Wind, Wasser oder Tiere	Verbreitung von Sporen, Pollenkörnern, Samen, Früchten
Quellungsbewegung	tote Pflanzenteile; Bewegung durch Aufnahme u. Abgabe von Wasser bei unterschiedlicher Wasseraufnahme- u. Wasserabgabefähigkeit der Gewebe	Schuppen der Kiefernzapfen, Früchte des Reiher Schnabels (trocken eingerollt, feucht gestreckt)
Schleuderbewegung	lebende Pflanzenteile; Bewegung durch eine plötzliche Entspannung, die vorher durch benachbarte Organe oder Gewebe verhindert war	Besenginster (Entspannung der Griffelspirale durch Herabklappen des Schiffchens); Springkraut (bei Berührung plötzliches Aufspringen der Frucht u. Fortschleudern des Samens)
Selbsttätige Bewegung	Streckungs- u. Krümmungsbewegung der lebenden Pflanze, durch innere Ursachen bedingt	Aufrichten hängender Blüten, Entfalten der Blüten

Bewegungsart	Kennzeichen	Beispiele
Reizbewegung festsitzender Pflanzen	lebende Pflanzen; Bewegung durch äußere Reize veranlaßt	Aufwärtsrichten der Sproßachse, Abwärtsrichten der Wurzeln, Hin- wenden der Sproßachse zum Licht, Öffnen und Schließen der Blüte bei Licht bzw. Dunkelheit, Bewegungen der Blättchen von Robinien
Ortsbewegung einzelliger pflanzlicher Gebilde	freie Bewegung einzelliger Gebilde im Wasser, in der Regel durch Reize gerichtet	männliche Geschlechtszellen von Moosen u. Farnen



Abb. 72 Der im dunklen Raum gehaltene Bohnenkeimling wächst zur Lichtquelle

Von den Bewegungsarten der Pflanzen sind diejenigen am auffälligsten, die durch äußere Reize hervorgerufen werden. Sie lassen erkennen, daß die Pflanzen äußere Reize aufnehmen und auf sie reagieren. Während bei den männlichen Geschlechtszellen der Moose und Farne, die sich wie Geißelträger fortbewegen, die Reaktion in einer freien Ortsbewegung besteht, beantwortet die festsitzende Pflanze die Reize durch Krümmungsbewegungen.

Die Krümmung von Organen beruht entweder auf ungleichmäßigem Wachstum der Gewebe oder auf Schwankungen der Zellspannung. Die Sproßachsen von Zimmerpflanzen wenden sich dem Lichte zu, da die im Schatten liegende Seite stärker wächst als die vom Licht getroffene (Abb. 72). Zahlreiche Blüten sind bei Tag geöffnet, bei Nacht geschlossen, weil entweder (am Morgen) die Innenseite oder (am Abend) die Außenseite der Blütenhüllblätter stärker wächst. Auf Turgorschwankungen ist das Heben und Senken der Blätter oder Blättchen von Schmetterlingsblütengewächsen zurückzuführen. Bei Tag sind sie ausgebreitet, bei Nacht jedoch gesenkt (Abb. 73). Am Grunde des Stiels befindet sich ein Knötchen (Gelenk). Nimmt die Zellspannung in den unteren Zellen zu, so dehnt sich die Unterseite und hebt die Spreite, erhöht sich dagegen die Zellspannung der Oberseite, so dehnt sich diese und läßt das Blatt sinken.

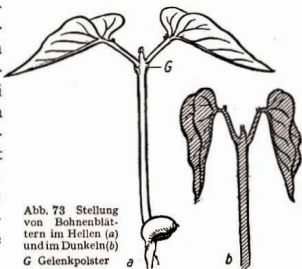


Abb. 73 Stellung von Bohnenblättern im Hellen (a) und im Dunkeln (b)
G Gelenkpolster

Als Reize wirken die verschiedenen Umwelterscheinungen (Umweltfaktoren), von denen die Pflanze getroffen wird (z. B. Licht, Wärme, Schwerkraft, Wasser).

Nach der Art, in der die Pflanze reagiert, unterscheidet man Taxien, Tropismen und Nastien. Nach den auslösenden Reizen werden diese nochmals unterteilt und mit besonderem Namen belegt (s. Tabellen).

Reizbewegungen der Pflanzen

Bewegungsart	Reaktion	Beispiele
Taxien	freie Ortsbewegungen, durch Reizrichtung beeinflusst	männliche Fortpflanzungszellen, durch Ausscheidungen der Eizelle gereizt
Tropismen	Krümmungsbewegungen, durch die sich Organe in eine bestimmte Lage zur Reizrichtung stellen (gerichtete Bewegungen)	Sproßachsen krümmen sich zum Licht, Blätter stellen sich quer zur Lichtrichtung
Nastien	Krümmungsbewegungen ohne Berücksichtigung der Reizrichtung, bestimmt durch den Bau des Organs (ungerichtete Bewegungen)	Blüten öffnen sich bei Licht und schließen sich bei Dunkelheit

Reize und Reizbewegung

Reiz	Taxien	Tropismen	Nastien
Licht	Phototaxis	Phototropismus	Photonastie
Schwerkraft	Geotaxis	Geotropismus	
Chemische Wirkung der Stoffe	Chemotaxis	Chemotropismus	Chemonastie
Wärme	Thermotaxis	Thermotropismus	Thermonastie

Der Geotropismus

Aufgaben

1. Leg mehrere Erbsensamen in verschiedener Lage (Keimwurzel nach oben, nach unten, nach der Seite) in einen Blumentopf mit Erde! Beachte an der gekeimten Pflanze die Stellung der Sproßachsen!
2. Zieh in einem Blumentopf junge Senf- und Kohlpflanzen! Leg den Topf, nachdem die Pflanzen die Länge von etwa 2 cm erreicht haben, auf die Seite! Beobachte das Verhalten der Pflanzen!

3. Befestige einen keimenden Bohnensamen seitlich so an einem Korken, daß die Keimwurzel waagrecht liegt. Laß den Korken auf Wasser schwimmen! Beobachte das Verhalten der Wurzel!
4. Bieg den Halm eines Grases seitlich um, ohne ihn zu knicken! Befestige seine Mitte mit einem gebogenen Drahtstück im Boden! Beobachte das Verhalten des freien Endes!

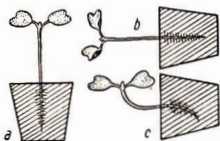


Abb. 74 Geotropismus eines Senfkeimlings
a Normallage, b horizontal gelegt, c darauffolgende geotropische Bewegung



Abb. 75 Fichten am Berghang. Auch auf geneigten Flächen wachsen die Pflanzen senkrecht nach oben

Wir beobachten, daß bei jungen, aus Samen hervorgehenden Pflanzen die Sprossachse nach oben, die Hauptwurzel nach unten strebt (Abb. 74). Beide folgen der Schwerkraft (Erdanziehung); sie zeigen Geotropismus. Das Verhalten der Wurzel, die der Erde zustrebt, nennt man positiven, das der Sprossachse, die von der Erde wegstrebt, negativen Geotropismus. Auch bei den Hauptsprossachsen und Hauptwurzeln ausgebildeter Pflanzen erkennt man meist das geotropische Verhalten. So stehen alle Halme eines Weizenfeldes und alle Stämme eines Fichtenwaldes parallel nebeneinander genau senkrecht, selbst wenn der Boden geneigt ist (Abb. 75).

Der negative Geotropismus der Stengel zeigt sich auch dann, wenn die Pflanzen durch starken Regen oder durch sonstige Ursachen gelagert wurden (z. B. bei Getreide, bei Gräsern, bei der Sonnenblume); sie richten sich allmählich wieder auf.

Seitenzweige und Seitenwurzeln, die einen bestimmten Winkel mit der Hauptachse der Pflanze bilden, reagieren damit ebenfalls auf die Schwerkraft. Die kriechenden Stengel mancher Pflanzen (z. B. Ausläufer der Erdbeere) lassen jeden Geotropismus vermissen.

Der Phototropismus

Aufgaben

1. Beobachte das Verhalten von Zimmerpflanzen, die am Fenster stehen! Stell durch Winkelmessung fest, wie stark die Stengel von der Senkrechten und die Blätter von der Waagerechten abweichen!
2. Beobachte das Verhalten etwas älterer Keimpflanzen vom Gemüse-Kohl, die du in einem am Fenster stehenden Blumentopf herangezogen hast!

3. Zieh in einem Blumentopf eine Bohnenpflanze heran! Stülpe eine Schachtel oder eine Tüte aus schwarzem Papier, an deren Seite du in Höhe der Pflanze ein Loch von etwa 3 cm Durchmesser geschnitten hast, über den Topf! Stell die Schachtel so auf, daß das Loch zum Fenster zeigt! Beobachte das Verhalten der Pflanze (s. Abb. 72)!
4. Bring unter die Schachtel mit dem Loch, die du zum vorigen Versuch verwendet hast, eine schon treibende Kartoffel! Beobachte das Verhalten der Triebe!

