Landeshauptstadt Hannover

Hannover

Schulbiologiezentrum

Arbeitshilfe

Pflanzenphysiologie in der Schule

(6.2)

Diese Arbeitshilfe wird zurzeit überarbeitet. Die alte Version steht Ihnen hiermit noch vorübergehend zur Verfügung.

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Schulbiologiezentrum

Titel: **Pflanzenphysiologie in der Schule**

Arbeitshilfe Nr. 6.2

Juni 1977 / Nov. 1990 / Mai 1999

Verfasser: Siegfried Dombrowsky

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel: 0511/ 168- 47665/7
Fax: 0511/ 168- 47352
E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet: www.schulbiologiezentrum-hannover.de

Pflanzenphysiologie in der Schule

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung 3

1. Didaktisch-methodische Überlegungen 4

2. Der Wasserhaushalt der Pflanze 8

2.1 Fachliche Grundlagen 8

2.2 Versuche 15
2.2.1 Guttation bei Haferkeimlingen 16
2.2.2 Modellversuch zur Diffusion 18
2.2.3 Modellversuch zur Osmose 20

3. Bau und Funktion der Wurzel 22

3.1 Fachliche Grundlagen 22
3.1.1 Die Wurzelrinde 22
3.1.2 Der Zentralzylinder 23

3.2 Versuche 24
3.2.1 Wasseraufnahme durch die Wurzel 25
3.2.2 Die Bedeutung der Wurzelhaare 27
3.2.3 Nachweis des Wurzeldrucks 29

4. Bau und Funktion des Sprosses 31

4.1 Fachliche Grundlagen 31

4.2 Versuche 32
4.2.1 Nachweis der Wasserleitung in den Leitungsbahnen 33

5. Das Wachstum von Wurzel und Sproß 35

5.1 Fachliche Grundlagen 35

5.2 Versuche 38
5.2.1 Wurzelwachstum 39
5.2.2 Wachstumshemmung durch Äthylen 41

6. Bau und Funktion des Blattes 43

6.1 Fachliche Grundlagen 43
6.1.1 Der Bau des Blattes 43
6.1.2 Photosynthese und Atmung 46

...

		Seite
6.2	Versuche	52
6.2.1	Nachweis von Chlorophyll in Blättern I	53
6.2.2	Nachweis von Chlorophyll in Blättern II	55
6.2.3	Wassernachweis - qualitativ - (Transpiration)	57
6.2.4	Wasserverlustnachweis durch Wägung	59
6.2.5	Nachweis der Spaltöffnungen	61
6.2.6	Nachweis der Transpiration mit Kobaltpapier	63
6.2.7	Nachweis des Zusammenhangs von Licht und Pflanzenleben	65
6.2.8	Nachweis zur Bildung von Sauerstoff	67
6.2.9	Nachweis von Stärke in panaschierten Blättern	69
6.2.10	Aufgabe des Lichtes bei der Photosynthese ..	71
6.2.11	Sauerstoffnachweis mit Indigokarmin	73
6.2.12	Atmung (CO_2 Abgabe von keimenden Erbsen) ..	75
7.	Literaturverzeichnis	77

...

Einleitung

An umfangreicher Literatur über experimentelle Pflanzenphysiologie fehlt es nicht. Wohl aber fehlen Anleitungen, die die heutige Schulwirklichkeit mit einbeziehen. Diese sind:

- zahlreiche Fachklassen, die ein Lehrer unterrichten muß
- häufig unzureichende Ausstattung
- Überfülle an Unterrichtsinhalten
- wenig Zeit für Vorbereitung und Abbau von Versuchen.

Dies führte dazu, nur solche Versuche aufzunehmen, die

- wenig Material- und Zeitaufwand erfordern,
- eindrucksvoll und
- eindeutig sind.

Eine Vielzahl von Versuchen wurden getestet und erprobt, übernommen und verändert. Diese Arbeit übernahmen Frau Stenzel und Frau Krüger Ochmann in Zusammenarbeit mit dem Schulbiologiezentrum.

Eine weitere Idee war, daß die erforderlichen Geräte, Chemikalien und Pflanzen für solche Schulen zur Verfügung stehen, die nur unzureichend ausgestattet sind.

Wir bitten alle interessierten Kollegen, welche mit dieser Arbeitshilfe im Unterricht arbeiten, um Mitteilung ihrer dabei gemachten Erfahrungen. Neben Verbesserungsvorschlägen sind wir an brauchbaren Ergänzungen interessiert.

Die Formulierung und Bearbeitung der sachlichen Hinweise übernahm Herr Dombrowsky, der auch die Skizzen anfertigte.

Ich danke allen Mitarbeitern für die Zusammenstellung dieser Arbeitshilfe.

Winkel
Biologieoberrat

...

1. Didaktisch-methodische Überlegungen

Pflanzliche Stoffwechselprozesse sind Grundphänomene des Lebendigen. Sie schaffen die Grundlage für alles tierische Leben auf der Erde durch die Veränderung anorganischer Stoffe in organische. Für das Verständnis ökologischer Fragen sind sie z.B. ebenso bedeutsam wie Fragen der Welternährung oder der Ernährung des einzelnen, die immer auf diese Grundprozesse zurückgehen.

In der Schule können viele dieser Fragen wegen damit verbundener chemischer Vorkenntnisse in der Regel erst in der Sekundarstufe I aufgegriffen werden. Doch auch ohne diese Kenntnisse ist Physiologie in den einzelnen Schulstufen möglich.

Die Grundschule (phänomenologische Kausalität) verbleibt in der elementaren Phänomenologie - erarbeitet an Versuchen in Blumentöpfen - daß die Pflanze Wasser, Licht und Nährstoffe braucht. (vgl. auch Veröffentlichungen SBZ, - Wir treiben Blumenzwiebeln, Die Keimung bei ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen, Pflanze und Boden, Wir treiben Forsythien -).

In der Orientierungsstufe = (stofflich-ganzheitliche Kausalität/ "wenn - dann") fehlt noch die genauere Erarbeitung pflanzenphysiologischer Prozesse. In manchen neueren Schulbüchern für diese Altersstufe erscheinen diese Themen stark vereinfacht. In der Regel handelt es sich dabei um die Fortsetzung der in der Grundschule begonnenen Phänomenologie. Mehr ist wegen der sehr schnell notwendig werdenden chemischen Grundkenntnisse auch nicht möglich. Auf diesem Gebiet streiten die Fachdidaktiker ebenso wie um die Frage der Zellenlehre im 5./6. Schuljahr. Es ist auch zu berücksichtigen, daß das Schülerinteresse an physiologischen Prozessen in dieser Altersstufe geringer ist.

...

In der Sekundarstufe I = (stofflich -analytische Kausalität) ist wegen der damit verbundenen Voraussetzungen ein genaues Erarbeiten pflanzenphysiologischer Fragen möglich. Der hier vorgelegte Kurs orientiert sich am Arbeitsplan für das 7./8. Schuljahr des Schulbiologiezentrums Hannover. Er gliedert systematisch nach den pflanzlichen Grundorganen (Wurzel, Sproß, Blatt) und ihren Aufgaben.

Die Versuche erschließen inhaltlich Fragen der Pflanzenernährung, der pflanzlichen Atmung und des Wasser- und Nährstofftransportes. Ökologische oder gärtnerisch praktische Gesichtspunkte sind nicht enthalten. Sie bieten eine gute Ergänzung. Ausgangspunkt dafür könnten Fragen des Schülers sein.

Leitende Gesichtspunkte können sein:

1.) Der Zusammenhang von Bau und Funktion.
(Jeder physiologische Vorgang bedarf einer anatomischen Voraussetzung der Pflanze. Jeder Prozeß hat ein morphologisches Korrelat).

2.) Pflanzliches Leben ist an Zellvorgänge gebunden. Die wesentlichen Vorgänge laufen in der Zelle ab.

3.) Pflanzen sind als Produzenten die Grundlage eines jeden Ökosystems. Die Biomassenproduktion bestimmt die ökologischen Kreislaufsysteme.

Daneben enthält der Kurs in großem Maße auch instrumentale Aspekte des Biologieunterrichtes. Der Schüler soll lernen, möglichst seine Fragen und Probleme durch Experimente zu überprüfen. Dabei soll er die Daten seiner Beobachtungen in einem Versuchsprotokoll festhalten. Die Schule wird in der Regel nur einfache Ergebnisse erreichen. Eine wissenschaftliche Theoriebildung ist selbst bei forschendem Biologieunterricht unwahrscheinlich. Traditionell wurden und werden im Biologieunterricht die Probleme deduktiv gelöst. Durch Aufnahme der Frage des Schülers an die Natur in diesem Kurs soll einem induktiven Biologieunterricht der Weg verbreitert werden.

...

Er ist sinnvoller, weil

- vom unmittelbaren Interesse des einzelnen Schülers ausgegangen wird;
- durch die Bildung von Fragen Probleme der Biologie für den Schüler durchschaubarer werden;
- die Induktion den Anfang des Erkenntnisprozesses der Naturwissenschaften bilden.

Dies induktive Vorgehen stößt schnell auf Grenzen in der Schulwirklichkeit: Überfüllte Lehrpläne begrenzen die Zeit für selbständiges Arbeiten ebenso wie Mangel geeigneter Materialien oder Grenzen der Fähigkeit der Schüler, zu fragen. Dem Schüler können Hilfestellungen geboten werden, die Fragen "provozieren". So wäre es denkbar über eine verwelkte Zimmerpflanze oder einen vertrockneten Blumenstrauß Probleme pflanzlicher Lebensprozesse aufzurollen. Doch auch Fragen, die gemeinsam im Gespräch mit dem Lehrer dann als "unsere Fragen" erarbeitet werden, sind ein Schritt auf dem induktiven Weg. Diesen Teil des Unterrichtes kann diese Arbeitshilfe nicht erleichtern. Sie gibt neben der Sachanalyse für den Lehrer nur die "nackten" Versuchsanleitungen. Jeder Kollege wird dieselben leicht in praktischen Unterricht umsetzen können. Hier soll ausdrücklich vermerkt werden, daß die Blätter für den Unterrichtsgebrauch vervielfältigt werden dürfen.

Die Versuchsbeschreibungen wurden nach dem Schema der folgenden Seite gegliedert, (die als Vorlage für ein Schülerarbeitsblatt genommen werden kann).

Im Kopfteil sind unterrichtspraktische Hinweise ausschließlich für den Lehrer enthalten (Thema, Material, Zeitaufwand, besondere Tips). Der untere Teil ist jeweils der Skizzierung des möglichen Verlaufs eines Versuches gewidmet. Er dient der Orientierung und der Hilfe bei der Versuchskonrolle für den Lehrer.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: _____

Thema des Versuches: _____

Versuch:
(S) = Schülerversuch
(L) = Lehrerdemonstration

Benötigtes Material: _____

Zeitaufwand: (insgesamt)

Zeitaufwand: (Unterrichtszeit)

Voraussetzungen:

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: (wurde versucht,"schülergemäß" zu formulieren)

Meine/Unsere Vermutung: (wurde versucht,"schülergemäß" zu formulieren)

Mein/Unser Versuchsplan: (wurde in der Erwachsenensprache [als Versuchsanleitung] formuliert)

Mein/Unser Versuchsaufbau:

Meine/Unsere Beobachtung: (wurde in der Erwachsenensprache formuliert)

Mein/Unser Ergebnis: (wurde in der Erwachsenensprache formuliert)

Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches) (wurde in der Erwachsenensprache formuliert)

Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben (wurde in der Erwachsenensprache formuliert)

...

2. Der Wasserhaushalt der Pflanze

2.1 Fachliche Grundlagen

Der Wassergehalt von Pflanzen beträgt im Durchschnitt zwischen 60 % und 90 % (bei manchen Wasserpflanzen sogar bis 98 %) ihres Gewichts. Sinkt der Wassergehalt bedeutend, verlangsamen die Lebensvorgänge; bei etwa 5 % sind sie kaum noch nachweisbar.

Die Hydratur (=der Wasserzustand) ist bei Niederen pflanzlichen Lebewesen gleich ihrer Umgebung; das bedeutet, daß diese Pflanzen im Wasser oder an sehr feuchten Orten vorkommen.

Anders ist es bei den Höheren Pflanzen; die Dampfspannung der Luft erreicht selten so hohe Werte, wie sie für den Ablauf der Lebensvorgänge in dieser Pflanze notwendig sind. Obwohl die Pflanze sich vor Verdunstung schützt (durch ausgeschiedene Fette, kutinisierte Menbranschichten, tote Haare, Einrollen der Blätter), gibt sie doch ständig Wasser an die Umgebung ab. Ein starkes Absinken der Hydratur wird nur durch eine ständige Wasseraufnahme durch die Wurzel ermöglicht.

Der Wasserhaushalt der Zelle

Zu den grundlegensten physiologischen und das Verhalten des Wassers in der Pflanze beeinflussenden Prozessen gehören Diffusions- und Osmoseerscheinungen.

Als Diffusion (="lat. diffundere" = hindurchtreten) bezeichnet man das Bestreben eines gasförmigen oder gelösten Stoffes, den ihm zur Verfügung stehenden Raum gleichmäßig zu erfüllen. Die Diffusion erfolgt dabei in Richtung der geringeren Konzentration. Ursache ist die thermische Bewegungsenergie der Moleküle, nachweisbar durch die BROWN'sche Molekularbewegung. (1827 beobachtete R. Brown, daß durch den ständigen Aufprall von Lösungsmolekülen kleinere Teilchen eines suspendierten (aufgelösten) Stoffes bzw. Tröpfchen einer Emulsion in eine zitternde Bewegung versetzt werden).

...

Die Diffusion erfolgt über kleinere Strecken mit großer Geschwindigkeit, über große Strecken dagegen sehr langsam, da die Geschwindigkeit proportional mit der Wurzel der Zeit abnimmt. Wenn in einem Tag die Strecke "s" durchwandert wurde, wird in "t" Tagen eine Strecke von

$$S_t = S \cdot \sqrt{t} \qquad s = \text{Weg}; \quad t = \text{Zeit}$$

durchwandert.

Die Diffusionsgeschwindigkeit von Fluoreszin in Wasser beträgt z.B.

nach	10	Minuten	-	2 mm
nach	60	Minuten	-	5 mm
nach	30	Tagen	-	14 cm
nach	1	Jahr	-	50 cm

Der Diffusionsvorgang bewirkt stets einen <u>Konzentrationsausgleich</u>, d.h. eine gleichmäßige Verteilung der Moleküle im Raum.

