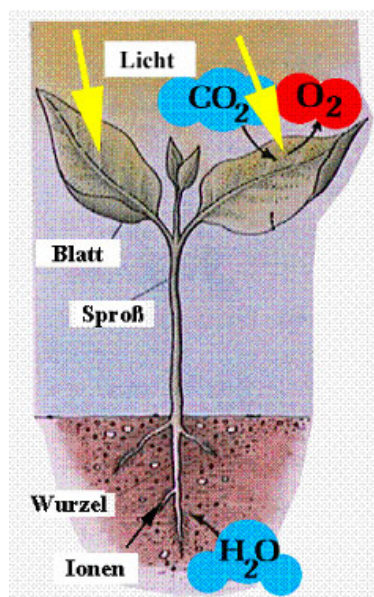


Fortbildung der  
Arbeitsgemeinschaft Biologie und Umweltkunde AHS

## „Green Energy“ – die Pflanze im Unterricht

Einfache Experimente zu Fotosynthese und  
Wasserhaushalt im Basis- und Laborunterricht



[www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/](http://www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/)

**Margit Delefant, Helmut Guttenberger, Ruth Krobath,  
Astrid Wonisch**

Mit Unterstützung des Instituts für Pflanzenwissenschaften, Bereich  
Pflanzenphysiologie und IMST (Netzwerk Steiermark)

## Vorwort

Liebe Kolleg(inn)en!

**Experimenteller Unterricht steigert das Interesse, die Freude, die Motivation und das Verständnis unserer Schüler(innen) für die Naturwissenschaften.**

Die Voraussetzungen zur Durchführung von Experimentalunterricht sind sowohl aus organisatorischer als auch finanzieller Sicht an den Schulen nicht immer optimal. Trotzdem haben sich an vielen AHS Naturwissenschaftliche Labors, das Wahlpflichtfach Biologie und Umweltkunde, verschiedene schulautonome Lehrveranstaltungen und naturwissenschaftliche Kurse etabliert, in denen Lehrer(inn)en und Schüler(innen) experimentieren. Entsprechend groß war und ist die Nachfrage der Biologielehrer(innen) nach entsprechender praxisorientierter Fortbildung. Genau diesem Wunsch soll dieses Seminar entsprechen.

**Die Experimente zu „Green Energy“ umfassen thematisch viele Lehrplanbereiche der Unter- und Oberstufe, in denen „die Pflanze“ im Mittelpunkt steht.**

Die Bandbreite reicht von sehr einfachen Experimenten für den Basisunterricht über einfache Schülerexperimente bis hin zu Demonstrationsexperimenten

Die Auswahl und Dokumentation der Experimente hat **Mag. Dr. Astrid Wonisch (Institut für Pflanzenwissenschaften)** getroffen.

Die Experimentreihe zu „Green Energy! Von der Sonnenenergie zum Power-Müsli - die grüne Fozelle macht's möglich! hat meine Schulpraktikantin **Ruth Krobath** zusammengestellt.

Bei beiden bedanke ich mich dafür recht herzlich, ebenso bei **Univ. Prof. Mag. Dr. Helmut Guttenberger** für die Bereitschaft, die Laborräume und Institutseinrichtungen für diese Fortbildungsveranstaltung zur Verfügung zu stellen. Ein Danke auch dem **IMST-Netzwerk-Steiermark** für die finanzielle Unterstützung.

Viel Spaß und Erfolg beim Ausprobieren der Experimente und beim Einsatz im Unterricht wünscht