Wir stellen fest, daß die Sproßachsen zahlreicher Pflanzen dem Licht entgegenwachsen (positiver Phototropismus). Bei Wurzeln zahlreicher Pflanzen kann man beobachten, daß sie sich vom Licht abwenden (negativer Phototropismus). Die grünen Blätter neigen sich so, daß ihre Spreiten vom vollen Licht getroffen werden. Sie stellen sich quer zum einfallenden Licht, auch das ist eine phototropische Reaktion.

Wir beobachten, daß die Sproßachsen vieler Pflanzen zwar aufwärts wachsen, sich aber gleichzeitig von der Richtung des Lichts beeinflussen lassen, indem sie sich zum Licht krümmen. Wir erkennen daraus, daß häufig Geotropismus und Phototropismus nebeneinander auftreten. Beide Erscheinungen sind für die Pflanzen notwendig. Sie führen die Sproßachsen der Luft und dem Licht entgegen und lassen die Wurzeln in den Boden eindringen.

Photo- und Thermonastie

Aufgaben

1. Beobachte die Blüten von Tulpe, Krokus und Busch-Windröschen sowie die Blütenköpfe der Kuhblume bei hellem Sonnenschein und bei trübem Wetter!
2. Beobachte am Tage und am frühen Morgen die Stellung der Blättchen junger Bohnenpflanzen sowie die Blätter von Klee und Sauerklee!

Bei den Blüten zahlreicher Frühlingsblumen und bei den Blütenköpfen der Kuhblume ändert sich die Stellung der Blütenteile je nach der Fülle des Lichts und der Höhe der Temperatur. Im Sonnenschein und bei höheren Temperaturen sind Blüten und Blütenköpfe geöffnet, bei Dunkelheit oder kalter Witterung dagegen geschlossen. Licht und Wärme veranlassen die Bewegung der Blütenteile. Der Reiz löst die Bewegung aus; seine Richtung ist jedoch bedeutungslos (Nastie). Wenn Lichtstrahlen die Ursache der Bewegung sind, sprechen wir von Photonastie, wenn Wärme die Bewegung auslöst, von Thermonastie. Beide Reize wirken oft gemeinsam. In manchen Fällen jedoch ist einer von ihnen ausschlaggebend. Bei den Blüten von Tulpe, Krokus und Busch-Windröschen ruft die Wärme die Bewegung hervor. Die Blüten öffnen sich im warmen Zimmer trotz der schwachen Belichtung. Die Haltung der Blätter junger Bohnenpflanzen, die in der Nacht abwärts hängen, bei Tage sich jedoch ausbreiten, wird vornehmlich von der sie treffenden Lichtstrahlung bestimmt (Abb. 73).

Chemotaxis

Die beweglichen Fortpflanzungszellen der Moose und der Farnpflanzen schwimmen mit Hilfe von Geißeln. Sie werden dabei von chemischen Stoffen angelockt oder abgestoßen, zeigen also Chemotaxis. Bringt man zum Beispiel ein feines Glasröhrchen, das mit Apfelsäure gefüllt wurde, mit seinem offenen Ende in ein Schälchen, dessen Wasser männliche Fortpflanzungszellen von Moosen enthält, so sammeln sich allmählich die Zellen im Röhrchen.

Die Fortpflanzung

Die Fortpflanzung dient der Erhaltung der Art. Wir unterscheiden **ungeschlechtliche** Fortpflanzung, zu der vegetative Vermehrung und Sporenvermehrung gehören, und **geschlechtliche** Fortpflanzung (s. Tabelle).

Fortpflanzungsarten bei verschiedenen Organismen

Fortpflanzungsart	Kennzeichen	Beispiele
Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch vegetative Vermehrung	Einzeller: Teilung der Zellen u. Trennung der Tochterzellen	Bakterien, Algen, Pilze, Urtiere
	Vielzeller: Abtrennung von vielzelligen, meist differenzierten Teilen	Knollen der Kartoffel, Ausläufer der Erdbeere, Brutzwiebeln der Lauch-Arten. Teilung niederer Wirbelloser (z. B. Strudelwürmer), Knospung (z. B. Süßwasserpolyt)
Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Sporenvermehrung	Abgliederung von einzelnen Zellen, von denen sich jede zu einem neuen Organismus entwickelt	Pilze, Algen, Moose, Farnpflanzen, Urtiere
Geschlechtliche Fortpflanzung	Abgliederung von einzelnen Zellen (Geschlechtszellen, Gameten), die paarweise verschmelzen. Aus der durch Verschmelzung entstandenen Zelle, befruchtete Eizelle (Zygote), entwickelt sich der neue Organismus	fast alle Pflanzen, fast alle Tiere

Die Fortpflanzung der Bedecktsamer

Zu den Bedecktsamern zählen alle Pflanzen, deren Blüten Fruchtknoten enthalten (z. B. alle Kulturpflanzen sowie, abgesehen vom Schachtelhalm, alle Unkräuter). Fortpflanzungsorgane sind die Blüten und in ihnen vornehmlich die Staubblätter und Fruchtknoten, in denen die Geschlechtszellen entstehen.

Die Blüte. Die Blüten der Pflanzen weisen einen im wesentlichen einheitlichen Bau auf: Der Blütenboden, der das Ende des Blütenstiels darstellt, trägt die Blütenhüllblätter, die Staubblätter und einen oder mehrere Fruchtknoten (Abb. 76). Größe, Zahl, Farbe und Stellung der einzelnen Teile sind unterschiedlich.

Der **Blütenboden** ist schmal (Raps), verbreitert (Apfelbaum), krugförmig vertieft (Rose, Kirsche) oder kegelförmig vorgewölbt (Erdbeere, Himbeere).

Die **Blütenhüllblätter** sind blattartig. Häufig sind die äußeren grün (Kelchblätter), die inneren farbig (Blumenblätter, Kronblätter). Zuweilen sind alle unscheinbar (z. B. bei der Zuckerrübe) oder alle farbig (z. B. bei der Tulpe).

Die **Staubblätter** bestehen aus Staubfaden und Staubbeutel. Bei ihrer Reife entlassen die Staubbeutel den Blütenstaub (Pollen). Daß die Staubblätter Blättern entsprechen, ist bei Blüten der Teichrose erkennbar. Bei diesen Blüten treten alle Übergangsstufen zwischen Blütenhüllblättern und Staubblättern auf (Abb. 77).

Der **Fruchtknoten** ist ein hohles Gebilde, das im Inneren Samenanlagen (helle Körperchen von kugelig oder ovaler Gestalt) enthält. Er trägt oben einen oder mehrere Griffel, die mit Narben enden. Oberständige

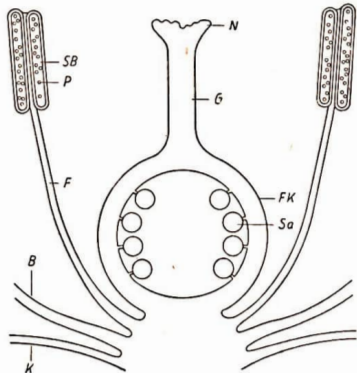


Abb. 76 Schema einer Blüte
B Blumenblatt, F Staubfaden, FK Fruchtknoten, G Griffel, K Kelchblatt, N Narbe, P Pollenkorn, Sa Samenanlage, SB Staubbeutel

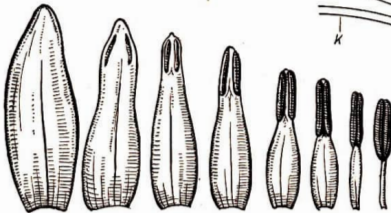


Abb. 77 Bei der Seerose finden wir alle Übergänge zwischen Staubblättern und Blumenblättern

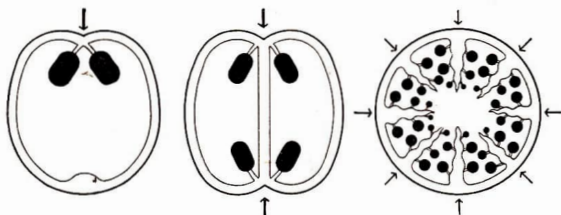


Abb. 78 Schematische Querschnitte verschiedener Früchte. Die Samen (schwarz) sitzen jeweils an den Rändern der Fruchtblätter (durch Pfeile gekennzeichnet)
Links: Erbse (Hülse), Mitte: Raps (Schote), rechts: Mohn (Kapsel)

Fruchtknoten stehen auf dem Blütenboden (Raps, Erbse), unterständige sind in ihn eingewachsen (Stachelbeeren).

Der Fruchtknoten besteht aus **Fruchtblättern**, deren Ränder verwachsen sind. Da die Samenanlagen häufig den Rändern der Fruchtblätter ansitzen, kann man aus ihrer Anordnung auf die Zahl der am Fruchtknoten beteiligten Fruchtblätter schließen. Bei der Erbse, bei der nur eine Reihe von Samenanlagen vorhanden ist, besteht der Fruchtknoten aus einem Fruchtblatt, beim Raps mit zwei Reihen aus zwei Fruchtblättern, beim Mohn mit vielen Reihen dagegen aus vielen Fruchtblättern (Abb. 78).