Die diffundierte Stoffmenge ist abhängig von:

(Nach den Diffusionsgesetzen von FICK).

1. dem Konzentrationsgefälle
2. der Zeit
3. dem Querschnitt der Durchtrittsfläche
4. einer Konstanten (spezifische Wanderungsgeschwindigkeit)

<u>Sie ist bei:</u>

Gasen	-	sehr hoch
Flüssigkeiten	-	niedrig, da der molekulare Zusammenhang enger ist als bei Gasen
zähflüssige Flüssigkeiten	-	nicht mehr vorhanden, weil das natürliche Bewegungsvermögen gehemmt wird.

Wird die Diffusion auf den Zustand einer pflanzlichen Zelle umgerechnet, erreicht sie beachtliche Werte und hat für den Stoffaustausch grundlegende Bedeutung. Diffusionserscheinungen gehören deshalb zu den grundlegensten physiologischen Prozessen und sind für das Verhalten des Wassers von größter Bedeutung.

...

Als Osmose definiert ist der Durchtritt einer Substanz (z.B. H_2O) durch eine Membran in Richtung der höheren Konzentration. (Durchlässige Membranen heißen permeable M).

Der Durchtritt erfolgt bei vielen Membranen vorzugsweise durch die mit Wasser erfüllten Intermicellarräume ("Durchlässe" in den Schichten der Zellwand), die in den meisten pflanzlichen Zellulosemembranen so weit sind, daß sie die Mehrzahl der nichtkolloidalen (nicht in feinster Zerkleinerung vorliegenden) Stoffe keinen nennenswerten Widerstand entgegensetzten. Nicht durchgelassen werden kolloidale Teilchen von 1/5 bis 1/1000 μ.

Nicht nur der Porendurchmesser der Zellwand ist entscheidend, sondern auch die physikalisch- chemische Beschaffenheit der Porenwände (z.B. ihre elektrische Ladung) ist wichtig, da diese die freie Beweglichkeit geladener Teilchen beeinflussen kann.

Der ständige Substanzeintritt vergrößert das Volumen des Protoplasten und erzeugt einen Ausdehnungsdruck, den

o s m o t i s c h e n D r u c k .

Dieser Druck im Zellinneren ist abhängig von der Konzentration einer Lösung.

Ist der Wasserdruck von außen gleich dem osmotischen Druck, so ist der o s m o t i s c h e Wert einer Lösung erreicht.

Herrscht in 2 Lösungen derselbe osmotische Druck, so heißen diese Lösungen i s o t o n i s c h . (Eine Ausnahme bilden die Salze, da durch eine Wechselwirkung zwischen den Ionen ihre freie Beweglichkeit herabgesetzt wird).

Ist eine Lösung von höherer Konzentration als die Vergleichslösung, so ist sie h y p o t o n i s c h .

(Bsp. Wasser ist hypotonisch gegen Zuckerlösung)
aber Zuckerlösung ist hypertonisch gegen Wasser).

...

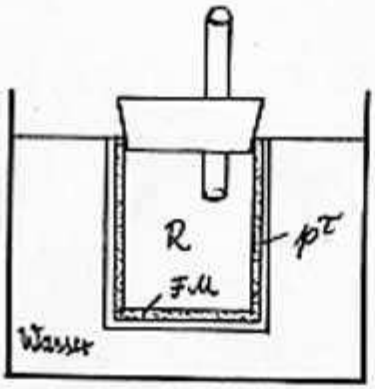
Die bisher erwähnten physikalisch-chemischen Erscheinungen der teilweise gehinderten Diffusion durch permeable Membranen und der Entwicklung osmotischer Drücke haben für die pflanzliche Zelle größte Bedeutung.

Die osmotische Tätigkeit der pflanzlichen Zelle kann mit Hilfe der PFEFFER'schen Tonzelle gezeigt werden. Dabei entspricht

die poröse Tonwand (pT) der pflanzlichen Zellwand

die Ferrozyankupfermembran (FM) dem wandständigen Plasmabelag

die Rohrzuckerlösung (R) dem Zellsaft und darin gelösten Stoffen.



Beim Zusammentreffen dieser Zelle mit Wasser zeigt sich die gleiche Wirkung wie bei der pflanzlichen Zelle. Wasser tritt in die Vakuole ein, bis der hierdurch sich entwickelnde Innendruck den weiteren Zutritt von Wasser-Molekülen verhindert.

Abb. 1 Schema der Pfefferschen Zelle

Herrscht eine hohe Außenkonzentration, wird der Zelle Wasser entzogen. Das Plasma löst sich von den Zellwänden (Plasmolyse). Bei weiterem Wasserentzug steht das Plasma der Zelle nur noch durch Plasmastränge mit der Zellwand in Verbindung. Solange diese Plasmastränge noch vorhanden sind, kann die Plasmolyse durch Wasseraufnahme rückgängig gemacht werden (Deplasmolyse).

...

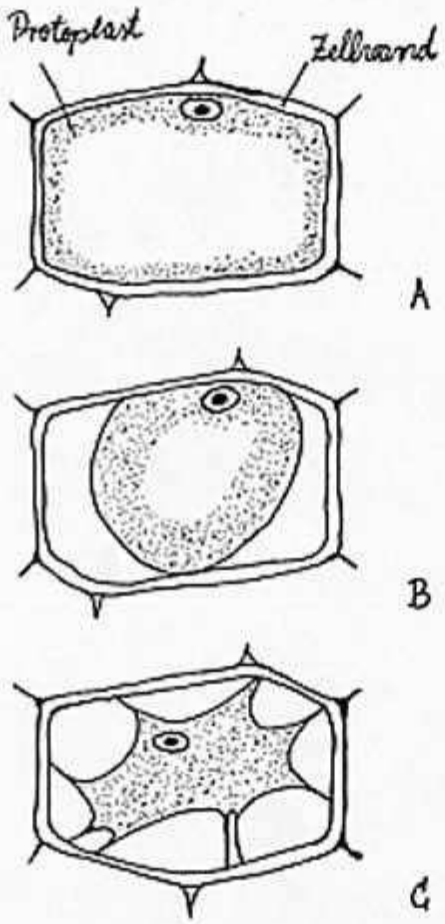


Abb. 2 Plasmolyseformen
(A. Turgeszente Zelle,
B. Konvexplasmolyse,
C. Krampfplasmolyse)
(umgezeichnet nach NULTSCH)

Die praktische Bedeutung der Plasmolyse liegt bei Fragen der Düngung von Pflanzen. Eine Überdüngung des Bodens führt zu einer Steigerung der Saugkraft, der die Pflanzenzellen (vornehmlich in den Wurzeln) umgebenden Nährlösungen. Der Pflanze wird Wasser entzogen - sie "verbrennt" im gärtnerischen Sprachgebrauch.

Bedeutung der Osmose für die Pflanzen.

1. Aufrechterhaltung des Turgors
   (Straffung und Festigung des Pflanzenkörpers.
   Welken ist z.B. ein Turgorverlust).
2. Regelung der Wanderung von Stoffen und Wasser von Zelle zu Zelle.
3. Wasseraufnahme und Wasserleitung.

Auf die Wasseraufnahme durch die Wurzel wird in Kapitel 2 und auf die Wasserabgabe des Blattes wird in Kap. 5 eingegangen.

Guttation

Die aktive Abgabe von tropfbarem Wasser heißt Guttation. Bei Pilzen können alle Mycelzellen, bei höheren Pflanzen besondere Drüsen (Hydrathoden) Wasser ausscheiden.

...

Vornehmlich nach feuchtwarmen Nächten (wenn die Dampfdruckdifferenz von Zellinnerem und äußerer Luftfeuchtigkeit ausgeglichen ist) sind an den Blatträndern von manchen Pflanzen (z.B. Gräsern, Erdbeere, Frauenmandel) Guttationstropfen zu finden.

Leitung des Wassers

Der Wassertransport erfolgt im Xylem (dem "Holzteil" des Leitbündels). Die Wasserströmung erreicht oft recht hohe Geschwindigkeiten (bei der Eiche 20 - 45 m/Std., also ca. 1 cm/Sek., bei einigen Lianen sogar 100 m/Std.). Dieser über weite Strecken gehende Wasserstrom (der entgegengesetzt zur Schwerkraft verläuft) ist nicht so sehr auf den Wasserdruck der Wurzel als vielmehr auf die saugende Kraft des bei der Transpiration (der Verdunstung) entstehenden Soges zurückzuführen. Die große Höhe der kapillaren Wasserfäden könnte zu der Vermutung Anlaß geben, daß diese bei einem entstehenden Zug reißen. Die hohen Kohäsionskräfte zwischen den einzelnen Teilchen wirken dem jedoch entgegen. (Versuche vgl. Kapitel 3).

Aufnahme von Mineralsalzen

Grundsätzlich kann die ganze Oberfläche der Pflanze Mineralsalze aufnehmen (Blattdüngung). Bei den höheren Pflanzen werden die Salze fast ausschließlich durch die Wurzel, und zwar in Form von Ionen, d.h. gelöst, aufgenommen.

Folgende Ionen werden von der Pflanze gebraucht:

Kationen: K, Ca^2, Mg^2 und Fe

Anionen: NO_3, SO_4 und PO_4

Dazu kommen folgende Spurenelemente:

Mn, Cu, B, Mo und andere.

Die Ionen müssen in einem bestimmten Verhältnis geboten werden, da einzelne Ionen, auch wenn sie für die Pflanze notwendig sind, allein eine giftige Wirkung haben können ("Ionenantagonismus").

...

Die Frage, wie die Salze aufgenommen werden, ist noch nicht völlig geklärt. Zu dieser Frage gibt es 3 Theorien:

1. Ultrafiltertheorie der Permeabilität.

   Sie besagt, daß die Plasmahaut Poren besitzt, deren Größe und elektrische Ladung (etwa wie bei einem Magneten) die Selektion der Moleküle und zwar nach deren Größe, bestimmt.

2. Lipoidtheorie.

   Nach dieser Theorie ist es lipoiden (=fettähnlichen) Stoffen leichter möglich, in das Plasma der Zelle einzudringen.

3. Mosaiktheorie.

   Nach dieser Theorie besteht die Plasmagrenzschicht aus einem Mosaik, in dessen aus Lipoiden und hydrophilem, globulärem (s.E.) Eiweiß bestehenden Bezirken Poren enthalten sind.

Bezüglich der Ionen besitzen die Pflanzen ein Speicherungs- und ein Wahlvermögen (d.h. nur bestimmte Ionen werden von der Zelle aufgenommen und können in stärkerer Konzentration in der Zelle vorkommen als in der Außenlösung). Eine solche Stoffspeicherung kann eintreten, wenn die Moleküle durch eine chemische Reaktion sofort gebunden werden.

Vermutlich gibt es bei der Ionenaufnahme zwei Phasen:

1. eine passive Anfangsphase (sie ist dem Zufall unterworfen)
2. eine aktive Speicherung und Aufnahme.

Nachdem die Ionen sich zuerst frei in den mikrokapillaren Räumen der Zellwand bewegt haben, erfolgt eine oberflächliche Adsorption der Ionen an die äußeren Plasmagrenzschichten (ohne Energieverbrauch). Wahrscheinlich nach dem Prinzip der Austauschadsorption, d.h. Ionen gleicher Ladung werden ausgetauscht, das schwächer adsorbierbare wird vom stärker adsorbierbaren verdrängt.

...

Einen Beweis für eine Austauschadsorption bei der Salzaufnahme bietet ff. Versuch:
Läßt man eine Wurzel über polierten Mamor wachsen, zeigen sich an den Berührungsstellen von Wurzel und Mamor feine Ätzfiguren, also hat die Wurzel Kohlensäure ausgeschieden und gegen Salz "ausgetauscht".

Für den Durchtritt durch die Plasmagrenzschicht werden die Ionen wahrscheinlich an bestimmte "Träger" gebunden; jedenfalls besagt das die Hypothese der "Carrier Substanzen". Danach sollen in der Plasmagrenzschicht Stoffe existieren, die die aufzunehmenden Stoffe binden, transportieren und nachdem sie sie wieder freigegeben haben, an ihren Ausgangspunkt zurückkehren. Die Isolierung dieser Substanz ist bisher noch nicht gelungen, man hat jedoch in tierischen Organen die Existenz solcher"Pumpmechanismen"nachgewiesen.

Noch weniger weiß man über den aktiven Teil der Ionenaufnahme. Fest steht, daß die Salzaufnahme unabhängig vom Wassereinstrom erfolgen kann. Für den Ferntransport der Nährsalze durch den Pflanzenkörper jedoch wird der in den Gefäßen aufsteigende Transpirationsstrom benutzt, der auch Assimilate in den Gefäßen befördert, z.B. den Blutungssaft.

2.2 Versuche
2.2.1 Guttation bei Haferkeimlingen
2.2.2 Modellversuch zur Diffusion
2.2.3 Modellversuch zur Osmose

Vergleiche auch Kap. 4 "Bau und Aufgabe des Sprosses"

4.2.1 Nachweis der Wasserleitung in den Leitungsbahnen

Vergleiche auch Kap. 6 "Bau und Funktion des Blattes"

6.2.3 Wassernachweis - qualitativ
6.2.4 Wasserverlustnachweis durch Wägung
6.2.5 Nachweis der Spaltöffnungen
6.2.6 Nachweis der Transpiration mit Kobaltpapier

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Der Wasserhaushalt der Pflanze
(Versuche zur Wasserleitung von Pflanzen)

Versuch:
(S)= Schülerversuch
(L)= Lehrerdemonstration

Thema des Versuches: Guttation bei Haferkeimlingen

Benötigtes Material:
2 Blumentöpfe
2 Petrischalen
2 Glasplatten
2 Einmachgläser/Plastiktüte
Hafersamen (auch andere Getreide)
Knetgummi zum Abdichten

Zeitaufwand:
Quellung u. Keimung: ca.14 Tg.
Versuch: 24 Std.

Voraussetzungen: Fähigkeit, aus Fragen Versuchshypothesen abzuleiten.

Fertigkeiten für die Überprüfung der Hypothese eines Versuches zu planen, aufzubauen und durchzuführen.