Die Blüten stellen, da sie aus einer stark verkürzten, dicht mit Blättern besetzten Sprossachse (dem Blütenboden) bestehen, einen Kurztrieb dar. Von gewöhnlichen beblätterten Kurztrieben, wie wir sie beim Apfelbaum kennenlernten (s. S. 9), unterscheiden sie sich vor allem durch die starke Verschiedenheit (Differenzierung) ihrer Blattgebilde.

Man kann die Blüte als Metamorphose eines Sproßendes bezeichnen. Wie die verschiedenen Metamorphosen von Sprossachse, Wurzel und Blatt hat sie ihre jetzige Beschaffenheit erst im Verlaufe der Zeit erlangt. Bei ursprünglicheren Sproßpflanzen (z. B. den Farnen) sitzen die den Staubbeuteln und Samenanlagen entsprechenden Sporenkapseln noch normal gestalteten assimilierenden Blättern an.

Aufgaben

1. Untersuche die Blüten des Rapses, des Kirschbaums, des Mohns oder anderer großblütiger Pflanzen! Stell die einzelnen Bestandteile und ihre Anordnung fest!
2. Zerdrück auf einem Objektträger (ohne Wasser zuzufügen) einen reifen, jedoch noch nicht geöffneten Staubbeutel! Leg ein Deckglas auf! Untersuche das Präparat unter dem Mikroskop!
3. Öffne durch Längs- oder Querschnitt den Fruchtknoten der Nelke, des Mohns, der Tulpe, der Lilie oder anderer großblütiger Pflanzen! Stell Zahl, Form und Anordnung der Samenanlagen fest!

Der Blütenstand. Die Blüten stehen entweder einzeln (Mohn) oder sind zu Blütenständen gehäuft (Raps, Apfelbaum, Roggen). Als Blütenstände kennen wir die Traube (Raps), die Ähre (Wegerich), die Dolde (Kirschbaum), den Kolben (Mais), den Kopf (Klee) und den Korb (Kuhblume). Man bezeichnet sie als **einfache Blütenstände**, weil die Blüten (gestielt oder ungestielt) unmittelbar der Sprossachse ansitzen (Abb. 79).



Traube



Raps



Luzerne



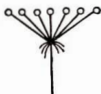
Löwenmaul



Ähre



Wegerich



Dolde



Kirsche



Schlüsselblume



Kolben



Mais



Kopf



Klee



Korb



Rainfarn

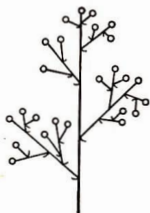


Kuhblume



Wucherblume

Abb. 79 Einfache Blütenstände



Rispe



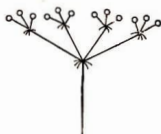
Hafer



Rispengras



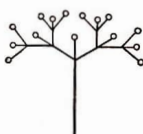
Flieder



Zusammengesetzte
Dolde



Möhre



Zyme



Wolfsmilch



Zusammen-
gesetzte Ähre



Weidelgras



Roggen

Abb. 80. Zusammen-
gesetzte Blütenstände

Außer den einfachen gibt es **zusammengesetzte Blütenstände** wie Rispe (Rispen-gras), zusammengesetzte Dolde (Möhre) und zusammengesetzte Ähre (Roggen). Bei ihnen sind die der Hauptachse ansitzenden Zweige wiederum als Blütenstände ausgebildet.

Als häufiger Blütenstand ist noch die Zyme (Trugdolde) anzuführen, die zum Beispiel bei Holunder und Wolfsmilch auftritt. Bei ihr stehen jeweils unter einer Blüte zwei (oder mehrere) gegenständige (oder quirlige) Seitenäste, die sich in entsprechender Weise weiter verzweigen (Abb. 80).

Die Bestäubung. Bei ihrer Reife entlassen die Staubbeutel, die in der Regel mehrere (meist 4) Fächer enthalten, die Blütenstaubkörner (Pollenkörner). Es sind kleine Gebilde von rundlicher, ovaler oder kantiger Gestalt. Sie sind von einer derben, widerstandsfähigen Haut umschlossen, die entweder (z. B. bei Roggen u. a. Gräsern) glatt ist oder (z. B. bei der Kuhblume u. a. Korbblütengewächsen)

Zähnen, bei manchen anderen Pflanzen auch Leisten und sonstige Verdickungen aufweist.

Die Pollenkörner müssen auf die Narbe einer Blüte derselben Pflanzenart übertragen werden. Bei einer Anzahl von Pflanzen findet **Selbstbestäubung** statt, das heißt, die Pollenkörner werden unmittelbar auf die Narbe derselben Blüte gebracht. Die Regel jedoch ist **Fremdbestäubung**, also die Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe einer anderen Blüte. Bei Pflanzen mit Fremdbestäubung führt Selbstbestäubung häufig zur Bildung schwächerer Keime, oder sie bleibt gänzlich ohne Erfolg.

Fremd- und Selbstbestäubung bei Kulturpflanzen

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

Bei Fremdbestäubern wird die Selbstbestäubung vielfach verhindert. Eine Reihe besonderer Bildungen sichert die Fremdbestäubung. Eine Anzahl von Pflanzen besitzt Blüten, die entweder nur Staubblätter oder nur Fruchtknoten enthalten, sie sind **eingeschlechtig**. Diese Pflanzen sind **einhäusig**, wenn die verschiedenen Blüten auf derselben Pflanze vorkommen (z. B. Mais, Gurke, Kürbis); sie sind **zweihäusig**, wenn die verschiedenen Blüten auf unterschiedliche Pflanzen verteilt sind (z. B. Hanf, Spinat). Bei ein- und zweihäusigen Pflanzen ist Selbstbestäubung ausgeschlossen.

Bei manchen anderen Pflanzen wird die Selbstbestäubung dadurch verhindert, daß Staubbeutel und Narben zu verschiedenen Zeiten reifen. Beim Apfelbaum ist die Narbe nur zur Aufnahme der Staubkörner bereit, bevor sich die Staubbeutel der gleichen Blüte öffnen. Man bezeichnet die Blüten als **vorweibig**. Bei der Sonnenblume dagegen wird der Pollen von den Staubbeuteln bereits abgegeben, ehe sich die Narbenlappen derselben Blüte ausbreiten. Die Blüten dieser Pflanze werden **vormännig** genannt. Auch mannigfache andere Einrichtungen zur Verhinderung der Selbstbestäubung sind bei den Blüten zahlreicher Pflanzen anzutreffen.

Bei den meisten Fremdbestäubern sind Wind oder Insekten Überträger des Pollens. Danach nennt man die Pflanzen **Windblütler** oder **Insektenblütler**. Die Blüten beider Gruppen unterscheiden sich meist deutlich voneinander. Die Unter-

schiede beruhen auf Anpassungen der Pflanzen an die völlig verschiedenen Eigenschaften der beiden Überträger (s. Tabelle).

Blütenmerkmale bei Wind- und Insektenblütlern

Merkmale	Windblütler	Insektenblütler
Blütenfarbe	unscheinbar	auffällig (Lockmittel)
Blütenhülle	häufig rückgebildet	meist ausgebildet
Duft	fehlend	meist deutlich (Lockmittel)
Nektar	fehlend	häufig vorhanden (Lockmittel)
Staubbeutel	herabhängend (dem Winde ausgesetzt)	oft wenig hervortretend
Menge des Pollens	groß (großer Verlust)	oft nicht groß (geringer Verlust)
Beschaffenheit des Pollens	glatt, trocken	meist klebrig oder rauh (an Insekten haftend)

Aufgaben

1. Beobachte das Stäuben beim Roggen!
2. Beobachte Bienen, Hummeln und Schmetterlinge beim Besuch der Blüten!

Die Befruchtung. Im Pollenkorn liegen zwei Zellen, eine größere, die den Innenraum ausfüllt, und eine kleinere, die in der größeren schwimmt. Die größere bezeichnet man als vegetative, die kleinere als generative Zelle (Abb. 81 links). Im völlig reifen Pollenkorn hat sich die generative Zelle oft in zwei Zellen geteilt, die man Samenzellen (Spermazellen) nennt (Abb. 81 rechts).

Die **Samenanlage** sitzt auf einem Stielchen. Sie wird von einer ein- oder zweischichtigen Hülle umschlossen, die vorn eine Öffnung, den Knospenmund, aufweist (Abb. 82). Das Innere nimmt der Knospenkern ein. Er besteht aus vielen Zellen, unter denen sich eine durch außerordentliche Größe hervorhebt. Sie bildet den Keimsack (Embryosack). Während ihrer Entstehung haben sich mehrere Zellen abgegliedert und sind in ihr lieengeblieben. Drei dieser Zellen finden wir an ihrem vorderen, dem Knospenmund zugekehrten Ende, drei am entgegengesetzten. Die drei vorderen bilden den

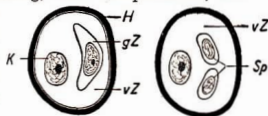


Abb. 81 Pollenkorn, links mit generativer Zelle, rechts mit Spermazellen
H Haut des Pollenkorns, K Kern der vegetativen Zelle, Sp Spermazellen, gZ generative Zelle, vZ vegetative Zelle

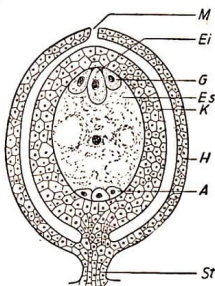


Abb. 82 Längsschnitt durch eine Samenanlage

A Antipoden, Ei Eizelle, Es Embryosack, G Hefzelle, H Hülle, K Knospenkern, M Knospenmund, St Stiel der Samenanlage

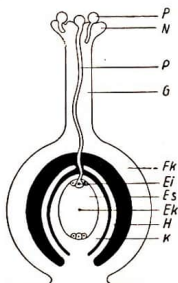


Abb. 83 Befruchtung bei einer bedecktsamigen Pflanze

Ei Eizelle, Ek Kern des Embryosacks, Es Embryosack, Fk Fruchtknotenwand, G Griffel, H Hülle der Samenanlage, K Knospenkern, N Narbe, P auskeimendes Pollenkorn und Pollenschlauch

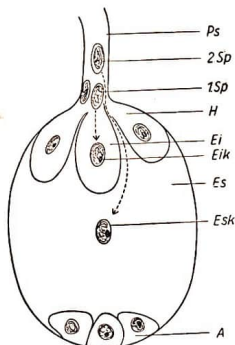


Abb. 84 Befruchtungsvorgänge bei einem Bedecktsamer. Die Pfeile entsprechen den Wegen der beiden Samenzellen.

A Antipoden, Ei Eizelle, Ek Kern der Eizelle, Es Embryosack, Esk Kern des Embryosacks, H Hefzelle, Ps Pollenschlauch, 1. Sp und 2. Sp erste und zweite Spermazelle

Eiapparat. Eine von ihnen ist die Eizelle, aus der später die neue Pflanze hervorgeht. Die beiden anderen nennt man Helferzellen. Die drei am Grunde des Keimsacks liegenden Zellen bezeichnet man als Antipoden.

Sind Pollenkörner auf die Narbe einer Blüte der gleichen Art gelangt, so platzt ihre Haut. Aus dem Riß dringt ein aus Zellplasma bestehender Auswuchs der vegetativen Zelle, der Pollenschlauch. Er verlängert sich stark und durchdringt den Griffel bis zum Fruchtknoten (Abb. 83). Hier wächst er auf eine Samenanlage zu und dringt meist durch den Knospenmund ein. Der Pollenschlauch verbindet sich mit dem Eiapparat. Die beiden Samenzellen sind inzwischen zur Spitze des Pollenschlauchs gewandert. Die erste von ihnen dringt in die Eizelle ein. Ihr Kern verschmilzt mit dem Eikern; damit ist die Befruchtung der Eizelle vollzogen (Abb. 84). Bei den Bedecktsamern wandert die zweite Samenzelle in den Keimsack. Ihr Kern vereinigt sich mit dem Kern des Keimsacks.

Die Samenbildung. Nach der Befruchtung teilt sich die Eizelle vielfach und liefert den jungen Keimling (Embryo). Im Keimsack entsteht durch viele aufeinanderfolgende Teilungen ein Gewebe, das sich mit Nährstoffen füllt und deshalb als Nährgewebe bezeichnet wird. Die Hülle der Samenanlage liefert die Samenschale.

Bildung des Samens aus der Samenanlage

Eizelle	→	Keimling
Keimsack	→	Nährgewebe
Hülle	→	Samenschale

Die **Samenschale** ist meist hart; sie schützt den Keimling vor dem Austrocknen, vor Tierfraß und vor Krankheitserregern. Wir können jedoch (z. B. bei Erbsen- und Bohnensamen sowie bei Getreidekörnern) sehen, daß sie nie einen vollständigen Schutz gegen Schädlinge bietet.

Das **Nährgewebe** ist ein Vorratsspeicher, der die Nährstoffe für die erste Entwicklung des Keimlings enthält. Als Nährstoffe befinden sich in ihm meist Stärke, aber auch Öl und Eiweiß.

Der junge **Keimling** besitzt in der Regel bereits eine Keimwurzel, einen Keimstamm, Keimblätter und eine Keimknospe.

Nach dem inneren Bau unterscheidet man im wesentlichen zwei Gruppen von Samen. Bei der einen erscheint der Inhalt einheitlich (z. B. Weizenkorn), bei der anderen erkennen wir deutlich zwei Samenhälften (z. B. Bohne). Zu der Gruppe

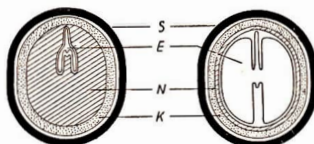


Abb. 85. Schematische Längsschnitte durch Samen; links Samen mit Nährgewebe, rechts Samen, bei dem die Nährstoffe in den Keimblättern des Embryos gespeichert sind

E Embryo, K das aus dem Knospenkern hervorgegangene Gewebe, N Nährgewebe, S Samenschale

mit einheitlich erscheinendem Inhalt gehören die Samen aller Getreidearten. Bei ihnen bleibt das Nährgewebe bis zur Keimung erhalten. Wir kennen es als Mehlkörper. Das Keimblatt ist bei ihnen als Saugorgan ausgebildet, das bei der Keimung der jungen Pflanze die Nährstoffe aus dem Nährgewebe zuführt. Bei Samen, die aus zwei Hälften zu bestehen scheinen, ist kein Nährgewebe mehr vorhanden. Als Nährstoffspeicher dienen die beiden Keimblätter, die stark geschwollen

sind und fast den gesamten Innenraum des Samens einnehmen (Abb. 85). Samen, bei denen der Nährstoffvorrat in den Keimblättern liegt, finden wir unter anderem bei Erbse, Apfel, Kirsche, Pflaume, Mandel, Walnuß, Haselnuß, Roßkastanie und Eiche.

Die Frucht. Die Frucht geht aus dem Fruchtknoten hervor. Die Kapseln des Mohns, die Schoten des Rapses und die Hülsen der Erbse sind daher ebenso Früchte wie die Körner des Roggens. Manche Blüten enthalten mehrere Fruchtknoten. Aus jedem von ihnen entwickelt sich eine Frucht, die man in diesem Falle als **Früchtchen** bezeichnet. Die Gesamtheit der aus einer Blüte hervorgehenden Früchtchen nennt man **Sammelfrucht** (z. B. Himbeere, Erdbeere). Zuweilen beteiligen sich an der Bildung der Frucht auch andere Teile der Blüte. Beim Apfel wird das saftige Fruchtfleisch vom Blütenboden geliefert, der die Fruchtknoten umhüllt. Aus dem Fruchtknoten bildet sich bei ihm nur das Kernhaus, ähnlich ist es bei vielen Pflanzen mit unterständigem Fruchtknoten. Auch das saftige Fleisch der Erdbeere entsteht aus dem Blütenboden, der bei den Blüten dieser Pflanzen kegelförmig vorgewölbt ist. Die Früchtchen der Erdbeere, also die Teile, die aus den Fruchtknoten hervorgehen, sind die kleinen Körner (Nüßchen), die dem Fruchtfleisch aufsitzen. Man bezeichnet Früchte, die nicht allein aus dem Fruchtknoten entstehen, als **Scheinflüchte**.

Die Früchte enthalten die Samen, die sich aus den (befruchteten) Samenanlagen entwickeln. Die Anzahl der Samen einer Frucht ist verschieden. Beim Roggenkorn und bei der Kirsche finden wir in jeder Frucht nur einen Samen, in der Hülse der Erbse und im Apfel mehrere und in der Mohnkapsel sehr viele.

Nach der Beschaffenheit der Wand, nach der Zahl und nach der Anordnung der Samen unterscheidet man zahlreiche Fruchtformen (s. Tabelle und Abb. 86 u. 87).