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage:

Beim Abnehmen der Erdbeeren saßen an den Blattspitzen Wassertropfen.
Wie kamen die dahin ?

Beim morgendlichen Wandern über eine Wiese glitzern in den Wassertropfen an den Grasspitzen die Strahlen der Sonne.
Woher kamen die Tropfen?

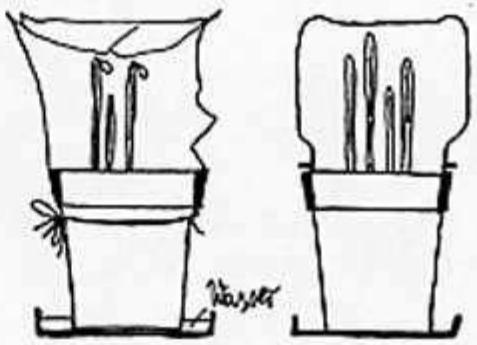
Meine/Unsere Vermutung:

a) Es hat die Nacht über stark getaut.
b) Die Pflanze hat das Wasser ausgeschieden.
c) Vom Gießen ist Wasser übriggeblieben.
d) Es hat geregnet.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Hafersamen 1 Tag quellen lassen;
- 20 gequollene Hafersamen in beide Blumentöpfe einpflanzen;
- wenn Keimlinge nach ca. 14 Tagen 4 cm hoch sind, einen der Töpfe so kräftig gießen, daß das Wasser unten abläuft;
- diesen Topf in eine Petrischale stellen, die mit Wasser gefüllt ist;

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

- den anderen Topf normal gießen und in eine trockene Petrischale stellen;
- beide Töpfe werden je mit einem Einmachglas/einer Plastiktüte abgedeckt und mit dem Knetgummi und den Glasplatten abgedeckt.

Meine/Unsere Beobachtung:	Bei der Pflanze, die in der Petrischale mit Wasser steht und stark gegossen wurde, sind nach 24 Std. an den Blattspitzen Wassertropfen zu erkennen.
Mein/Unser Ergebnis:	Diese Pflanze scheidet (aktiv) Wasser aus.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Das aus der feuchten Erde von der Pflanze aufgenommene Wasser kann in der hohen Luftfeuchtigkeit des Glasgefäßes nicht abgegeben werden. Der Wasserüberschuß wird deshalb an den Blattspitzen in Tröpfchenform ausgeschieden.
Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben	Neben der Wasserabgabe durch Verdunstung (Transpiration) erreicht die Pflanze durch aktive Wasserausscheidung (Guttation) eine Aufrechterhaltung des Turgors und des Verdünnungsgrades der Zellflüssigkeit.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Der Wasserhaushalt der Pflanze

(Bau, Wachstum u. Funktion der Wurzel)

Versuch:

(L)= Lehrer-demonstration

Thema des Versuches: Modellversuch zur Diffusion

Benötigtes Material: 1 Standzylinder
1 Pipette 10 ml
Filzschreiber
Destilliertes Wasser
starke Kaliumpermanganatlösung

Zeitaufwand: 4 Tage

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Warum "tanzen" Staubteilchen in den Sonnenstrahlen ?

Warum merkt der Lehrer, daß auch der Schüler in der letzten Bank geraucht hat?

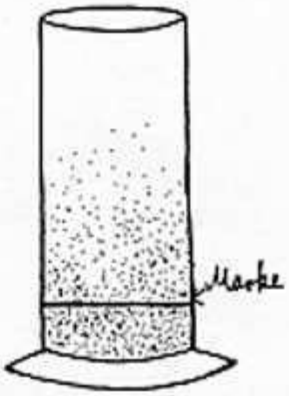
Meine/Unsere Vermutung:

a) Die Teilchen werden durch die Sonnenenergie "angetrieben".
b) Alles läuft schnell ineinander.
c) Die Luftbewegung hat die Staubteilchen aufgewirbelt.
d) Die Rauchteilchen sind über die Luft nach vorne "gewandert".

Mein/Unser Versuchsplan:

- Standzylinder mit dest. Wasser füllen; (evtl. Reagenzglas)
- mit Hilfe der Pipette vorsichtig das Wasser mit Kaliumpermanganat-Lösung unterschichten;
- die Grenze zwischen Wasser und Kaliumpermanganat muß scharf sein und wird mit dem Filzschreiber markiert;
- Standzylinder an einen erschütterungsfreien Ort stellen;

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Beobachtung:	Versuchsbeginn:	$KMnO_4$ 2,3 cm hoch
	nach 24 h :	$KMnO_4$ 3,7 cm hoch
	nach 48 h :	$KMnO_4$ 4,5 cm hoch
	nach 72 h :	$KMnO_4$ 6,1 cm hoch
	nach 96 h :	nur noch schlecht ablesbar, da die Wasser/$KMnO_4$ - Grenze schon stark verwischt ist.

Mein/Unser Ergebnis:

Die Kaliumpermanganat-Lösung vermischt sich langsam mit dem dest. Wasser, obwohl diese Lösung schwerer (größere Dichte) als Wasser ist.

Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)

Da sich die kleinsten Teile der unterschichteten Flüssigkeit in dauernder Bewegung befinden, haben sie sich langsam mit dem darüber liegenden Wasser durchmischt.

Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben

Die Eigenbewegung der Moleküle unterstützt alle Transport- und Abgabevorgänge der lebenden Pflanzen

...

Thema des Kapitels: Der Wasserhaushalt der Pflanze

(Bau, Wachstum und Funktion der Wurzel)

Versuch:

(L)= Lehrer-demonstration

Thema des Versuches: Modellversuch zur Osmose

Benötigtes Material:

- Osmometerglocke
- Becherglas 200 ml
- konz. Zucker-Lösung
- Neutralrot
- Schweinsblase
- Steigrohr
- Skala
- Stativ
- Klammer und Muffe
- kleine Gummibänder oder einen dünnen Bindfaden

Zeitaufwand: 45 Min.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Modellversuch z. Diffusion (Seite 18)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Wie "trinkt" eine Pflanze ?

Wie gelangen Wasser und Nährlösungen in die Pflanze ?

Meine/Unsere Vermutung:

a) Die Pflanze saugt Wasser auf wie ein Schwamm.

b) Die Pflanze hat eine oder mehrere Nahrungsöffnungen in der Wurzel.

c) Das Wasser kann die Wurzel "durchdringen".

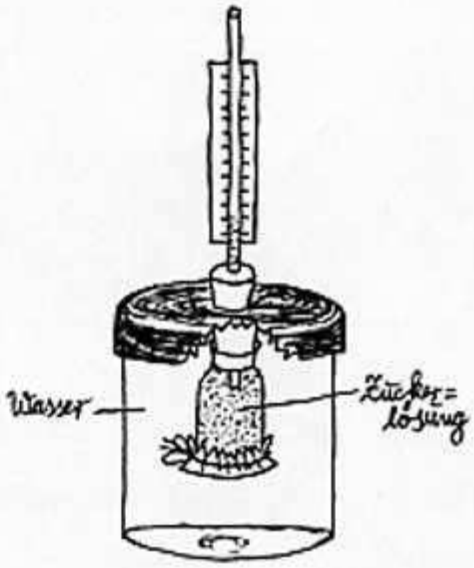
Mein/Unser Versuchsplan:

- ca. 200 ml einer gesättigten Zucker-Lösung herstellen und mit Neutralrot-Lösung anfärben;
- Schweinsblase 1/2 Std. in Wasser legen, damit sie geschmeidig wird; (mit Benzin entfetten, wenn sie frisch vom Schlachter besorgt ist)
- Schweinsblase über den offenen Teil der Osmometerglocke spannen, so daß sie faltenfrei aufliegt und mit Hilfe von Gummiringen oder einem Bindfaden befestigen;

Wichtig !!!

Schweinsblase muß möglichst glatt u. faltenfrei über den Wulst der Glocke gespannt sein, da sonst ein eindeutiges Versuchsergebnis nicht gewährleistet ist!

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Bevor mit weiteren Gummiringen die Haut fester gespannt wird, müssen bisher aufgetretene Falten glatt gezogen werden. Bei allen vorbereitenden Arbeiten ist darauf zu achten, daß die Membrane nicht verletzt wird.

- Osmometerglocke mit angefärbter Zucker-Lösung füllen und das Steigrohr aufsetzen.

- Osmometerglocke am Stativ befestigen und das Steigrohr aufsetzen.

Meine/Unsere Beobachtung:

Beispiel:

Zeit	/ abgelesener Wert
12.35 h	9,8
12.55 h	10,1
13.40 h	12,4

Mein/Unser Ergebnis:

Die gefärbte Zuckerlösung steigt im Steigrohr auf.

Die Antwort auf meine/unsere Frage:
(Erklärung des Versuches)

Durch die halbdurchlässige Schweinsblasenhaut dringt Wasser in die Glocke ein und führt zu einer "Verdünnung" und damit zu einer im Steigrohr erkennbaren Ausdehnung der Zuckerlösung.

Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben

Die Saugkraft des Zellsaftes der Kapillarwurzeln vermag das Bodenwasser "aufzusaugen".

...

3. Bau und Funktion der Wurzel

3.1 Fachliche Grundlagen

Die Wurzeln haben die Aufgabe, die Pflanze im Boden zu verankern und sie mit Wasser und Nährsalzen zu versorgen. Eine Wurzel bildet nie Blätter aus. Es fehlt eine Gliederung in Knoten und Zwischenknotenräume (Nodien und Internodien).

Die Wurzel entwickelt sich am unteren Ende der Keimachse des Samens.
Wird die Keimwurzel zur Hauptwurzel mit Seitenwurzel, spricht man von allorhizer Bewurzelung. Dieser Typ ist vornehmlich bei Zweikeimblättrigen Pflanzen und Nadelgehölzen zu finden. Farne und Einkeimblättrige bilden keine oder nur eine kurzlebige Hauptwurzel aus (homorhize Bewurzelung).
(Vgl. auch Schullieferung 7.2 des Schulbiologiezentrums 1977 "Die Keimung bei ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen")

Die Länge des Wurzelsystems und die Tiefe der Wurzelausbreitung hängt von Standortfaktoren ab.

Beim einkeimblättrigen Roggen kann das Wurzelsystem einer Einzelpflanze im freien Stand eine Gesamtlänge von 80 km erreichen. Bei Hauptwurzelbildenden Zweikeimblättrigen sind im Extrem 25 km Wurzellänge möglich.
Unsere Kulturpflanzen durchwurzeln den Boden bis zu einer Tiefe von 2m.

Der Aufbau der Wurzel

Im Querschnitt wird die Gliederung der Wurzel in den Zentralzylinder (zusammengefaßtes Leitgewebe) und die Wurzelrinde erkennbar.

3.1.1 Die Wurzelrinde

Nach außen abgeschlossen ist die Wurzel durch eine Epidermis (ohne Spaltöffnungen), welche durch Zellausstülpungen die Wurzelhaare erzeugt. Wenn diese absterben, werden sie durch eine Korkschicht (Exodermis) mit einigen wasserdurchlässigen Zellen ersetzt. Darunter liegt die Rinde, ein parenchymatisches Gewebe. Gegen den Zentralzylinder wird die Wurzelrinde durch die Endodermis abgegrenzt.

...

3.1.2 Der Zentralzylinder

Die äußere Schicht ist die einschichtige Parenchymzone des Pericykel. Sie kann bei der Seitenwurzelbildung als sekundäres Meristem (Wachstumsgewebe) wirken.
Die Leitgefäße sind nicht gebündelt sondern bilden selbständige Stränge. Dabei wechseln Phloem und Xylem regelmäßig ab. Neben der Leitfunktion dienen die Leitstränge der Stützung und Festigung des Zentralzylinders. Diese Kabelstruktur der Wurzel ist der Beanspruchung auf Zugfestigkeit angepaßt.

Die Wurzel ist in Zonen einteilbar:

Die Wurzelhaube schützt den Vegetationskegel beim Durchdringen des Bodens. Sie wird laufend von innen erneuert.

Hinter dem Vegetationskegel folgt die Wachstumszone, in welcher die Zellen sich strecken und ausdifferenzieren.

In der Wurzelhaarzone stülpt die Rinde Epidermiszellen aus, um Bodenwasser aufnehmen zu können. Nach Absterben dieser Zellen verkorken sie als Verkorkungszone.
Entsprechend dem Wurzelwachstum wandern die Zonen in den Boden.

Wasseraufnahme durch die Wurzel

Eine Wasseraufnahme durch die Pflanzenoberfläche (Blätter, Stengel) findet man bei submersen (= untergetauchten) Wasserpflanzen und einigen Epiphyten (z.B. die Bartbromelie d. Trop. Regenwaldes), die im Besitz von Saughaaren sind, mit denen sie das Regenwasser absorbieren.

Komplizierter ist die Aufnahme des Wassers bei Höheren Pflanzen (Landpflanzen). Hier erfolgt sie durch die Wurzeln. Das Wasser ist z.T. fest mit den Bodenpartikelchen verhaftet (durch Quellung oder Adsorption hat jedes Bodenpartikelchen eine Wasserhülle um sich). Das Wasser besitzt außerdem durch seinen Salzgehalt einen osmotischen Wert. Die Bodensaugkraft (osmotischer Wert plus Adsorptions- und Quellungskräfte) beträgt normalerweise nur wenige Atmosphären; in Extremfällen bis zu 100 atm. (z.B. in Wüsten und Salzsteppen).

...

Die Wurzelhaare schmiegen sich den Bodenpartikelchen an und kommen so mit den kapillaren Wassersträngen in Berührung, die sie infolge der ständigen Wasseraufnahme weite Strecken durch den Boden saugen. Hat nun die Wurzelhaarzelle Wasser aufgenommen, so können ihr die innen an sie angrenzenden Parenchymzellen der Wurzelrinde Wasser entziehen, solange sie über größere osmotische Saugkräfte verfügen. Man hat festgestellt, daß in der Wurzel, d.h. in deren Rindenzellen, die Saugkräfte von außen nach innen und zwar bis zur Endodermis, steigen. An der Endodermis sind die osmotischen Kräfte wieder geringer. Allem Anschein nach geschieht der Übertritt des Wassers aus dem Rindengewebe in den Zentralzylinder durch einen aktiven, energieverbrauchenden Vorgang.