Wichtige Fruchtformen

Trockenfrüchte (mit trockener Fruchtwand)

Schließfrüchte: Samen bis zur Keimung von der Fruchtwand umschlossen	Nußfrucht: einsamig	Haselnuß, Sonnenblume (Nuß); Roggen (Grasfrucht, Karyopse); Kuhlblume (Achäne)
	Spaltfrucht: mehrsamig, der Länge nach in mehrere (meist einsamige) Teilfrüchte zerfallend	Möhre, Petersilie, Ahorn, Reiherschnabel
	Gliederfrucht (Bruchfrucht): mehrsamig, meist gestreckt, durch Querteilung in einsamige Bruchstücke zerfallend	Hederich (Gliederschote), Serradella (Gliederhülse)
Streufrüchte: meist mehrsamig, bei der Reife sich öffnend, Samen ausfallend	Balgfrucht: mit nur einem Längsriß aufreißend, Samen an den Rändern des Risses (der Naht des einzigen, die Frucht bildenden Fruchtblattes)	Pfingstrose, Rittersporn, Sumpf-Dotterblume
	Hülse: mit zwei Längsrissen sich öffnend, Samen nur an den Rändern des einen Risses (der Naht des einzigen, die Frucht bildenden Fruchtblattes)	Erbse, Bohne, Lupine
	Schote: mit zwei Längsrissen sich öffnend; Samen an den Rändern beider Risse (den Nähten der beiden, die Frucht bildenden Fruchtblätter); Frucht häufig mit Scheidewand	Raps, Kohl, Hirtentäschel, Schöllkraut
	Kapsel: mit mehreren Rissen, mit Löchern oder durch Abheben eines Deckels sich öffnend (Frucht von mehreren Fruchtblättern gebildet)	Mohn, Lein, Veilchen, Acker-Gauchheil

Saftfrüchte (mit saftigem Fruchtfleisch, häufig gefärbt und duftend; Anlockung von Tieren, die Früchte oder Samen verbreiten)

Einzelfrüchte: aus einem einzigen Fruchtknoten entstehend	Steinfrucht: einsamig, mit harter innerer Fruchtwandschicht	Kirsche, Pflaume, Pfirsich, Mandel
	Beere: meist mehrsamig; Samen im Fruchtfleisch eingebettet (die häufig harte Samenschale ist vom Samen selbst gebildet)	Weinbeere, Johannisbeere, Tomate, Kürbis, Zitrone, Dattel (diese einsamig)
Sammelfrüchte: aus einer Blüte mit mehreren Fruchtknoten entstehend; daher aus Früchtchen zusammengesetzt	Sammelsteinfrucht: jedes Früchtchen eine Steinfrucht	Himbeere, Brombeere
	Sammelnußfrucht: jedes Früchtchen ein Nüßchen: Fruchtfleisch entsteht aus dem Blütenboden	Erdbeere, Hagebutte (Rose)
	Apfelfrucht (Sammelbalgfrucht): mehrere Balgfrüchte zu Kerngehäuse vereinigt: Fruchtfleisch entsteht aus Blütenboden	Apfel, Birne, Quitte, Vogelbeere
Fruchtstände:	aus Früchten zusammengesetzt, die aus mehreren zu einem Blütenstand vereinigten Blüten hervorgehen	Ananas, Feige, Maulbeere

Abb. 86 Verschiedene Trockenfrüchte (Schema und Beispiel)

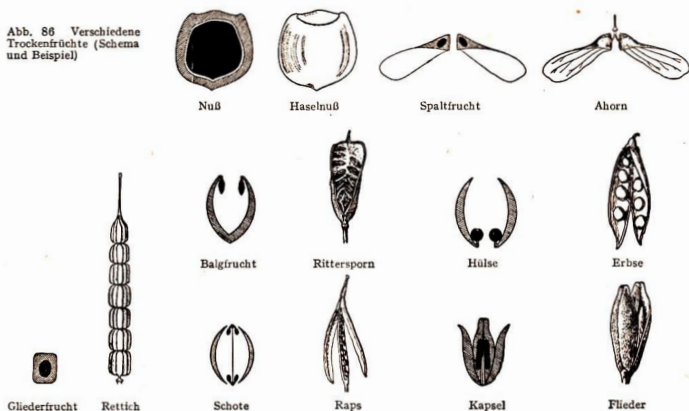




Abb. 87 Verschiedene Saifrüchte (Schema und Beispiel)

Die Verbreitung von Samen und Früchten. Zur Erhaltung der Art ist es notwendig, daß Samen und Früchte verbreitet werden. Die Verbreitung erfolgt in mannigfacher Weise. Samen und Früchte besitzen häufig besondere Einrichtungen, die der Verbreitung dienen (s. Tabelle).

Verbreitungsarten und Verbreitungseinrichtungen bei Samen und Früchten

Verbreitungsart	Verbreitungseinrichtung	Beispiele
Verbreitung durch den Wind	Haarschöpfe	Kuhblume, Weide
	Flügel	Ulme, Esche, Ahorn
	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, brennende Gräser
	Verdauungsverbreitung; als Nahrung aufgenommen und später an einem anderen Ort ausgeschieden	Kirsche und andere Saifrüchte
	Ameisenverbreitung; durch Ameisen verschleppt, die saftige Anhängsel der Samen verzehren	Veilchen, Schneeglöckchen, Lerchensporn, Schöllkraut

Verbreitungsarten (Fortsetzung)

Verbreitungsart	Verbreitungseinrichtung	Beispiele
Selbstverbreitung	mit Schleudereinrichtungen (Aufheben von Gewebespannungen oder Verkrümmungen durch Austrocknen der Fruchtwand)	Springkraut, Besenginster, Bohne
Verbreitung durch den Menschen	Aussaatz, Handel, Verkehr	Kulturpflanzen, Unkräuter, viele Pflanzen der Straßenränder und Bahndämme, Schuttpflanzen

Aufgabe

Sammle Samen und Früchte verschiedener Pflanzen! Hebe sie in Kästchen oder Tüten auf! Beschrifte die Behälter, indem du Pflanzenart, Fundort und Verbreitungsart angibst!

Anhang

Übersicht über das Reich der Pflanzen (*Cormobionta*)

Zum Reich der Pflanzen zählen wir die Moospflanzen, die Farnpflanzen und die Samenpflanzen. Bei ihnen sind die Gewebe stärker differenziert als bei den mehrzelligen Protisten (Algen, Pilze). Sie stellen die höchstentwickelte Gruppe von Organismen dar, die ihren Körper durch Photosynthese oder Chemosynthese aufbauen. Oft faßt man unter dem Begriff Pflanzen auch weit mehr Formen zusammen: außer den Moospflanzen, Farnpflanzen und Samenpflanzen die Algen, die Rotäugelein, die Pilze, Gruppen der Urtierchen, die Blaualgen und die Bakterien. Dann grenzt man die von uns als Pflanzen benannten Moospflanzen, Farnpflanzen und Samenpflanzen von den anderen Formen als **Sproßpflanzen** ab.

Stamm: Moospflanzen (*Bryophyta*)

Kleinere Pflanzen mit verhältnismäßig geringer Differenzierung ihrer Gewebe. Ohne Wurzeln, an deren Stelle haarförmige Fäden (Rhizoiden), die die Pflanze im Boden verankern, aber kaum Wasser und Bodennährstoffe aufnehmen. Pflanzenkörper aus Moosstämmchen mit Moosblättern oder aus einem flächig ausgebreiteten Lager (Thallus) bestehend. Wasseraufnahme zumeist durch die Moosblätter und das Lager (den Thallus). Verbreitung in der Regel durch Sporen, die in einer Sporenkapsel gebildet werden.

Klasse: Laubmoose (*Bryopsida*)

Pflanze stets ein beblättertes Stämmchen. Moosblätter häufig mit Mittelrippe. Sporenkapsel meist mit Deckel, der bei der Reife abfällt. Am Rande der Kapsel in der Regel bewegliche Zähne, die (nach Abwurf des Deckels) das Ausstreuen der Sporen regeln (bei Trockenheit abgespreizt, bei Feuchtigkeit zusammengeneigt; Quellungsbewegung!).

Beispiele: **Frauenhaarmoos** (*Polytrichum*, Abb. 88), **Schlafmoos** (*Hypnum*, Abb. 88)

Klasse: Torfmoose (*Sphagnopsida*, Abb. 88)

Moosstämmchen mit rutenförmigen, dicht beblätterten Ästen. Moosblätter rippenlos, nur von einer Zellschicht gebildet, mit schmalen grünen Zellen und großen toten Zellen, die mit Wasser oder Luft gefüllt sind. Pflanzen bilden schwammartig Wasser aufsaugende Polster. Sporenkapseln selten, mit Deckel. (Einige Arten bilden die Hochmoore.)

Klasse: Lebermoose (*Hepaticopsida*)

Pflanzen bilden entweder Lager (Thalli) oder zweizeilig beblätterte Stämmchen. Blätter stets einschichtig und rippenlos. Sporenkapseln meist kugelig. Fortpflanzung oft auch durch Brutkörper.

Beispiele: **Brunnenlebermoos** (*Marchantia polymorpha*, Abb. 88), **Peitschenlebermoos** (*Bazzania trilobata*, Abb. 88).

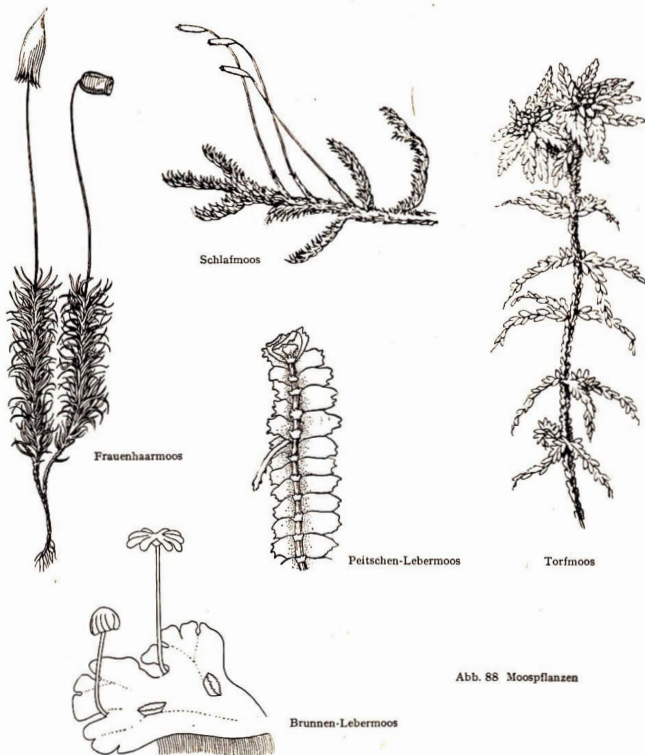


Abb. 88 Moospflanzen

Stamm: Farnpflanzen (*Pteridophyta*)

Zumeist kräftige krautartige Pflanzen mit differenzierten Geweben, aus Sproßachse, Blättern und echten (aus Geweben zusammengesetzten) Wurzeln bestehend. Verbreitung durch Sporen, die in Sporenkapseln gebildet werden.

Klasse: Bärlappe (*Lycopsidea*)

Sproßachse gabelig, dicht mit schmalen Blättern besetzt. Sporenkapseln am Grunde (in der Achsel) von Blättern, häufig in ährenförmiger Anordnung an aufrechten Zweigen. (Alle Bärlappe stehen unter Naturschutz!)

Beispiele: **Keulen-Bärlapp** (*Lycopodium clavatum*, Abb. 89), **Flacher Bärlapp** (*L. complanatum*, Abb. 89).

Abb. 89
Bärlappe



Klasse: Farne (*Pteropsida*)

Sproßachse meist unterirdisch. Blätter (Wedel) groß, meist gefiedert, ähnlich einer Sproßachse an der Spitze wachsend und hier während des Wachstums eingerollt. Sporenkapseln auf der Unterseite der Blätter in großer Zahl, häufig zu Sporenkapselhäufchen vereinigt, die zuweilen von einem Häutchen (Schleier) überdeckt werden. Bei einigen Arten fruchtbare und unfruchtbare Blattausschnitte oder Wedel verschieden gestaltet.

Beispiele: **Gemeiner Wurmfarne** (*Dryopteris filix-mas*, Abb. 91), **Königs-Rispenfarne** (*Osmunda regalis*, Abb. 91).

Klasse: Schachtelhalme (*Sphenopsida*)

Sproßachse gegliedert (Halm geschachtelt), an ihren Knoten quirlig angeordnete kurze Blätter, die zu gezähnten Scheiden verwachsen sind. Photosynthese hauptsächlich durch die Sproßachsen, kaum durch die Blätter. Sporenkapseln sitzen an der Unterseite schildförmiger Sporenträger, die am Ende von Sproßachsen zu Ähren gehäuft stehen. Zuweilen neben den sporenbildenden bleichen fruchtenden (fertilen) Trieben anders gestaltete sporenkapselfreie assimilierende unfruchtbare (sterile) Triebe.

Beispiele: Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*, Abb. 90), Teich-Schachtelhalm (*E. fluviatile*, Abb. 90).



Acker-Schachtelhalm
Fruchtbare und unfruchtbare Sprosse verschieden gestaltet



Teich-Schachtelhalm
Fruchtbare und unfruchtbare Sprosse gleichgestaltet



Gemeiner Wurmfarne
Fruchtbare und unfruchtbare Wedel gleichgestaltet



Königs-Rispenfarne
Fruchtbare Abschnitte anders gestaltet als unfruchtbare

Abb. 90 Schachtelhalme

Abb. 91 Farne

Stamm: Samenpflanzen (*Spermatophyta*)

Kräuter oder Holzgewächse mit stark differenzierten Geweben und mit Blüten. Verbreitung durch Samen.

Unterstamm: Nacktsamer (*Gymnospermophytina*)

Meist Holzgewächse, die im Holz Gefäßzellen (Tracheiden: wasserleitende Zellen), jedoch keine Gefäße (Tracheen: Rohre aus mehreren miteinander ver-

schmolzenen Zellen, vgl. S. 20) enthalten. Fruchtblätter der Blüten nicht zu einem Fruchtknoten verwachsen, Samenanlagen daher frei (nackt) liegend.

Klasse: Nadelbäume (*Coniferopsida*)

Bäume oder Sträucher, Blätter nadel- oder schuppenförmig.

Beispiele: **Weiß-Tanne** (*Abies alba*), **Gemeine Fichte** (*Picea abies*), **Gemeine Kiefer** (*Pinus silvestris*).

Unterstamm: Bedecktsamer (*Angiospermophytina*)

Kräuter oder Holzgewächse, die Gefäße (Tracheen) enthalten. Fruchtblätter der Blüten zu Fruchtknoten verwachsen, Samenanlagen daher in diesen eingeschlossen (bedeckt). Fast alle Kulturpflanzen sind Bedecktsamer.

Klasse: Einkeimblättrige (*Monocotyledonopsida*)

Keimpflanzen mit 1 Keimblatt. Blätter meist parallelnervig, ganzrandig. Blütenhüllblätter meist 6, Staubblätter in der Regel 3 oder 6.

Beispiele: **Weiß-Lilie** (*Lilium candidum*), **Roggen** (*Secale cereale*), **Küchenzwiebel** (*Allium cepa*).

Klasse: Zweikeimblättrige (*Dicotyledonopsida*)

Keimpflanze mit 2 Keimblättern. Blätter netznervig.

Beispiele: **Rot-Buche** (*Fagus silvatica*), **Raps** (*Brassica napus*), **Möhre** (*Daucus carota*), **Sonnenblume** (*Helianthus annuus*).

Der Generationswechsel

Alle Sproßpflanzen weisen in ihrer Entwicklung einen Generationswechsel auf: Auf eine Pflanze mit geschlechtlicher Fortpflanzung folgt regelmäßig eine sporenbildende Pflanze. Die Pflanze mit geschlechtlicher Fortpflanzung (die Geschlechtszellen oder Gameten erzeugende Pflanze) bezeichnet man als **Gametophyt**, die sporenbildende Pflanze (die Sporen auf ungeschlechtliche Weise bildende Pflanze) als **Sporophyt**.

Moospflanzen (Abb. 92). Aus einer Spore entwickelt sich zuerst ein verzweigter

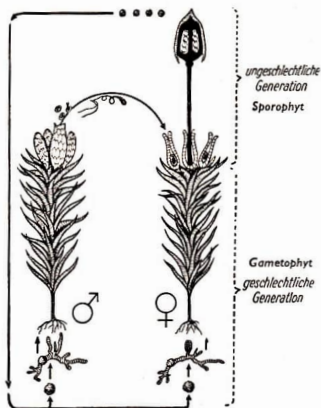


Abb. 92 Generationswechsel eines zweihäusigen Laubmooses (Das Zeichen ♂ kennzeichnet die männliche, das Zeichen ♀ die weibliche Pflanze.)

grüner Faden und aus diesem die meist beblätterte Moospflanze. Am Gipfel ihrer Stämmchen oder auch an anderen Stellen bildet sie männliche und weibliche Geschlechtsorgane. Das beblätterte Moospflänzchen stellt also den Gametophyten der Pflanze dar. Die männlichen Geschlechtsorgane erzeugen in ihrem Inneren mit Geißeln ausgestattete und daher bewegliche männliche Geschlechtszellen. Die weiblichen Geschlechtsorgane enthalten eine Eizelle. Zu ihr dringen die männlichen Geschlechtszellen vor, eine davon verschmilzt mit ihr. Aus der befruchteten Eizelle (Zygote) entwickelt sich die meist gestielte Sporenkapsel. Die Sporenkapsel erzeugt die Sporen. Die gestielte Sporenkapsel stellt den Sporophyten der Pflanze dar. Auffällig ist bei den Moosen, daß der Sporophyt auf dem Gametophyten verbleibt.

Farnpflanzen (Abb. 93 u. 94). Bei Farnpflanzen entwickelt sich aus der Spore ein unscheinbares, meist grünes Gebilde, der **Vorkeim** (das Prothallium). Beim Wurmfarne ist der Vorkeim herzförmig, bei den Schachtelhalmen stark gelappt. Er bildet meist kugelige männliche und flaschenförmige weibliche Geschlechtsorgane. Wie bei den Moospflanzen liefern die Geschlechtsorgane männliche Geschlechtszellen und Eizellen. Aus einer befruchteten Eizelle bildet sich die neue Pflanze.

Der Vorkeim stellt den Gametophyten, die beblätterte Pflanze den Sporophyten dar. Zum Unterschied von den Moospflanzen ist bei den Farnpflanzen der Gametophyt schwach ausgebildet, während der Sporophyt kräftig entwickelt ist.