Saugkräfte in einer Seitenwurzel am Beispiel von Vicia faba (Saubohne):

Zellschicht	Saugkraft (atm)
Epidermis	0,7
1. Rindenschicht	1,4
2. Rindenschicht	—
3. Rindenschicht	1,5
4. Rindenschicht	2,1
5. Rindenschicht	2,8
6. Rindenschicht	3,0
Endodermis	1,7
Perizykel	0,8
Gefäßparenchym	0,9

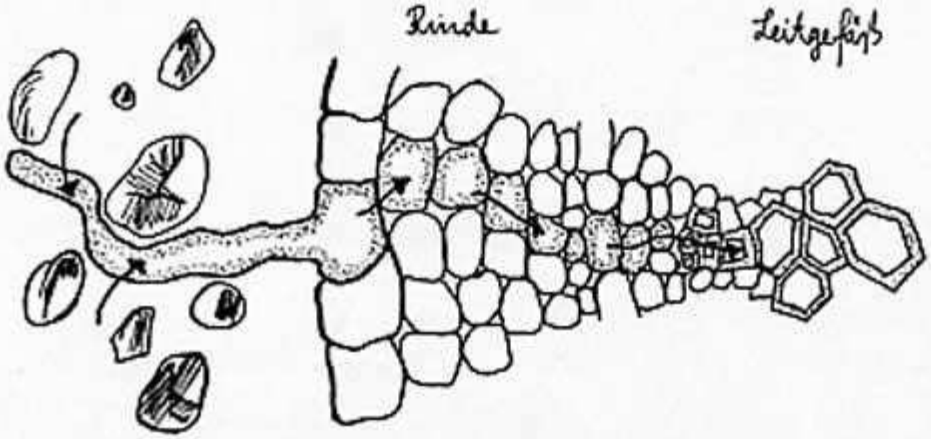


Abb. 3 Schematische Darstellung der Wasseraufnahme durch die Wurzel. Ein Wurzelhaar zwängt sich durch die von Wasser und Luft umgebenen Bodenteilchen. Durch die Rindenzellen gelangt das Wasser in die Leitgefäße.

3.2 Versuche

3.2.1 Wasseraufnahme durch die Wurzel

3.2.2 Die Bedeutung der Wurzelhaare

3.2.3 Nachweis des Wurzeldrucks ...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Funktion der Wurzel

Versuch: (S)= Schülerversuch

Thema des Versuches: Wasseraufnahme durch die Wurzel

Benötigtes Material: Tradescantia
2 Reagenzgläser
Wasser
etwas Öl
Filzschreiber

Zeitaufwand: 2-3 Tage (Ablesung jeden Tag zur gleichen Zeit)

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Schülerarbeitsblatt:

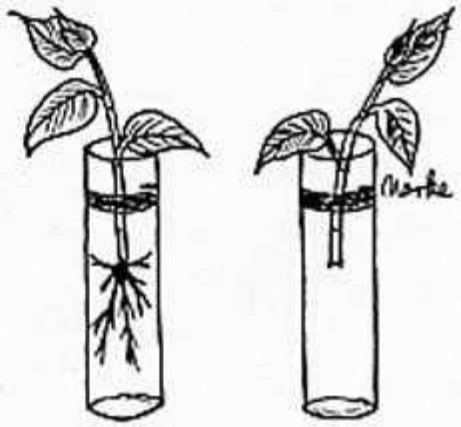
Meine/Unsere Frage: Auf welchem Wege / welche Weise gelangt Wasser in die Pflanze ? Gibt es ein Organ, mit dem die Pflanze Wasser aufnimmt ?

Meine/Unsere Vermutung: Durch die Wurzeln - durch den Stengel - durch die Blätter.

Mein/Unser Versuchsplan:

- 2 Reagenzgläser werden mit Wasser gefüllt;
- Pflanze mit Wurzel wird in 1 Reagenzglas gestellt, Pflanze ohne Wurzel ins andere;
- der Wasserstand wird markiert;
- der Wasserspiegel wird mit Öl überschichtet, damit nichts verdunstet.

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Beobachtung:	Der Wasserspiegel des Reagenzglases mit Pflanze und Wurzel ist stärker gesunken als der des Reagenzglases mit Pflanze ohne Wurzel. Meßreihe Reagenzglas 16/160 mm a) mit Wurzel 12 mm (nach 24 Std.) 5 mm (nach 48 Std.) 3 mm (nach 72 Std.) b) ohne Wurzel 6 mm (nach 24 Std.) 3 mm (nach 48 Std.) 1 mm (nach 72 Std.)
Mein/Unser Ergebnis:	Die Pflanze kann das Wasser durch den Stengel und die Wurzel aufnehmen. Durch die Wurzel nimmt sie bei gleichen Bedingungen mehr Wasser auf.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Das Wasser wird vornehmlich durch die Wurzel aufgenommen.
Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben	Die Wurzel "gewährleistet" durch ihren Bau die Aufnahme des für die Pflanze notwendigen Wassers.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Funktion der Wurzel

Versuch:
(S)= Schülerversuche
(L)= Lehrerdemonstration

Thema des Versuches: Die Bedeutung der Wurzelhaare

Benötigtes Material:
Glasbecken
Objektträger
Streifen Filterpapier
Kressesamen (1/2 Std. in Wasser eingeweicht)
Wasser

Zeitaufwand:
3 Tage

Voraussetzungen:
s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)
Kenntnis d. Funktion der Wurzel (vergl. Versuch Seite 26)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage:
Bildet die Pflanze an der Wurzel besondere Organe zur Wasseraufnahme aus oder verwendet sie dazu die ganze Wurzel ?

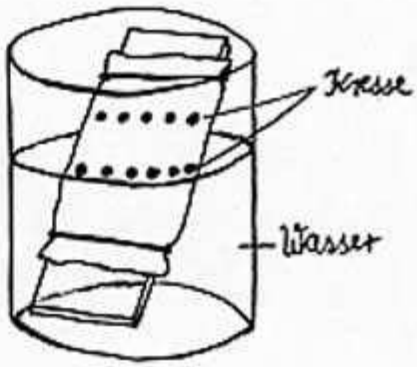
Meine/Unsere Vermutung:
a) Sie nimmt Wasser gleichmäßig an allen Wurzelteilen auf.
b) Es wachsen besondere Aufnahmeorgane für Wasser und Nährstoffe.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Filterpapier anfeuchten und auf Objektträger spannen.
- Kressesamen in 2 Reihen (Abstand 2 cm) anordnen.
- Wasser in das Glasbecken füllen.
- Objektträger hineinstellen.

Wichtig !!!
Untere Reihe Kressesamen muß direkt über der Wasseroberfläche angeordnet sein!

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Beobachtung:	- nach 1 Tag: Wurzeln sichtbar - nach 2-3 Tagen, obere Reihe: 2 cm lange Wurzeln, an der Spitze mit watteähnlichen Haaren. untere Reihe: 2 cm lange Wurzeln ohne watteähnliche Härchen
Mein/Unser Ergebnis:	Die obere Reihe der Kressesamen bildet eine Wurzel mit watteähnlichen Härchen aus. Sie heißen Wurzelhaare.
Neue Frage:	Woher kommt der Begriff Wurzelhaar? Die untere Reihe bildet keine Wurzelhaare aus.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Durch Ausbildung von Wurzelhärchen wird wahrscheinlich die Wurzeloberfläche vergrößert, so daß durch sie mehr Wasser aufgenommen werden kann. Pflanzen, die direkt im Wasser stehen, haben das nicht nötig.
Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben	Die Wurzelhaare sind als besonderes Aufnahmeorgan der Wurzel geeignet, kleinste Wasserreste auf dem Boden für die Pflanze "nutzbar" zu machen.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Funktion der Wurzel

Versuch:

Thema des Versuches: Nachweis des Wurzeldrucks

(L)= Lehrerdemonstration

Benötigtes Material:
- 1 Fleißiges Lieschen
- 1 Gummischlauch 5 cm
- 1 Glasrohr 400 mm
- 1 Stativ mit Doppelmuffe und Klemme
- 1 Skala
- 1 10 ml Meßpipette
- Vaseline
- Paraffinöl
- Bindfaden

Zeitaufwand:
45 Min.
bis 8 Tage

Wichtig:!! Die Verbindung des Glasrohres (Steigrohr) mit dem abgeschnittenen Pflanzensproß muß absolut dicht sein! Zur Unterstützung kann der Schlauch fest um den Sproß gebunden und mit Vaseline zusätzl. abgedichtet werden.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)
Kenntnis der voraufgegangenen Versuche (Seite 26 / Seite 28)

Schülerarbeitsblatt:

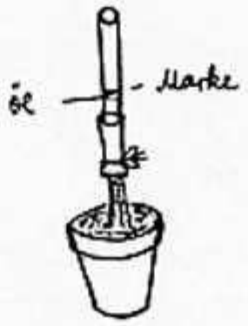
Meine/Unsere Frage: Durch welchen Vorgang gelangt das Wasser von der Wurzel in Blätter und Blüte ?

Meine/Unsere Vermutung:
a) In der Wurzel ist eine "Pumpstation".
b) Die Blätter saugen den Saft nach oben.
c) Das Wasser steigt "osmotisch" nach oben.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Fleißiges Lieschen 5 cm über der Erde waagerecht abschneiden und die Seiten - nicht die Schnittfläche - mit Vaseline einstreichen.
- über den Stumpf ein 5 cm langes eng sitzendes Gummischlauchstück streifen und evtl. mit einem Bindfaden zusätzl. verdichten.

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

- Auf das freie Ende des Gummischlauches ein 8 mm Ø Glasrohr mit angeklemmter Skala aufsetzen und am Stativ befestigen.

- Wasser in das Glasrohr von oben mit einer Pipette einfüllen, bis der Wasserstand im Glasrohr an der Skala ablesbar wird.

- Paraffinöl auf die Wassersäule als Verdunstungsschutz gießen.

Meine/Unsere Beobachtung:

Zeit	/ abgelesener Wert (8 mm Ø Glasrohr)
9.45 Uhr	8.50 cm
10.30 Uhr	8.70 cm
11.15 Uhr	8.90 cm
12.15 Uhr	9.30 cm
13.11.76	14.50 cm
14.11.76	17.30 cm
17.11.76	23.50 cm
18.11.76	25.00 cm
20.11.76	26.00 cm
25.11.76	26.00 cm

Mein/Unser Ergebnis:

Das Wasser steigt aus dem Sproßstumpf im Glasrohr auf.
Es wird Wasser "von unten" nachgedrückt.

Die Antwort auf meine/unsere Frage:
(Erklärung des Versuches)

Unterhalb der Schnittstelle muß sich eine Einrichtung befinden, die Druck produziert. Als Erklärung bietet sich auch hierfür nur der osmotische Druck an (S. 20).

Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben

Der osmotische Druck der Wurzelzellen unterstützt den Transport des Wassers in die Blätter.

...

4. Bau und Funktion des Sprosses

4.1 Fachliche Grundlagen

Sprosse sind in der Regel in Knoten (Nodien) und Zwischenknotenräume (Internodien) gegliedert. An den Knoten liegt meristematisches Gewebe für Blattbildungen. Das Sproßwachstum nimmt seinen Ausgangspunkt im Urmeristem des Vegetationspunktes.

Der innere Bau des Sprosses

Nach außen abgeschlossen ist der Sproß durch eine parenchymatische Rindenschicht mit ausgebildeter Epidermis. Im Inneren liegt nach dem Ring der Leitbündel (bei Zweikeimblättrigen) parenchymatisches Mark. Die Mark und Rinde verbindenden Gewebestreifen heißen Markstrahlen. Zerreißt das Markgewebe, entsteht ein hohler Sproß mit Markhöhle (z.B. beim Löwenzahn). Bei einkeimblättrigen Pflanzen sind die Leitbündel über den gesamten Sproßquerschnitt verteilt, bei zweikeimblättrigen regelmäßig angeordnet. Hiervon gibt es Ausnahmen (Magnolien, Hahnenfußgewächse).

Die Leitbündel sind bei ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen von einem Festigungsgewebe ("Bündelscheide") umgeben. Bei zweikeimblättrigen Pflanzen wird das Xylem vom Phloem durch einen Streifen meristematischen Gewebes getrennt (Kambium). Man spricht deshalb auch von offenen (weil zu weiterem Wachstum fähigen) Leitbündeln im Gegensatz zum geschlossenen Leitbündel bei Einkeimblättrigen. Einkeimblättrigen fehlt das Kambium und daher die Fähigkeit zum sekundären Dickenwachstum. Das Xylem (Holzteil) besteht aus verholzten Zellen und leitet Wasser und Nährsalze mechanisch von der Wurzel in die Blätter. Das Phloem (Siebteil) ist durch Siebwände untergliedert. Seine Zellen leben und leiten deshalb langsamer Assimilate des Blattes wurzelwärts.

...

Das sekundäre Dickenwachstum ist typisch für Nadelgehölze und zweikeimblättrige Pflanzen. Das Kambium der offenen kollateralen Leitbündel erzeugt durch Zellteilungen sekundäres Xylem, Phloem und Parenchym, so daß die Markstrahlen Mark und Rinde weiter verbinden (primäre Markstrahlen). Blind beginnende Markstrahlen (sekundäre M.) entstehen, wenn die Kambium-Neuproduktion in die Bildung parenchymatischen Gewebes umgewandelt wird. Infolge der stärkeren Teilungen nach innen (zum Xylemteil) entsteht mit den Markstrahlen zusammen Holz. Die für Holz typischen Jahresringe entstehen dadurch, daß das Kambium in Anpassung an den erhöhten Wasserbedarf im Frühjahr vorwiegend weite Gefäße bildet (Früh- oder Weitholz).

Im Sommer werden enge Gefäße gebildet (Spät- oder Engholz).

Die primäre Rinde wird zum Bast. Durch beim Dickenwachstum auftretende Druck- und Zugspannungen werden die Gewebe der sekundären Rinde (Bast) zerrissen und lösen sich ab bei der Borkenbildung.