Samenpflanzen. Bei den Samenpflanzen treten ebenso wie bei den Moospflanzen und den Farnpflanzen zwei aufeinanderfolgende Generationen auf, die sich jedoch außerordentlich stark voneinander unter-

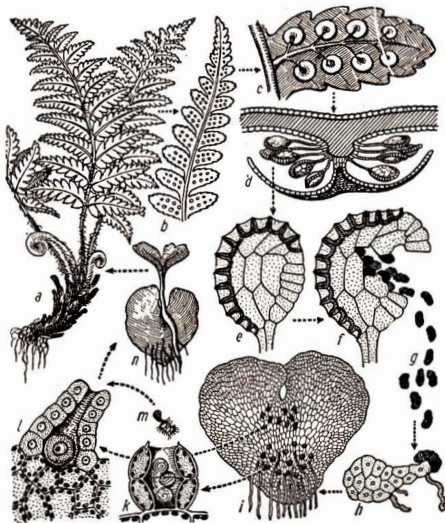


Abb. 93 Entwicklung eines Farns (Wurmfarn)

a Farnpflanze, b Fiederblättchen von unten mit Sporenhäufchen, c Teil eines Blättchens, d Sporenhäufchen durchschnitten, e geschlossene Sporenkapsel, f geplatzte Sporenkapsel, g Sporen, h Keimung einer Spore, i Vorkeim von unten, k männliches Geschlechtsorgan, l weibliches Geschlechtsorgan, m männliche Geschlechtszelle auf dem Weg zur weiblichen Eizelle, n Vorkeim mit jungem Farn

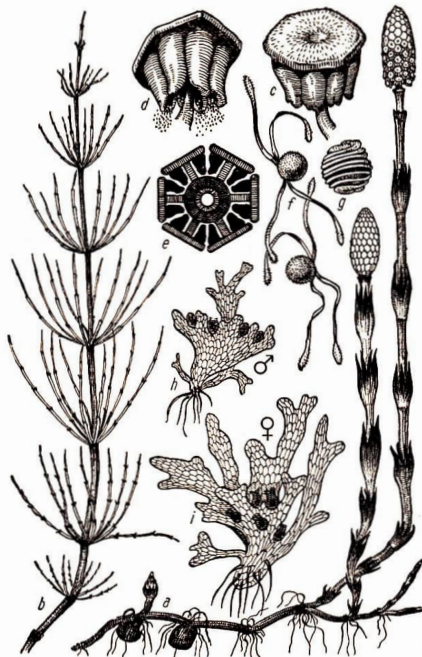


Abb. 94 Acker-Schachtelhalm

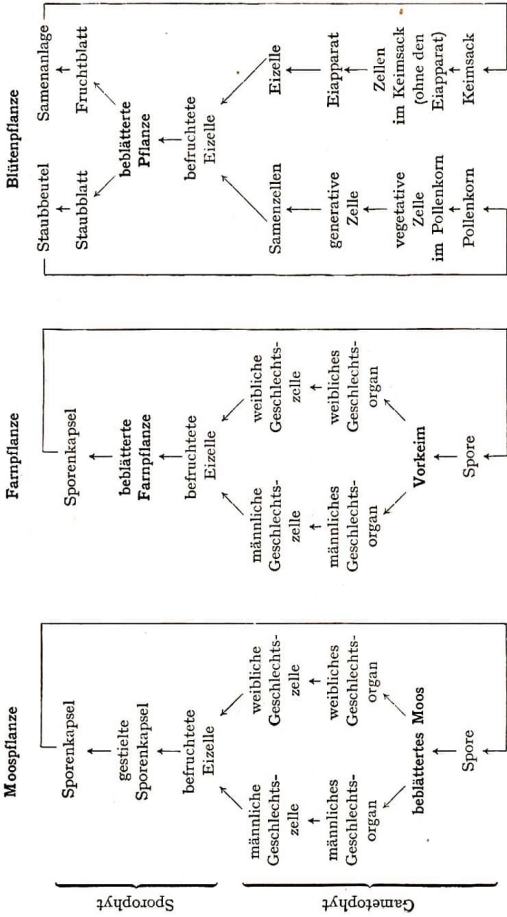
a Wurzelstock mit reservestoffhaltigen Knollen, nicht assimilierenden bleichen Sprossen mit Sporenähren und zwei Knospen unfruchtbarer Sprosse, b assimilierender Sproß, c Sporenblatt schräg von oben, d von unten (mit geöffneten Sporenbältern), e schematischer Querschnitt durch die Sporenähre, f Sporen mit gestreckten, g mit eingerollten Fäden, h Vorkeim mit männlichen (♂) Geschlechtsorganen, i Vorkeim mit weiblichen (♀) Geschlechtsorganen

scheiden. Die uns allgemein bekannten beblätterten und blühenden Pflanzen sind die Sporophyten. Die Gametophyten dieser Pflanzen sind aufs äußerste vereinfacht. Als männlichen Gametophyten bezeichnet man den Inhalt jedes Pollenkorns, also die vegetative und die generative Zelle, die ihn zusammensetzen (siehe S. 76), als weiblichen Gametophyten den Keimsack (Embryosack) jeder Samenanlage. In beiden Gebilden werden Geschlechtszellen gebildet, in den Pollenkörnern die Samenzellen und im Embryosack die Eizelle. Allerdings ist die Ausbildung besonderer Geschlechtsorgane (in stärkstem Maße bei den Bedecktsamern) unterdrückt.

Der Generationswechsel der Samenpflanzen ist von dem der Farnpflanzen abzuleiten. Im Laufe langer Zeit hat sich über viele Stufen hinweg der Sporophyt vergrößert, während der Gametophyt kleiner wurde. Die Vereinfachung des Gametophyten ging dabei so weit, daß er eher einem Organ des Sporophyten gleicht als einer selbständigen Pflanze.

Die Entwicklung des Generationswechsels bis zu den Samenpflanzen hin steht mit der Anpassung der Pflanzen an das Leben auf dem trocknen Lande in Verbindung. Die männlichen Geschlechtszellen der Moose und Farne benötigen eine Flüssigkeitsbrücke (Wasserschicht), damit sie zu den Eizellen schwimmen können, die der Samenpflanzen sind von einer solchen Flüssigkeitsschicht unabhängig, da sie sich im Inneren des Stempels bewegen.

Übersicht über den Generationswechsel



Familien der Bedecktsamer mit wichtigen Kulturpflanzen

Einkeimblättrige

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Süßgräser (<i>Poaceae</i>)	Halme knotig; Blätter lang-scheidig; Blüten unscheinbar, mit Spelzen, meist in Ähren oder Rispen; Grasfrucht	alle Erdteile	Roggen, Weizen, Gerste, Hafer, Hirse, Reis, Mais (Früchte: Mehl); Mais, Gräser (Futterpflanzen); Zuckerrohr (Mark; Zucker)
Palmen (<i>Palmaceae</i>)	in der Regel hoher, meist unverzweigter Stamm mit großen gefiederten oder handförmig gespaltenen Blättern	tropische u. subtropische Gebiete	Cocospalme (Früchte: Öl, Fasern); Dattelpalme (Früchte: Stärke oder Obst); Ölpalme (Früchte: Öl); einige Zwergpalmen als Zimmerpflanzen
Liliengewächse (<i>Liliaceae</i>)	Stauden, meist mit Zwiebel, Knolle oder Rhizom; Blüten strahlig, meist mit 6 Blütenhüllblättern u. 6 Staubblättern; Fruchtknoten oberständig	alle Erdteile	Küchenzwiebel (Zwiebel: Gemüse u. Gewürz); Knob-Lauch (Zwiebel: Gewürz); Schnitt-Lauch (Blätter: Gewürz); Porree (Blätter: Gemüse); Spargel (junge Triebe: Gemüse)
Amaryllisgewächse (<i>Amaryllidaceae</i>)	Stauden, den Lilien-gewächsen ähnlich, doch Fruchtknoten unterständig	alle Erdteile	Sisal-Agave (Faser-pflanze); bei uns heimisch z. B. Narzisse, Schneeglöckchen; Clivie als Zimmerpflanze, Agaven mitunter in Anlagen
Ananasgewächse (<i>Bromeliaceae</i>)	Rosettenpflanzen	Süd-amerika	Ananas (Fruchtstände: Obst); Bromelien als Zimmerpflanzen
Orchideengewächse (<i>Orchidaceae</i>)	Stauden; Blüten zweiseitig, mit 1 bis 2 Staubblättern	alle Erdteile	Vanille (Früchte: Gewürz); bei uns heimisch z. B. Knabenkraut
Bananengewächse (<i>Musaceae</i>)	Blüten zweiseitig Staubblätter z. T. kronblatt-artig; Fruchtknoten unterständig	Tropen	Banane (Früchte: Obst oder Stärke)