4.2 Versuche

4.2.1 Nachweis der Wasserleitung in den Leitungsbahnen

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Baumerkmale und Aufgaben des Stengels

Versuch: (S)= Schülerversuch

Thema des Versuches: Nachweis der Wasserleitung in den Leitungsbahnen

Benötigtes Material: Methylenblau (für Mikroskopie nach Löffler) (*)
weiße Blüten
kleines Reagenzglas
(*) (auch Tinte, aber unverdünnt)

Zeitaufwand: Schulversuch, 45 Min.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Schülerarbeitsblatt:

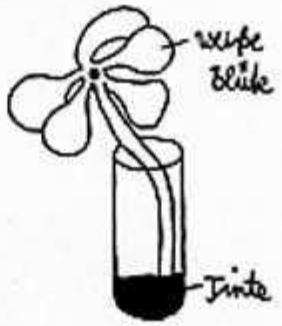
Meine/Unsere Frage:
a) Wo (und wohin) wird Wasser in der Pflanze weitergeleitet ?
b) An welcher Stelle wird das Wasser nicht mehr weitergeleitet ?

Meine/Unsere Vermutung:
a) Durch alle Teile des Stengels.
b) in besonderen Organen des Sprosses.
c) Es gibt Wasserleitungsbahnen.

Mein/Unser Versuchsplan:

- In das Reagenzglas wird die Farblösung gefüllt und die Pflanze wird mit frisch angeschnittenem Stengel hineingestellt.
- Nach einer Stunde Beobachtung werden Scheiben vom Stengel abgeschnitten und mit einer Lupe betrachtet.

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Beobachtung:	Versuchsgebinn: 12.25 - die Blüte verfärbt sich. 12.30 - Im Blütenmittelpunkt wird das erste Blau sichtbar. 13.00 - Das Blau ist bis in die Hälfte der Blüte vorgedrungen.
Mein/Unser Ergebnis:	Der Farbstoff wird in die Blütenblätter geleitet. Der Querschnitt durch den Stengel ergibt ein Einfärbungsmuster.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Im Stengel befinden sich Leitungsbahnen, die den Farbstoff in die Blütenblätter transportieren.
Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben	In den Wasserleitungsröhren des Holzteils im Leitgewebe des Sprosses wird das von der Wurzel aufgenommene Wasser schnell in alle anderen Teile der Pflanze geleitet.

...

5. Das Wachstum von Wurzel und Sproß

5.1 Fachliche Grundlagen

Allgemeines:

Sobald Samen quellen (Wasser aufnehmen) setzt das Wachstum ein. Wachstum ist somit eine mit Formveränderung verbundene irreversible Volumenzunahme, die Merkmal des Lebens ist. Voraussetzung ist die Aufnahme von Baustoffen und deren Verarbeitung zu körpereigener Substanz. Wachstum bedeutet Vergrößerung und Vermehrung aller Bauteile. Die Wachstumsprozesse werden durch Hormone gesteuert, die, ähnlich wie die Enzyme, schon in geringster Konzentration wirksam sind. Im Gegensatz zum tierischen Organismus (hormonheterotroph), der darauf angewiesen ist, notwendige Hormone mit der Nahrung aufzunehmen, ist die Pflanze hormonautotroph. Sie produziert die benötigten Wirkstoffe selbst. Entsprechend diesen Phytohormonen wird das Wachstum im allgemeinen in 2 Phasen, in das embryonale und postembryonale oder Streckungswachstum unterschieden, die von den Zellen nacheinander bzw. bei der Wurzel nebeneinander durchlaufen werden.

Embryonalwachstum

Das embryonale Wachstum ist typisch für alle Zellen eines pflanzlichen Embryos. Sitz dieses Wachstum sind die Meristeme, in denen eine dauernde Zellteilung und Plasmavermehrung stattfindet. Die bei jeder Teilung erzeugten Tochterzellen besitzen anfänglich nur die halbe Größe der Mutterzelle. Sie nehmen später jedoch den doppelten Raum ein. Die einzelnen Zellen wachsen also jeweils zu einer durch den Umfang der Mutterzelle gegebenen Größe heran, um sich dann erneut zu teilen. Es handelt sich bei allen Höheren Pflanzen um ein Teilungswachstum. Da dieses Verhalten für embryonale Zellen allgemein charakteristisch ist, bezeichnet man es als embryonales Wachstum. Die durch diese Teilung bedingte Volumenzunahme des Gewebes ist allerdings so gering, daß sie nach außen wenig in Erscheinung tritt. Sie beträgt nur wenige Millimeter.

...

Dieses auf Zellvermehrung beruhende Wachstum kommt zum Stillstand, wenn der Embryo eine gewisse Gliederung in Keimsproß, Keimblätter und Keimwurzel erfahren hat bzw. infolge von Entwicklungsprozessen eine Differenzierung einsetzt, die zur Arbeitsteilung der Zellen und somit zur Gewebe- und Organbildung führt.

Die Wachstumsfaktoren für das embryonale Wachstum:

Nicht nur der bloße Zustrom von Baustoffen ist für den Teilungsvorgang und damit für das embryonale Wachstum von entscheidender Bedeutung sondern auch das Vorhandensein ganz bestimmter Phytohormone (= Wachstumshormone). Hierzu gehören Stoffe des Bioskomplexes wie Biotin, Mesoinosit und Pantothensäure, Vitamin B_1, B_2, B_6, das Nikotinsäureamid sowie das Gibberellin und das Kinetin.

Das Streckungswachstum

Das eigentliche Wachstum der Pflanzenzellen findet beim Übergang in den Dauerzustand statt; es ist mit dem Verlust der embryonalen Eigenschaften verbunden. Das Streckungswachstum, das mit einem Flächenwachstum der Membran verbunden ist, ist durch eine Zunahme der Zellgröße gekennzeichnet, die auf die Vakuolisierung, d.h. Wasseraufnahme in die Zelle und Zellstreckung beruht. Dagegen findet kaum mehr eine Vermehrung der plasmatischen Substanz statt.

Dieses Flächenwachstum verläuft nicht an allen Punkten der Zelle gleich. Daraus resultieren die verschiedenen Zellformen. Im allgemeinen wächst die Verbindungswand zweier Zellen auf beiden Seiten gleichartig (symplastisches Wachstum). Parenchymzellen verlängern sich bevorzugt in der Organrichtung, quer dazu strecken sich die Palisadenzellen oder die der Markstrahlen. Zur Entstehung größerer Interzellularräume kommt es durch lokale Streckungen vieler Parenchymzellen. Ein Spitzenwachstum entsteht z.B. bei Faserzellen. Diese Differenzierungsvorgänge, die schon in der Phase des Streckungswachstums beginnen, gehen nach Erreichung der endgültigen Zellgröße noch weiter und kommen erst zum Abschluß, wenn die Zellen ihren künftigen Funktionen entsprechend ausgerüstet sind.

...

Embryonales und postembryonales Wachstum gehen stets in verschiedenen Regionen des wachsenden Organes vor sich. Ein besonders anschauliches Beispiel hierzu liefert die Wurzel, von der wir wissen, daß das embryonale Wachstum sich ausschließlich auf die embryonale Zone beschränkt, während die Streckung des am Vegetationspunkt gebildeten Zellmaterials in der Streckungszone vor sich geht. Hier erreichen die embryonalen Zellen unter starker Vakuolisierung die 10-15 fache Länge ihres Anfangszustandes.

Das Streckungswachstum wird vom Protoplasten der Zelle aus gesteuert. Dies geschieht durch Vermittlung hormonaler Substanzen, der Auxine. Der wichtigste Wuchsstoff ist das sog. Heteroauxin. Dieser kann zwar in geringster Menge das Wachstum fördern, doch kann die Wirkung leicht in eine Hemmung, bei höherer Konzentration in eine Vernichtung der damit behandelten Pflanzen umschlagen. Es kann als Herbizid (als Unkrautvernichtungsmittel) verwendet werden.

Neben den Wuchsstoffen gibt es die Antiauxine, die das Streckungswachstum hemmen. Daneben gibt es die sogenannten Blastoline, so das Cumarin (Geruchsstoff des Waldmeister) und die Parasorbinsäure (aus Sorbus aucuparis), die als Hemmstoffe auf die Samenkeimung wirken. Auch Äthylen wirkt auf Keimlinge äußerst hemmend. So entwickeln sich Keimpflanzen in äthylenhaltiger Luft stark anomal. Bohnenkeimlinge z.B. können sich nicht strecken, sie verdicken und wachsen horizontal. Als Äthylenquelle kann man bei Versuchen Äpfel verwenden. Diese geben in geringen Mengen Äthylen ab.

Die Wirkungsweise des Auxins ist noch nicht völlig geklärt. Fest steht, daß die Wuchsstoffe die Erhöhung der Wasserpermeabilität bedingen, die ihrerseits auf einer wuchsstoffbedingten erhöhten Plasmaquellung beruhen dürfte. Ferner lösen sie ein Flächenwachstum der Membran aus.

...

Der Einfluß äußerer Faktoren auf das Wachstum

Neben inneren Faktoren bestimmen auch Umweltfaktoren die Geschwindigkeit und das Ausmaß des Wachstums. Neben der Wirkung über die Photosynthese vermag die Strahlung die Gestaltbildung der Pflanze auch in spezifischer Weise zu beeinflussen (Photomorphose). Das bekannteste Beispiel ist hierfür die Keimung von Kartoffelknollen. Im Licht entwickeln sich aus den Knollen normal grüne beblätterte Sprosse, während im Dunkeln farblose Achsen mit langgestreckten Internodien und kleinen Blättchen entstehen. Dieses Verhalten (Vergeilung) bei Lichtabschluß läßt erkennen, daß für die Ausbildung der Blattspreite Strahlung erforderlich ist, während es die Streckung der Internodien bis zu einem gewissen Grade hemmt. UV-Strahlung führt zu einer Stauchung der Pflanzen.

Auch die Temperatur kann neben unspezifischen Einflüssen (Periodizität des Wachstums) gewisse formative Effekte auslösen (Thermomorphosen). So können niedrige Temperaturen, ähnlich wie das Licht, die Streckung der Internodien hemmen. Kartoffeln bilden z.B. bei höhen Nachttemperaturen keine Knollen aus. Karotten werden bei niedrigen Temperaturen konisch-länglich, bei höheren Graden kurz und gedrungen.

Desgleichen können chemische Einflüsse das Wachstum hemmen. Als Beispiel hierfür gelten die Rauchschäden an Bäumen in Industriegebieten, die auf Einwirkung von Abgasen zurückgehen.

5.2 Versuche

5.2.1 Wurzelwachstum

5.2.2 Wachstumshemmung durch Äthylen

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau, Wachstum und Funktion der Wurzel

Versuch: (S)= Schülerversuch

Thema des Versuches: Wurzelwachstum

Benötigtes Material: vorgekeimte Bohnen (mit 1 cm langer Wurzel)
spitzer Filzstift
Petrischale
saugfähiges Papier
Wasser

Zeitaufwand: 3-5 Tage (bei vorgekeimter Bohne - 24 Std.)

Vorkeimen: (Bohnen 2-3 Tage in feuchter Kammer halten)

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Wo wächst die Wurzel ?
Durch welchen Vorgang dringt die Wurzel in den Boden ?

Meine/Unsere Vermutung: Die Wurzel wächst
- über die ganze Länge
- an der Spitze
- am entgegengesetzten Ende

Mein/Unser Versuchsplan:

- mit dem Filzstift an der vorgekeimten Wurzel Querstriche in gleichmäßigem Abstand von 1 mm ziehen
- Bohnen in die feuchte Kammer legen

Mein/Unser Versuchsaufbau:

...

Meine/Unsere Beobachtung:	- schon nach 3 Std. kann man am Auseinanderweichen des 3. und 4. Striches das Wachsen der Wurzel erkennen; - die Querstriche rücken unterschiedlich weit auseinander. Die unteren beiden gar nicht oder wenig, die mittleren stark (sogar die Striche selbst werden breiter), die oberen wieder wenig oder gar nicht.
Mein/Unser Ergebnis:	Die Wurzel wächst nur im unteren Bereich. Bei einer 1 cm langen Wurzel liegt die Wachstumszone ungefähr 5 mm von der Spitze entfernt.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Das Längenwachstum der Wurzel erfolgt kurz hinter der Wurzelspitze. Diese Wachstums- und Streckungszone ist nur wenige Millimeter lang. Sie endet etwa da, wo die Wurzelhaare beginnen.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels:	Bau, Wachstum und Funktion der Wurzel	Versuch: (S)= Schülerversuch
Thema des Versuches:	Wachstumshemmung durch Äthylen	
Benötigtes Material:	Kressesamen 1 Apfel Filtrierpapier Petrischalen Wasser	Zeitaufwand: 3-5 Tage
Voraussetzungen:	s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)	

Schülerarbeitsblatt

Meine/Unsere Frage:	Kann man das Pflanzenwachstum hemmen ?
Meine/Unsere Vermutung:	Die Pflanze muß trocken gehalten werden. Die Pflanze muß "vergiftet" werden. Es gibt wachstumshemmende Substanzen.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Kressesamen in die Petrischale auf Apfelscheiben legen
- Apfelscheiben dazulegen
- Kontrollversuch ohne Apfelscheiben ansetzen
- Petrischale abdecken

Mein/Unser Versuchsaufbau:

...

Meine/Unsere Beobachtung:

Zeit	Kressesamen mit Apfelscheiben	Kressesamen ohne Apfelscheiben
1. Tag	Samenschale geschlossen	Samenschale aufgebrochen
2. Tag	Samenschale bei einigen Samen geplatzt	Wurzel wächst heraus
3. Tag	Samenschale bei allen Samen geplatzt	Wurzel bildet Haarwurzeln, Sproß mit Keimblättern aus der Samenschale heraus
4. Tag	Samenschale aufgebrochen	beginnende Grünfärbung der Blätter
nach 1. Woche	Wurzel wächst heraus	Kresse ausgewachsen

Anmerkung: Der zeitliche Verlauf ist abhängig von der Menge zugeführten Apfelfleisches.

Mein/Unser Ergebnis:

Das Wachstum der Kressesamen wird bei Anwesenheit von Apfelfruchtfleich gehemmt.

Die Antwort auf meine/unsere Frage:
(Erklärung des Versuches)

Das Apfelfruchtfleisch enthält Äthylen. Äthylen wirkt wachstumshemmend.

...

6. Bau und Funktion des Blattes

6.1 Fachliche Grundlagen

6.1.1 Der Bau des Blattes

Blätter befinden sich am Sproß der Pflanze. Sie wachsen aus den Blattanlagen des Keimlings heran. Das Blattwachstum ist mit der vollständigen Blattausbildung beendet. (Eine Ausnahme bildet z.B. die Südafrikanische Welwitschia, auch alle Farne). Am Vegetationskegel entstehen (nach der Reihenfolge ihrer Anlage):

Keimblätter, Niederblätter, Laubblätter und Hochblätter.

An der Sproßachse sitzt der Blattgrund. Er geht über in den Blattstiel. Dieser kann den Sproß als Blattscheide umfassen und Nebenblätter tragen. Der Blattstiel trägt die Blattspreite.

Sie bildet eine Fläche oder ist geteilt (gefiedert, gefingert etc.). Die Blattspreite wird von Leitbündeln (Blattnerven) in charakteristischer Anordnung durchzogen.

Einkeimblättrige Pflanzenblätter sind in der Regel parallelnervig (Ausnahme: Seerose), zweikeimblättrige tragen meistens netzförmige Muster (Ausnahme: Wegerich).

Der innere Aufbau der Blattspreite

Die Oberseite des Blattes wird von einer Epidermis lückenlos überzogen. Die Epidermis der Unterseite läßt durch Spaltöffnungen eine Verbindung des zwischenliegenden Gewebes (Mesophyll) mit dem Außenmedium zu.

Das Mesophyll gliedert sich in 2 Schichten;

das Palisadenparenchym und das Schwammparenchym.

Das erste ist der Blattoberseite zugewandt und besteht aus Schicht(en) zylindrischer Zellen, zwischen denen feine Zellularräume liegen. Das Gewebe enthält bis zu 80 % des gesamten Blattgrüngehalts und ist ein ausgeprägtes Assimilationsparenchym.

...

Das Schwammparenchym besteht aus unregelmäßig geformten Zellen mit großen Interzellularräumen. Dieses Gewebe ist ein typisches Äerenchym (Atmungsgewebe), da die Spaltöffnungen mit der Außenluft in Verbindung stehen.

Dieser Grundbauplan eines Blattes kann abgewandelt sein. Das Mesophyll ist bei Wasser- und Schattenpflanzen stark reduziert. Trockenpflanzen z.B. haben eine verdickte Epidermis, wasserspeichernde Blattgewebe und deshalb einen völlig anderen Aufbau. Ähnliches gilt z.B. von den Kakteen, bei denen der Stamm die Rolle des Assimilationsorgans übernommen hat.

Wasserabgabe durch das Blatt Transpiration

Als Transpiration bezeichnet man die ständige Abgabe von Wasserdampf an die Umgebung als Folge eines Hydraturgefälles (Bsp.: Bei einem großen Buchenbestand werden etwa 60 % der jährlichen Niederschlagsmenge, die auf ihn niederging, durch T. wieder frei).

Man unterscheidet eine cuticuläre Transpiration und eine stomative Transpiration.

Die cuticuläre Transpiration kommt durch den Ausgleich der Dampfdruckdifferenz zwischen der Lösung, die sich in der Zellwand befindet und der Luft zustande, (so sind z.B. Faktoren wie die Erwärmung der Luft bei Sonneneinstrahlung für die Transpiration von Bedeutung). Der Wasserverlust in den Epidermiszellen bzw. in den Epidermisaußenwänden wird durch die senkrechten Wände der Zellen nachgesaugt; z.T. auch aus der Vakuole; dadurch steigt der osmotische Druck der Zelle, es wird den anderen Zellen Wasser entzogen. Der Anteil der cuticulären Transpiration an der Gesamttranspiration beträgt, bedingt durch den guten Verdunstungsschutz in Form von Wachs, Kutin, Kork etc. nur etwa 5 - 10 %.

(Bsp.: Apfel und Kartoffel, die ungeschält lange Zeit gelagert werden können).

...

Die stomatäre Transpiration erfolgt durch die Spaltöffnungen. Bei vollständiger Öffnung der Stomata kann sie über 90 % der Gesamttranspiration betragen. Die Öffnungsweite der Spaltöffnungen hängt vom Licht der Temperatur und dem Jahresgang ab. Im Normalfall steigt sie von morgens bis mittags, um dann wieder abzufallen. Die Anzahl der Öffnungen beträgt oft mehrere 100/mm^2. Bei geöffneten Stomata beträgt die Transpiration eines Blattes 50 - 70 % der von einer freien Wasserfläche abgegebenen Wassermenge. Die Transpiration verhindert selbst bei starker Sonnenbestrahlung die Überhitzung der Blätter. (Außerdem wirkt sie sich als Transpirationssog aus und ist damit am Wassertransport beteiligt).

...

6.1.2 Photosynthese und Atmung

Die Photosynthese stellt einen komplexen Prozeß dar, bei dem in chlorophyllhaltigen pflanzlichen Organismen aus anorganischer Substanz (CO_2 und H_2O) unter Einwirkung von Licht organische Substanz (z.B. Zucker $C_6H_{12}O_6$) gebildet wird. Bei diesem Vorgang wird Sauerstoff als "Überschußprodukt" frei. Durch diese Energiegewinnung und Syntheseleistung legen die autotrophen Pflanzen die Grundlage für das Leben von heterotrophen Lebewesen (Mensch, Tier, einige Pflanzen und Bakterien).

Dieser Vorgang läßt sich in einer chemischen Formel vereinfacht zusammenfassen:

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O + \frac{\text{Chloroplast}}{\text{Licht}} \rightarrow C_6\ H_{12}O_6 + 6O_2 + 6\ H_2O$$

Der nachweisbare Energieverbrauch beträgt dabei 675 Kcal. Das CO_2 stammt aus der Luft und gelangt durch Schließzellen und Interzellularräume in die Chloroplasten. Das Wasser wird dem Zellsaft entnommen. Die entstehende organische Substanz als Assimilationsprodukt läßt sich in Form von Stärke nachweisen. Die notwendige Energie liefern vornehmlich die blauen und roten Anteile des Lichts in Form von Strahlung. Die Reaktion läuft in den Chlorophyllkörnern ab.

Im Ablauf der in Wirklichkeit komplexeren Photosynthese sind 2 Phasen unterscheidbar:

die Lichtreaktion

und die Dunkelreaktion.

An der Aufklärung dieser Vorgänge wird heute noch gearbeitet.

1. Lichtreaktionen

Die Energie der Lichtstrahlung wird beim Durchgang durch eine Materie in eine andere Energieform umgewandelt. Die aufgenommene Lichtenergie wird im Chlorophyll des Blattes in chemische Energie überführt. Dabei werden die Chlorophyll-Moleküle so stark angeregt, daß sie "energiereiche Elektronen" abgeben. Sie wird gemessen in Photonen oder Lichtquanten.

...

In der ersten Lichtreaktion wird ein solches freies Elektron über eine Kette von Redox-Katalysatoren zum P 700 zurückgeführt. Die Energie wird an einer Phosphorylierungsstelle in Form von ATP (Adenosintriphosphat) gebunden. Dieser Vorgang heißt "cyclische Phosphorylierung". Die freien Elektronen können auch zur Bildung des Reduktionsäquivalents NADP - H + H^+ verwendet werden.

Bei der zweiten Lichtreaktion wird das Elektronendefizit der Chlorophyll-Moleküle ebenfalls über Redox-Systeme ausgeglichen. Dabei wird ebenfalls ATP gebildet (nichtcyklische Phosphorylierung).

Der Elektronenbedarf wird dabei aus der Photolyse des Wassers gedeckt. Wasser ist der "Elektrolendonator". (Nach der Formel $2\ H_2O \rightarrow 4\ H^+ + O_2 \uparrow + 4\ e$).
Dabei wird Sauerstoff frei, der von der Pflanze abgegeben wird.

ATP und NADP-H + H^+ stellen das Energiepotential für die Dunkelreaktion zur Verfügung.

Dunkelreaktion

Aus den Phosphorylierungen der Lichtreaktionen gewonnene Energie (ATP) und NADP-H + H^+ ermöglicht den Aufbau von Zucker aus Kohlendioxid und Wasser. Das CO_2 wird an einen organischen C_5-Körper angelagert, der im Verlauf des Calvinzyklus wieder regeneriert wird. Außerdem wird Wasser frei. Der Assimilationsgewinn Zucker wird in Stärke verwandelt und in der Pflanze gespeichert.

Die Photosynthese ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

1. Licht:

Mit zunehmender Lichtintensität beobachtet man eine proportionale Zunahme der Photosynthese, die sich zum Optimum hin verringert.

Als Kompensationspunkt bezeichnet man den Punkt, bei dem sich Energiegewinn aus der Photosynthese und Energieverlust aus der Atmung die Waage halten. Schattenpflanzen erreichen sehr viel früher den Kompensationspunkt als Sonnenpflanzen.

...

2. Kohlendioxydgehalt der Luft:

Er beträgt 0,03 Vol%. In Bodennähe ist der Gehalt durch CO_2 ausscheidende Bakterien höher. Dieser CO_2-Gehalt stellt den begrenzenden Faktor dar, da bei voller Sonneneinstrahlung und geeigneter Temperatur durch höhere CO_2-Konzentration eine Steigerung der Photosynthese möglich ist. Dies nutzt man durch Begasung in Gewächshäusern aus.

3. Temperatur:

Ein Beginn der Photosynthese ist möglich bei der Temperatur von 0° C. Das Maximum liegt bei 35 - 50° C. Das Optimum bei 20 - 30° C, es ist dem Standort der Pflanze angepaßt.

Weitere Abhängigkeitsfaktoren sind:

Entwicklungszustand und Wasserversorgung der Pflanze und der Öffnungszustand der Stomata.

Die Bedeutung der Photosynthese kann nicht hoch genug eingeschätzt werden, da letztlich alle Energie und Nahrungsversorgung von Mensch und Tier auf diese autotrophe Ernährung der Pflanzen aufgebaut ist.

Die Atmung

Bei der Atmung (Dissimilation) wird in biochemischen Prozessen der Zelle aus organischen Stoffen über Oxydationsvorgänge Energie gewonnen. Dabei wird die Energie eines energiereichen Stoffes schrittweise freigesetzt. Das Endprodukt wird über mehrere Abbauprodukte erreicht, wobei jeweils Energie in kleinen Teilbeträgen freigesetzt wird. (Im Gegensatz zu einem Ofen, in dem die gesamte Energie eines Brennstoffes in einem Prozeß sofort freigesetzt wird).

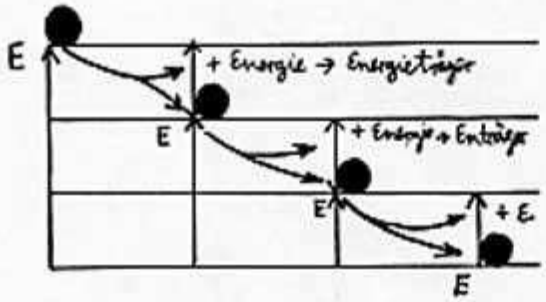


Abb. 4
Schematische Darstellung der schrittweisen Energieabgabe bei der Atmung (umgezeichnet nach FELS).

...

Veratmet werden hauptsächlich Zucker, die bei der Photosynthese aufgebaut wurden. Es können aber auch Fette und in Notfällen sogar Proteine abgebaut werden. Sie werden in kleinere Bruchstücke zerlegt, auf einer späteren Stufe in den Dissimilationsprozeß eingegliedert und unter Energiegewinn ebenfalls oxidiert.

Für die Atmung muß grundsätzlich Sauerstoff vorhanden sein. Er braucht nicht aus der Luft oder aus dem Wasser genommen zu werden, sondern kann auch aus chemischen Verbindungen frei werden. Bei der Energiegewinnung ohne Anwesenheit von O_2 (meist Gärungsprozessen) handelt es sich um die anaerobe Atmung. Der Gärungsstoffwechsel ist bis zu einer bestimmten Stufe mit der aeroben Atmung identisch. Seine Endprodukte sind noch relativ energiereich und je nach einzelnen Gärungsarten verschieden. Nach ihren Endprodukten benannt, unterscheidet man u.a. die alkoholische Gärung, Milchsäuregärung und Buttersäuregärung.

Dabei handelt es sich auch um biologische Oxidationen, (Oxidation ist definitionsgemäß eine Abnahme von Elektronen und damit Zunahme der positiven Ladung).
Voraussetzung für die Energiegewinnung ist die enzymatische (durch Enzyme oder Fermente gesteuerte) Oxidation (Verbrennung) eines energiereichen Stoffes z.B. (Glucose $C_6 H_{12} O_6$) in die energieärmeren Endprodukte Wasser H_2O und Kohlendioxid CO_2. Dabei werden 675 kcal frei.
Dieser Vorgang läßt sich wieder in eine chemische Gleichung fassen.

$$C_6 H_{12} O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 H_2O + 6 CO_2 + 675 \text{ kcal}$$

Dabei freiwerdende Energie verwendet der Organismus, für chemische Prozesse (Aufbau zelleigener Substanz, Aufnahme und Transport von Substanzen und zur Verrichtung mechanischer Arbeit).

Ein Teil der Energie geht in Wärme über, die aber aufgrund der großen Oberfläche der Pflanze und der Transpiration sehr schnell abgegeben wird.

...

Die enzymatische Oxydation findet in den Mitochondrien statt. Diese Zellorganellen enthalten eine große Anzahl von Enzymen, die für die Zellatmung von großer Bedeutung sind (s.o.). Die Enzyme ermöglichen und steuern die chemischen Umsetzungen in der Zelle, ohne selbst verbraucht zu werden. Sie wirken als Biokatalysatoren.

Die Enzyme bewirken einen stufenweisen Abbau des Substrats, so daß die Energie nicht plötzlich in Form von Wärme frei wird, sondern von dem Organismus für Aufbauvorgänge und Arbeitsleistungen genutzt werden kann (s.o.).

An den Prozeß der Energiegewinnung gekoppelt ist die Bildung von Energieüberträgern, z.B. des Adenosintriphosphats ATP.

...

Morphologische Voraussetzungen der Atmung

1. Spaltöffnungen

Die höher organisierten Pflanzen, deren grüne Teile von Luft umgeben sind, regulieren ihren Gasaustausch hauptsächlich über Spaltöffnungen und zu einem geringen Teil über die Epidermis (Oberhaut). Auch die Transpiration und damit die Wasserabgabe erfolgt über diesen Weg.