Zweikeimblättrige

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Weiden-gewächse (<i>Salicaceae</i>)	Bäume oder Sträucher; zweihäusig; Blüten ohne Blütenhülle, in Achseln von Tragblättern: Kätzchen	nördliche Halbkugel	Korb-Weide, einige andere Weiden (Zweige: Flechtmaterial); Pappeln (Holz: Zellstoff)
Haselnuß- gewächse (<i>Corylaceae</i>)	Holzgewächse, einhäusig; Blüten in Kätzchen oder in knospenähnlichen Blüten- ständen	nördliche Halbkugel, Süd- amerika	Haselnuß (Frucht: Obst)
Walnuß- gewächse (<i>Juglandaceae</i>)	Bäume, einhäusig; Blüten in Kätzchen; Blätter ge- fiedert	nördliche Halbkugel	Walnuß (Frucht: Obst)
Pfeffer- gewächse (<i>Piperaceae</i>)	Holzgewächse oder Kräuter; Blüten ohne Blütenhülle	Tropen	Schwarzer Pfeffer (Früchte: Gewürz), bei uns als Zimmerpflanze
Maulbeer- gewächse (<i>Moraceae</i>)	Bäume oder Sträucher mit Milchsaft, häufig mehrere Früchte zu einer Schein- frucht vereinigt	Tropen u. Subtropen	Weißer Maulbeerbaum (Blätter: Seidenraupen- futter); Feigenbaum (Fruchtstände: Obst); Gummibaum (Milchsaft: Kautschuk), bei uns als Zimmerpflanze
Hanfgewächse (<i>Cannabaceae</i>)	Stauden, zweihäusig, Blätter gefiedert oder ge- lappt	Europa, Asien	Hopfen (Fruchtstände: Biergewürz); Hanf (Faserpflanze)
Knöterich- gewächse (<i>Polygonaceae</i>)	meist Kräuter; Stengel knotig; Nebenblätter zu stengelumfassenden Tuten verwachsen	alle Erdteile	Rhabarber (Blattstiele: Obst); Buchweizen (Samen: Stärke)
Gänsefuß- gewächse (<i>Cheno- podaceae</i>)	Kräuter oder Sträucher; Blüten unscheinbar, häufig in knäueligen Blüten- ständen	alle Erdteile	Zuckerrübe (Rüben- körper: Zucker); Runkel- rübe (Futterpflanze); Rote Rübe, Mangold, Spinat (Gemüsepflanzen)
Lorbeer- gewächse (<i>Lauraceae</i>)	Holzgewächse mit ledrigen Blättern	Tropen, Subtropen, warme ge- mäßigte Gebiete	Lorbeer (Blätter: Gewürz), bei uns als Kübelpflanze; Zimtbaum (Rinde: Ge- würz)

Zweikeimblättrige (Fortsetzung)

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Mohngewächse (<i>Papaveraceae</i>)	Kräuter; Blüten mit 2 Kelchblättern u. 4 Kronblättern; Frucht häufig eine Kapsel	nördliche Halbkugel	Schlaf-Mohn (Samen: Öl; Milchsaft: Opium)
Kreuzblütengewächse (<i>Brassicaceae</i>)	Kräuter; Blüten mit 4 Kelchblättern u. 4 Kronblättern, 2 kürzeren u. 4 längeren Staubblättern u. 1 Fruchtknoten; Frucht eine Schote	alle Erdteile	Brunnenkresse (Salatpflanze); Kohl (Gemüsepflanze); Raps, Rübsen, Senf (Samen: Öl, auch Futterpflanzen); Kohlrübe (Rübenkörper: Futter, auch Gemüse); Rettich, Radieschen (Rübenkörper u. Knolle: Gemüse)
Steinbrechgewächse (<i>Saxifragaceae</i>)	Kräuter oder Sträucher; Blätter ohne Nebenblätter; Blüten 5-strahlig	alle Erdteile	Johannisbeere, Stachelbeere (Früchte: Obst); viele Steinbrecharten in Steingärten
Rosengewächse (<i>Rosaceae</i>)	Holzwachse oder Kräuter; Blätter mit Nebenblättern; Blüten meist 5-strahlig	alle Erdteile	Apfel, Birne, Quitte, Kirsche, Pflaume, Aprikose, Pfirsich, Erdbeere, Brombeere u. Himbeere (Früchte: Obst); Mandel (Samen: Gewürz)
Schmetterlingsblütengewächse (<i>Fabaceae</i>)	Kräuter oder Holzwachse; Blätter häufig zusammengesetzt, mit Nebenblättern; Blüten zweiseitig, mit 10 Staubblättern, von denen wenigstens 9 am Grund zu einer Röhre verwachsen sind; Frucht eine Hülse	alle Erdteile	Lupine, Blaue Luzerne, Steinklee, Klee (Rot-Klee u. a.); Wundklee, Esparsette, Wicken (Futterpflanzen); Erbse, Ackerbohne (Samen: Gemüse, auch Futterpflanzen); Bohne (unreife Frucht u. Samen: Gemüse); Linse (Samen: Gemüse); Sojabohne (Samen: Öl u. Futter); Erdnuß (Samen: Öl u. Obst)
Leingewächse (<i>Linaceae</i>)	Kräuter oder Sträucher; Blüten meist 5-strahlig; Frucht eine Kapsel	nördliche Halbkugel	Lein oder Flachs (Stengel: Fasern; Samen: Öl)

Zweikeimblättrige (Fortsetzung)

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Rautengewächse (<i>Rutaceae</i>)	Holzgewächse oder Kräuter; Blätter mit Öldrüsen; Pflanzen stark duftend	warme Gebiete	Zitrone, Apfelsine, Mandarine (Früchte: Obst); bei uns heimisch z. B. Wein-Raute
Wolfsmilchgewächse (<i>Euphorbiaceae</i>)	Holzgewächse oder Kräuter; häufig mit Milchsaft; Blüten unscheinbar	alle Erdteile	Rizinus (Samen: bes. Öls Heilmittel); Federharzbaum (Milchsaft: Kautschuk); bei uns heimisch z. B. Garten-Wolfsmilch
Weinreben-gewächse (<i>Vitaceae</i>)	Klettersträucher; Blätter handförmig gelappt oder gefingert; Blüten klein; Frucht eine Beere	nördliche Halbkugel	Weinstock (Beeren: Obst; Beerensaft: Wein)
Malven-gewächse (<i>Malvaceae</i>)	Holzgewächse oder Kräuter; Blüten meist mit Außenkelch; Staubblätter zahlreich, untereinander u. mit Krone verbunden	alle Erdteile	Baumwolle (Samen: Fasern u. Öl) bei uns heimisch z. B. Stockrose
Stinkbaum-gewächse (<i>Sterculiaceae</i>)	Holzgewächse oder Kräuter (Kakaobaum mit stammbürtigen Blüten)	Tropen	Kakaobaum (Samen: Kakao, Schokolade)
Teestrauch-gewächse (<i>Theaceae</i>)	Holzgewächse mit immergrünen Blättern	Tropen, Subtropen	Teestrauch (Blätter: Tee) Kamellie als Zimmerpflanze
Dolden-gewächse (<i>Ammiaceae</i>)	Kräuter, meist stark duftend; Blüten klein, in meist zusammengesetzten Dolden; Frucht in zwei Teilfrüchte zerfallend	alle Erdteile	Petersilie, Dill, Garten-Kerbel (Gewürzpflanzen); Kümmel, Fenchel, Koriander (Früchte: Gewürz); Möhre, Sellerie, Pastinak (Rübenkörper: Gemüse)
Ölbaum-gewächse (<i>Oleaceae</i>)	Holzgewächse; Blüten mit 2 Staubblättern	alle Erdteile	Ölbaum (Früchte: Öl); bei uns heimisch z. B. Flieder, Liguster
Lippenblüten-gewächse (<i>Lamiaceae</i>)	Kräuter oder Sträucher mit gegenständigen Blättern; Blüten zweiseitig, mit 4 Staubblättern u. 4-teiligem Fruchtknoten	alle Erdteile	Echte Salbei, Melisse, Echter Thymian, Majoran, Bohnenkraut, Basilienkraut, Pfeffer-Minze u. Krause Minze (Gewürzpflanzen, manche auch Heilpflanzen)

Zweikeimblättrige (Fortsetzung)

Familie	wichtige Merkmale	Vorkommen der Familie	Beispiele
Nachtschattengewächse (<i>Solanaceae</i>)	Kräuter oder Sträucher; Blüten meist strahlig; Kronblätter verwachsen; Frucht eine Beere oder Kapsel	alle Erdteile	Kartoffel (Knollen: Nahrungsmittel u. Futter); Tomate (Frucht: Gemüse, Obst); Paprika (Frucht: Gemüse, Gewürz); Tabak (Blätter: Rauchtabak)
Rötegewächse (<i>Rubiaceae</i>)	Holzgewächse oder Kräuter mit gegenständigen Blättern; Blüten strahlig, Kronblätter verwachsen; Fruchtknoten unterständig, zweiteilig	alle Erdteile	Kaffeestrauch (Samen: Kaffee); bei uns heimisch, z. B. Wald-Meister, Klebkraut
Kürbisgewächse (<i>Cucurbitaceae</i>)	meist mit Ranken kletternde Kräuter; Krone verwachsen, 5-strahlig; Frucht eine Beere	vornehmlich Tropen	Kürbis, Gurke (Früchte: Gemüse); Melone (Früchte: Obst)
Korbblütengewächse (<i>Asteraceae</i>)	Kräuter, Blüten in Körbchen; Staubbeutel der 6 Staubblätter untereinander verbunden	alle Erdteile	Sonnenblume (Früchte: Öl, auch Futterpflanze); Topinambur (Futterpflanze); Schwarzwurzel (Wurzel: Gemüse); Garten-Salat (Gemüse); Zichorie (Wurzel: Gewürz; Blätter: Salat); Endivie (Blätter: Salat)