2. Lentizellen

Hat sich an Stelle der Epidermis, die bei der Umfangserweiterung der Sproßachse in den meisten Fällen nicht mitwächst, als sekundäres Abschlußgewebe eine Korkschicht gebildet, übernehmen die Lentizellen bis zu einem gewissen Grade die Funktion der ehemaligen Spaltöffnungen, indem das Korkkambium nach außen interzellularreiche Füllzellen erzeugt, die schließlich das darüberliegende Gewebe durchbrechen. (Interzellulare = Durchlüftungsgewebe).

Somit stellen sie die Verbindung der Interzellularen mit der Außenwelt her.

Bei Gymnospermen (Nacktsamigen) kommen Lentizellen auch ohne das primäre Vorhandensein von Spaltöffnungen vor.

3. Gasaustausch bei Wasserpflanzen

Untergetauchte Pflanzenteile besitzen eine dünne Kuticula und ebenfalls sehr dünne chlorophyllhaltige Epidermisaußenwände, die den Gas-, Wasser- und Salzeintritt ermöglichen. Häufig sind die Wasserblätter zerschlitzt, um eine größere Oberfläche zu erreichen.

4. Atemwurzeln

Einige Mangrovenpflanzen, die im sauerstoffarmen Schlamm wurzeln, bilden Atemwurzeln aus, durch deren lentizellenähnliche Öffnungen Sauerstoff zu den unterirdischen Teilen gelangen kann.

...

Sauerstoff- und Kohlendioxidleitung

Aufnahme- und Abgabestellen für Sauerstoff und Kohlendioxid sind hauptsächlich Spaltöffnungen, Epidermis und Lentizellen. Der Sauerstoff gelangt von dort in die Interzellularen des Gewebes,weiter in die Markstrahlen und schließlich durch Diffusion in die einzelnen Zellen.

Den umgekehrten Weg nimmt das Kohlendioxid.

6.2 Versuche

6.2.1 Nachweis von Chlorophyll in Blättern I

6.2.2 Nachweis von Chlorophyll in Blättern II

6.2.3 Wassernachweis - qualitativ - (Transpiration)

6.2.4 Wasserverlustnachweis durch Wägung

6.2.5 Nachweis der Spaltöffnungen

6.2.6 Nachweis der Transpiration mit Kobaltpapier

6.2.7 Nachweis des Zusammenhangs von Licht u. Pflanzenleben

6.2.8 Nachweis zur Bildung von Sauerstoff

6.2.9 Nachweis von Stärke in panaschierten Blättern

6.2.10 Aufgabe des Lichtes bei der Photosynthese

6.2.11 Sauerstoffnachweis mit Indigokarmin

6.2.12 Atmung (CO_2 Abgabe von keimenden Erbsen)

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Aufgaben des Blattes

Versuch: (S)= Schülerversuch

Thema des Versuches: Nachweis von Chlorophyll in Blättern I

Benötigtes Material: Brennesselblätter
Sand
Mörser
Pistill
1 Stück Kreide
Glas- oder Porzellangefäß
Schere
(Glasstab)

Zeitaufwand: Schülerversuch 30 Min.

Wichtig !!! Der Extrakt muß sehr konzentriert sein, deshalb wenig Spiritus nehmen.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Schülerarbeitsblatt:

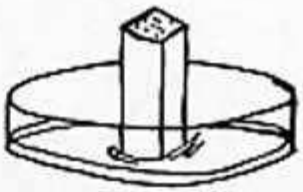
Meine/Unsere Frage: 1) Was färbt das Blatt grün ?
2) Woraus besteht dieser Farbstoff ?

Meine/Unsere Vermutung: Der grüne Blattfarbstoff besteht aus einem/mehreren Stoff(en).

Mein/Unser Versuchsplan:

- Brennesselblatt zerschneiden;
- mit Sand und etwas Spiritus zermörsern;
- Extrakt in ein kleines Schälchen gießen;
- ein Stück kantige Kreide in die Schale stellen oder Filterpapierstreifen auf einer "Startlinie" mit dem Extrakt betupfen und dann in Brennspiritus hineinstellen und ca. 4 cm hochsaugen lassen.

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Beobachtung:

- Der Spiritus entzieht den Blättern einen grünen Farbstoff;
- die Tafelkreide saugt den Extrakt auf;
- es sind in der Kreide verschiedene Bereiche zu erkennen:
  oben gelbe - unten grüne.

Mein/Unser Ergebnis:

Die Lösung trennt sich in der Kreide in zwei verschiedene grüne Schichten (Chlorophyll a + b) und in zwei gelbe Schichten (Carotin α + β).

Die Antwort auf meine/unsere Frage:
(Erklärung des Versuches)

Das Chlorophyll ist offenbar kein einheitlicher Farbstoff.
Die Kreide hat die Eigenschaft, den einheitlich aussehenden grünen Farbstoff in seine einzelnen Stoffbestandteile "aufzuspalten." Das hängt damit zusammen, daß die Teilchen (Moleküle) der gelben Farbstoffe kleiner als die der grünen sind und daher in der Kreide schneller weiterwandern können. Der grüne Farbstoff überdeckte den gelben, der vorher nicht zu sehen war. Die Methode, die wir verwendet haben heißt "Chromatographie". Mit ihr kann man aus Lösungen verschiedene Stoffe trennen.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Aufgaben des Blattes

Versuch: (S)= Schülerversuch

Thema des Versuches: Nachweis von Chlorophyll in den Blättern II

Benötigtes Material:
- Brennesselblätter
- Spiritus
- Mörser
- Pistill
- Filterpapier - kl. Porengröße 7 x 3 cm
- ein kl. Glas- oder Porzellangefäß
- Schere
- Stativ
- Muffe
- Glasstab

Zeitaufwand: 45 Min.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Schülerarbeitsblatt:

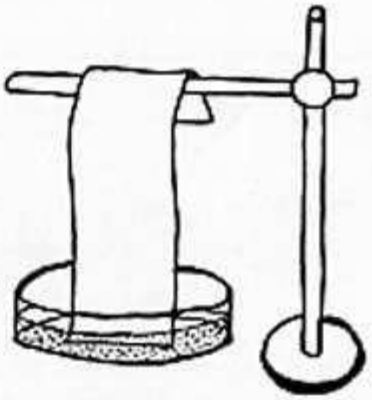
Meine/Unsere Frage:
1) Was färbt das Blatt grün ?
2) Woraus besteht dieser Farbstoff ?

Meine/Unsere Vermutung: Der grüne Blattfarbstoff besteht aus einem/mehreren Stoffen.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Brennesselblatt zerschneiden;
- mit Sand und etwas Spiritus zermörsern;
- Extrakt in ein kleines Schälchen gießen;
- Filterpapier über Glasstab hängen und unteren Teil gerade in den Extrakt hängen lassen.

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Bedeutung:

- der Spiritus extrahiert aus den Blättern einen grünen Farbstoff.
- das Filterpapier saugt den Extrakt auf.
- es sind verschiedene Bereiche zu erkennen: oben gelbe - unten grüne Farbstoffe.

Mein/Unser Ergebnis:

Die Lösung trennt sich in der Kreide in zwei verschiedene grüne Schichten (Chlorophyll a + b) und in zwei gelbe Schichten (Carotin α + β).

Die Antwort auf meine/unsere Frage:
(Erklärung des Versuches)

Das Chlorophyll ist offenbar kein einheitlicher Farbstoff.
Die Kreide hat die Eigenschaft, den einheitlich aussehenden grünen Farbstoff in seine einzelnen Stoffbestandteile aufzuspalten.
Das hängt damit zusammen, daß die Teilchen (Moleküle) der gelben Farbstoffe kleiner als die der grünen sind und daher in der Kreide schneller weiterwandern können.
Der grüne Farbstoff überdeckte den gelben, der vorher nicht zu sehen war. Die Methode, die wir verwendet haben heißt "Chromatographie". Mit ihr kann man aus Lösungen verschiedene Stoffe trennen.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Aufgabe des Blattes

(Versuche zur Wasserleitung von Pflanzen)

Versuch:

(L)= Lehrerdemonstration

Thema des Versuches: Wassernachweis - qualitativ (Transpiration)

Benötigtes Material: 2 Plastikbeutel

Tradescantia

2 Meßzylinder 100 ccm

Paraffinöl

Zeitaufwand: 2 Std. (vorher ansetzen)

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 6)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Wo bleibt das Wasser, das die Pflanze abgibt ?

Meine/Unsere Vermutung: Die Topfpflanze gibt Wasser als Dampf ab. Das Wasser verschwindet als Tropfen. Das Wasser wird in der Pflanze verbraucht.

Mein/Unser Versuchsplan:

- beide Meßzylinder mit der gleichen Menge Wasser füllen;
- vorher in einen Meßzylinder einen Sproß von Tradescantia stellen;
- die Wasseroberfläche mit Paraffinöl abdecken;
- jedes Gefäß mit einem Plastikbeutel abdecken.

Mein/Unser Versuchsaufbau:

...

Meine/Unsere Beobachtung:	Nach etwa 2 Stunden sind an dem Plastikbeutel das den Meßzylinder mit dem Sproß bedeckt, feine Wassertröpfchen zu beobachten (Beschlag).
Mein/Unser Ergebnis:	Die Wassertropfen sind vom Blatt als Dampf in die Luft gekommen und haben sich an der kalten Haut des Plastikbeutels niedergeschlagen.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Infolge der Abdichtung mit Paraffinöl ist eine Verdunstung von Wasser über die Wasseroberfläche nicht möglich. Das am Plastikbeutel niedergeschlagene Wasser ist durch Transpiration (Verdunstung) der Pflanze entstanden.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels:	Bau und Aufgabe des Blattes (Versuche zur Wasserleitung von Pflanzen) (vgl. auch Kap. 2)	Versuch: (L)= Lehrerdemonstration
Thema des Versuches:	Wasserverlustnachweis durch Wägung	
Benötigtes Material:	Blumentopf Waage (zweischalig) Gewichtssatz Fleißiges Lieschen Plastikbeutel	Zeitaufwand: 20 Min.
Voraussetzungen:	s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)	

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Was geschieht mit dem durch die Wurzel aufgenommenen und im Sproß in die Blätter geleiteten Wasser ?

Meine/Unsere Vermutung:

1. Die Pflanze "verbraucht" das Wasser.
2. Die Pflanze gibt das Wasser ab. (Die Pflanze verdunstet das Wasser)
3. Das Wasser fließt zurück.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Fleißiges Lieschen im Blumentopf einpflanzen;
- den Topf in einen Plastikbeutel stecken und am Grunde der Pflanze zubinden;
- den Topf auf die Waage stellen und austarieren.

Mein/Unser Versuchsaufbau:

...

Meine/Unsere Beobachtung:

Zeit	/ Ausschlag in Teilstrichen
0 Min.	0
10 Min.	1
20 Min.	2

Mein/Unser Ergebnis:

Die Topfpflanze wird während der Versuchsdauer leichter.

Die Antwort auf meine/unsere Frage:
(Erklärung des Versuches)

Die Pflanze hat über den Sproß oder über die Blätter "Etwas" abgegeben. es ist wahrscheinlich das Wasser.

Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben

Durch die Wasserabgabe entsteht ein Sog im Blatt, welcher das von der Wurzel aufgenommene Wasser nach oben zieht.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Aufgabe des Blattes

(Versuche zur Wasserleitung von Pflanzen)

(vgl. auch Kap. 2)

Versuch:

(L)= Lehrerdemonstration

Thema des Versuches: Nachweis der Spaltöffnungen

Benötigtes Material: Becherglas 250 ml

Blätter von Tradescantia

heißes Wasser (80° C.)

Zeitaufwand:

5 Min.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Kenntnis v. physikal. Vorgang der Ausdehnung der Luft bei Erwärmung.

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Wo wird Wasser abgegeben ?

Meine/Unsere Vermutung: An der Blattober- und / oder Blattunterseite.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Becherglas mit dem heißen Wasser füllen;
- a) Blatt von Tradescantia mit der Oberseite nach oben in das Wasser legen und beobachten;
- b) Blatt von Tradescantia mit der Unterseite nach oben in das Wasser legen und beobachten;

Mein/Unser Versuchsaufbau:

...

Meine/Unsere Beobachtung:	An der Unterseite des Blattes bilden sich Blasen.
Mein/Unser Ergebnis:	Nur aus der Unterseite der Blätter entweicht Luft aus dem Blattgewebe.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Die Hitze des Wassers führt zu einer Ausdehnung der Luft in dem Blattgewebe. Diese Luft entweicht durch die Spaltöffnungen auf der Unterseite des Blattes.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Bau und Aufgabe des Blattes
(Versuche zur Wasserleitung von Pflanzen)
(vgl. auch Kap. 2)

Versuch: (S)= Schülerversuch

Thema des Versuches: Nachweis der Transpiration mit Kobaltpapier

Zeitaufwand: 20 - 25 Min.

Benötigtes Material: Kobaltpapier wird hergestellt: Filterpapier wird in eine Lösung gelegt und anschließend im Trockenschrank getrocknet
Lösung: 5 g $CoCl_2$ gemischt mit 100 ml aqua dest.

1 Glasscheibe 10 x 10 cm
Tesafilm
1 Geranie / 1 Tradiscantia

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)
Kenntnis d. Nachweisverfahrens
(Im Vorversuch klären: Wasserdampf färbt Kobaltpapier rosa)

Schülerarbeitsblatt:

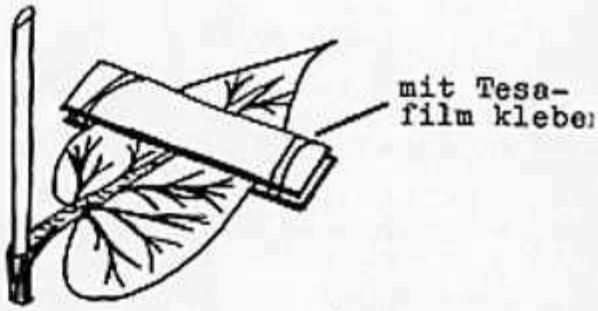
Meine/Unsere Frage: Gibt die Pflanze Wasser an die Luft ab ?
Von welchem Teil des Blattes wird der Wasserdampf ausgeschieden ?

Meine/Unsere Vermutung: Sie gibt Wasser an die Luft ab.
Sie gebraucht einen Teil und gibt nur Überschuß ab.
Das Wasser kommt aus der Blattober/-unterseite.

Mein/Unser Versuchsplan:

- ein Blatt der Pflanze zwischen zwei Stück Kobaltpapier legen;
- oben und untern zwei Glasscheiben auflegen;
- alles mit zwei Streifen Tesafilm leicht zusammenhalten.

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Beobachtung:	Nach 20 - 25 Min. färbt sich das Kobaltpapier dort, wo es mit dem Blatt in Berührung kommt, rosa.
Mein/Unser Ergebnis:	Durch die Pflanzenblätter tritt ein Stoff aus, der blaues Kobaltpapier rosa färbt.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Das bei der Transpiration freiwerdende Wasser färbt blaues Kobaltpapier rosa.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Versuche zur Photosynthese

Versuch: (S)= Schülerversuch

Thema des Versuches: Nachweis des Zusammenhangs von Licht und Pflanzenleben

Benötigtes Material: 1 Lampe
Wasserpest
100 ml Becherglas
Wasser(mit kohlensäurehaltiger Sprudel anreichern)

Zeitaufwand: 15 Min.

Wichtig !!! Wasserpest muß frisch sein, Abrißstelle erneuern.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Was bewirkt das Licht in/an der Pflanze ?

Meine/Unsere Vermutung: Licht setzt Lebensvorgänge in Gang.
Licht läßt das Wasser verdunsten.

Mein/Unser Versuchsplan:

- Wasserpest in das Becherglas mit Wasser bringen, Abrißstelle nach oben.
- a) Gefäß in den Schatten stellen, warten, 5 Min. lang Blasen zählen;
- b) Gefäß unter die Lampe stellen, warten, 5 Min. lang Blasen zählen.

Mein/Unser Versuchsaufbau:

...

Meine/Unsere Beobachtung: Blasen bilden sich an den Abrißstellen und steigen nach oben.

Tabelle:

Schatten	/	Licht
0 Blasen		36 Blasen

Mein/Unser Ergebnis: Mit Licht werden mehr Blasen gebildet

Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches) Pflanzen erzeugen im Licht ein Gas.

Neue Frage: Wie heißt dieses Gas ?

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Versuche zur Photosynthese

Versuch:

Thema des Versuches: Nachweis zur Bildung von Sauerstoff

(L)= Lehrerdemonstration

Benötigtes Material: Wasserpest

Trichter mit Hahn oder Trichter mit umgestülpten wassergefüllten Reagenzglas darüber

Lampe, Stativ, Klammer,

Muffe, Glimmspan,

kleines Glasaquarium

Wasser (mit kohlensäurehaltiger Sprudel anreichern)

Zeitaufwand: 3 Tage

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)

Kenntnis v. Versuch (Seite 77)

Kenntnis der Glimmspanprobe (Reiner Sauerstoff läßt einen glimmenden Holzspan erglühen).

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Welches Gas bildet sich im Licht.

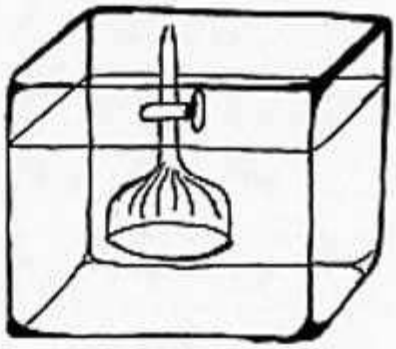
Meine/Unsere Vermutung: Es bildet sich Luft, - Sauerstoff - Stickstoff usw.

Mein/Unser Versuchsplan:

Das Aquarium wird mit Wasser gefüllt. Die Wasserpest kommt in den Trichter, dieser wird mit der Öffnung ins Aquarium gesetzt. Der Trichter wird nun völlig mit Wasser gefüllt. Der Aufbau wird 3 Tage belichtet. Dann wird die Glimmspanprobe gemacht.

(Vorsicht! Den Hahn nicht zu früh öffnen)

Mein/Unser Versuchsaufbau:



...

Meine/Unsere Beobachtung:	Nach einem Tag hat sich oben im Trichter eine Gasblase gebildet, die sich von Tag zu Tag vergrößert. An den Trichterwänden bilden sich viele kleine Gasbläschen. Die Glimmspanprobe ist positiv, d.h. der Span glimmt auf.
Mein/Unser Ergebnis:	Die Pflanze bildet ein Gas, das die Verbrennung unterhält.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Sauerstoff unterhält die Verbrennung. Die Pflanze bildet sehr wahrscheinlich das Gas Sauerstoff.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Versuche zur Photosynthese

Versuch:

Thema des Versuches: Nachweis von Stärke in panaschierten Blättern

(L)= Lehrer-demonstration

Benötigtes Material:
- panaschierte Blätter von Buntnesseln oder Geranien
- Lugolsche Lösung
- Petrischale
- 150 ml Becherglas
- 500 ml Becherglas
- Bunsenbrenner
- Dreifuß
- Asbestplatte
- Alufolie

Zeitaufwand: 45 Min.

Wichtig !!! Der Brennspiritus darf nicht direkt, sondern nur im Wasserbad vom Bunsenbrenner erwärmt werden.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)
Kenntnis des Stärkenachweises mit Lugolscher Lösung (Blaufärbung bei Anwesenheit von Stärke)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage:
- Welcher Stoff entsteht in den grünen Teilen einer Pflanze bei Belichtung ?
- Wo wirkt das Licht ?
- Bewirkt das Licht in der Pflanze die Stärkebildung ?

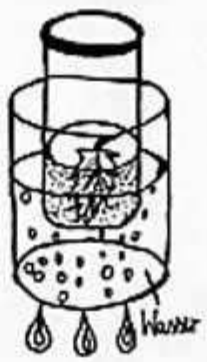
Meine/Unsere Vermutung: Es entsteht Stärke - Eiweiß - Traubenzucker

Mein/Unser Versuchsplan:

Blätter 2 Min. lang in kochendes Wasser tauchen. Danach solange in heißem Brennspiritus belassen, bis der Farbstoff extrahiert ist. Das brüchige Blatt in heißem Wasser aufweichen lassen.
Das weiche Blatt in der Petrischale mit Lugolscher Lösung (Jod - Jodkalium) übergießen.

...

Mein/Unser Versuchsaufbau:



Meine/Unsere Beobachtung:	Die Blätter werden im Spiritus fahlweiß und zunächst brüchig. Beim Überführen in heißes Wasser werden sie wieder weich und lappig. Beim Übergießen mit Lugolscher Lösung färben sich nur die ehemals grünen Bereiche des Blattes blau bis schwarz.
Mein/Unser Ergebnis:	Lugolsche Lösung reagiert auf Stärke. In den grünen Bereichen des Blattes läßt sich Stärke nachweisen.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Die Bildung von Stärke in den Blättern hängt mit dem grünen Chloroplastenfarbstoff zusammen. Dieser ist in den weißen Teilen des Blattes nicht enthalten. Nur die grünen Bereiche erzeugen Stärke.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Versuche zur Photosynthese

Versuch:
(S)= Schülerversuch
(L)= Lehrerdemonstration

Thema des Versuches: Welche Aufgabe hat das Licht bei der Photosynthese ?

Benötigtes Material: 2 Kapuzinerkresse oder Geranie, 1 Karton, Material zum Stärkenachweis siehe Versuch: Nachweis von Stärke in panaschierten Blättern

Zeitaufwand:
45 Min.
Vorbereitungszeit mindestens 1 Tag

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)
Kenntnis des Stärkenachweises mit Lugolscher Lösung (Blaufärbung bei Anwesenheit von Stärke)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Wird Stärke nur im Licht erzeugt ?
Welche Wirkung hat das Licht auf die Pflanze neben der Erzeugung von Sauerstoff noch ?

Meine/Unsere Vermutung: Das Licht bewirkt den Aufbau der Pflanze (...erzeugt pflanzliche Substanz).

Mein/Unser Versuchsplan:

a) eine Kapuzinerkresse unter dem Karton verdunkelt stehenlassen (oder im Schrank)

b) eine Kapuzinerkresse aufs Fensterbrett stellen

oder
c) Mit einer Schablone einen Teil des Blattes der Kapuzinerkresse verdunkeln.

24 Std. stehenlassen !

Stärkenachweis in den Blättern,

s. Versuch: Nachweis von Stärke in panaschierten Blättern.

Mein/Unser Versuchsaufbau:

Zu c) vgl. Versuchsaufbau(Seite 62)

...

Meine/Unsere Beobachtung:	a) In den Blättern ist beim Stärke - nachweis mit Lugolscher Lösung keine Verfärbung zu beobachten (höchstens schwach braun). b) Beim Stärkenachweis mit Lugolscher Lösung erfolgt eine starke Verfärbung (blau bis schwarz). c) Die abgedunkelten Stellen verfärben sich nicht. Die belichteten Teile des Blattes färben sich blauschwarz.
Mein/Unser Ergebnis:	Nur in den Blättern der belichteten Pflanze ist Stärke enthalten. In den Blättern der verdunkelt gehaltenen Pflanze ist kaum Stärke enthalten.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Licht ist die Voraussetzung für die Stärkebildung in den Pflanzen.
Bedeutung des Versuches im Pflanzenleben	Licht ist Energielieferant für pflanzliche Produktion.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Versuche zur Photosynthese

Versuch:

Thema des Versuches: Sauerstoffnachweis mit Indigocarmin

(L)= Lehrer-demonstration

Benötigtes Material:
2 Reagenzgläser
1 Pipette 5 ml
frische Sprosse von Elodea canadensis
Pappkarton
Wasser dest.
CO_2- angereichertes Selterwasser
Paraffinöl
Selter-Wasser
Indigocarminlösung 0,1 %
Natriumdithionit-Lös. 1 %
Reagenzglasständer

Zeitaufwand:
10 Min. Versuchs-durchführg.

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 16)
Kenntnis des Sauerstoffnachweises mit Indigocarmin. (Indigocarmin färbt sich blau, wenn Sauerstoff anwesend ist)

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Wie heißt das bei Belichtung eines Blattes entstehende Gas ?
Wie schnell bildet sich Sauerstoff nach der Belichtung ?

Meine/Unsere Vermutung: Es vergehen 1-5-10 Min. - keine Zeit
Es bildet sich Luft, Sauerstoff, Stickstoff usw.

Mein/Unser Versuchsplan:

- man versetzt 400 ml Wasser mit 50 ml Selterwasser und 3 ml Indigocarmin-Lösung;
- die blaue Lösung tropfenweise (Pipette) mit Natriumdithionit-Lösung titrieren, bis Entfärbung eintritt (Vorsicht! nicht übertitrieren).
- 1. Reagenzglas + farbl. Indigocarminlösung + Pflanze + Sonnenlicht;
  2. Reagenzglas + farbl. Indigocarminlösung + Pflanze ohne Sonnenlicht (Karton);
- beide Reagenzgläser werden mit Paraffinöl überschichtet.

Mein/Unser Versuchsaufbau:

vgl. Versuchsaufbau (Seite 66)

...

Meine/Unsere Beobachtung:	Im Reagenzglas 1 färbt sich nach 5 - 10 Min. die farblose Indigocarmin-Lösung in der Nähe der Pflanze blau; es sind blaue Schlieren zu beobachten. Im Reagenzglas 2 ist keine Veränderung zu beobachten.
Mein/Unser Ergebnis:	Bei Anwesentheit von Sonnenlicht entstehen in farbloser Indigocarmin-Lösung in der Nähe der Pflanze blaue Schlieren.
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	Mit Natriumdithionit-Lösung titrierte Indigocarmin-Lösung färbt sich bei Anwesentheit von Sauerstoff blau. Da im Reagenzglas 1 eine Blaufärbung zu beobachten ist, muß die Pflanze Sauerstoff abgegeben haben.

...

Lehrerhinweise:

Thema des Kapitels: Versuche zur Atmung

Versuch:
(S)= Schülerversuch
(L)= Lehrerdemonstration

Thema des Versuches: Keimende Samen geben CO_2 ab

Benötigtes Material: Petrischale
Blockschälchen
Kalkwasser
Kressesamen (keimend auf feuchter Watte)

Voraussetzungen: s. allgem. Versuchsanordnung (Seite 6)
Kenntnis des Kohlendioxid-Nachweises mit Kalkwasser

Schülerarbeitsblatt:

Meine/Unsere Frage: Produzieren Pflanzen nur Sauerstoff ?

Meine/Unsere Vermutung: Pflanzen produzieren neben Sauerstoff noch Stickstoff, Kohlendioxid etc.

Mein/Unser Versuchsplan:

Kressesamen in Petrischale füllen und in die Mitte das Blockschälchen mit Kalkwasser stellen. Petrischale luftdicht verschließen.

Mein/Unser Versuchsaufbau:

Dauer:
bis sich das Kalkwasser trübt.

...

Meine/Unsere Beobachtung:	nach 20 Min.: Leichte Trübung nach 28 Min.: Weißer, wolkiger Niederschlag
Mein/Unser Ergebnis:	Gase aus keimenden Samen trüben Kalkwasser
Die Antwort auf meine/unsere Frage: (Erklärung des Versuches)	CO_2 trübt Kalkwasser Keimender Samen gibt CO_2 ab, denn es entsteht ein weißer Niederschlag von Calciumcarbonat.

...

7. Literaturverzeichnis

7.1 Allgemein

Fels, Grah, Liesenfeld — Der Organismus
Klett Verlag, Stuttgart 1973

Heß, Dieter, — Pflanzenphysiologie
Ulmer Verlag, Stuttgart 1970 (UTB)

Killermann — Biologieunterricht heute
Auer Verlag, Donauwörth 1976

Nultsch, W. — Allgemeine Botanik
Phieme Verlag, Stuttgart 1968

Strasburger, E. — Lehrbuch der Botanik
G. Fischer, Stuttgart 1962

Vogel/Angermann — dtv-Atlas zur Biologie
dtv München 1973

7.2 Versuchsanleitungen

Baer, H.W. — Biologische Versuche im Unterricht
Aulis Deubner 1973

Brauner, Bukatsch — Das kleine pflanzenphysiologische Praktikum
G. Fischer, Stuttgart 1964

Schulbiologischer Arbeitsplan für das 7./8. Schuljahr
Veröff. SBZ Hannover 1.4

Das Protokoll im Biologieunterricht
Veröff. SBZ Hannover 1.6.5

Die Bedeutung des Experiments für den modernen Biologieunterricht
Veröff. SBZ Hannover 1.6.6