für die ARGE - BIUK - AHS

Mag. Margit Delefant

## Inhaltsverzeichnis

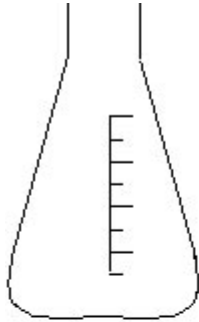
	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Allgemeine Arbeitsregeln	4
<b>I Mikroskopie - Arbeitsanleitungen</b>	<b>9</b>
Beschreibung der Mikroskope	10
Richtiges Zeichnen und Präparieren	11
Blatt	13
Coniferenblatt	14
Spross	15
Holz	16
Wurzel	17
Spezielle Zellen: Festigung/Trichome	18
Wasseraufnahme beim Torfmoos	19
Karyopse	20
<b>II Physiologie - Arbeitsanleitungen</b>	<b>21</b>
Wasserhaushalt	22
Beobachtung des Wassertransportes in den Leitbündeln	22
Messung der Wasserbilanz	22
Guttation	24
Photosynthese	26
Herstellung einer Rohchlorophyll-Lösung	26
Chlorophyllfluoreszenz	26
Chromatogramm der Blattpigmente	26
Nachweis des Assimilatsauerstoffes mit Indigoblau	28
Photosyntheseexperiment mit <i>Elodea canadensis</i>	29
Nachweis des lichtinduzierten Elektronentransportes, HILL-Reaktion	30
Lichtkompensationspunkt nach Alvik	33
Diurnaler Säurerhythmus bei <i>Crassula sp.</i>	34
Keimung	
Qualitativer Nachweis von Dehydrogenasen	35
<b>Green Energy! Von der Sonnenenergie zum Powermüsli – die grüne Fotozelle macht's möglich:</b>	
<b>Unterrichtsmaterialien für Wasser- und Energiehaushalt der Pflanzen</b>	<b>36</b>
Was braucht die Pflanze zum Leben?	37
Pflanzen arbeiten gegen die Schwerkraft	40
Warum ist es im Wald kühl?	41
Ein kleiner Same mit viel Information	42
Warum sind Blätter grün?	43
Wie viele Schichten hat ein Blatt?	44
Wozu brauchen Pflanzen Spaltöffnungen?	45
Die „starke“ Elodea	46
Die „starke“ Kartoffel	47
Wie stärkt Stärke die Kartoffel?	48
Wie stärkt Stärke uns?	49
Wir stärken uns mit einem Power-Müsli	50
<b>III Anhang</b>	<b>51</b>
Chemikalien für Mikroskopie	52
URL Fa. Sigma für Chemikalienbestellungen online	52
Literatur	53

## Allgemeine Arbeitsregeln

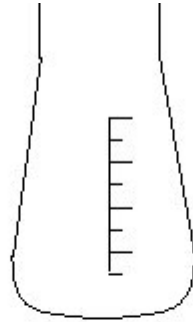
- **Verlassen Sie ihren Arbeitsplatz so, wie Sie ihn vorgefunden haben!**  
Sämtliche Glasgefäße u. dgl. sind auszuwaschen und mit deionisiertem Wasser nachzuspülen. Achten Sie generell auf Sauberkeit und Ordnung!
- **Halten Sie Chemikalien rein!** Benützen Sie nie schmutzige Löffel oder Spateln zur Entnahme fester Substanzen. Verwerfen Sie die überschüssige Menge einer Substanz, sollten Sie einmal zu viel eingewogen haben. Pipettieren Sie Flüssigkeiten nie mit schmutzigen Pipetten.
- **Stellen Sie alles nach Gebrauch dorthin zurück, wo Sie es hergenommen haben!**
- **Im Labor herrscht selbstverständlich strengstes Rauchverbot!**
- **Nehmen Sie nie ohne Anleitung ein Gerät in Betrieb!** Sehr empfindliche Geräte (Hinweis im Skriptum) dürfen überhaupt nur unter Aufsicht benützt werden.
- **Gehen Sie sparsam mit den Substanzen um!** Überlegen Sie erst, wie viel Sie brauchen, und stellen Sie dann die Lösungen o.Ä. her (nicht 1 l herstellen, wenn 20 ml benötigt werden).
- **Falls etwas zerbricht:** Beseitigen Sie die Scherben und melden Sie den Bruch.
- **Arbeiten Sie nur mit einem Labormantel!** Viele der verwendeten Substanzen sind ätzend. Für beschädigte Kleidungsstücke wird keine Haftung übernommen!
- **Nicht gekennzeichnete Spritzflaschen:** In diese kommt **AUSSCHLIESSLICH** Aqua dest. Sie werden vor dem Nachfüllen **nicht** ausgewaschen.
- **Giftige oder ätzende Substanzen NIE mit dem Mund pipettieren!** Verwenden Sie dazu einen Pelusball oder eine Pipettierhilfe.
- **Vermeiden Sie das Anbringen von Etiketten auf Glaswaren.** Wenn ein Beschriften mit Filzstift nicht möglich ist (z.B. bei Verwendung von Lösungsmitteln), verwenden Sie nur Blaurandetiketten.
- **Kennzeichnung:** Wird ein Versuch nicht am gleichen Kurstag beendet, wird er folgendermaßen beschriftet: Ansatz, Kurs, Gruppe, Datum.



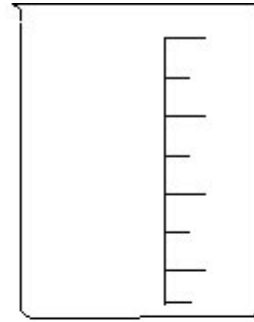
## Gebräuchliche Glaswaren



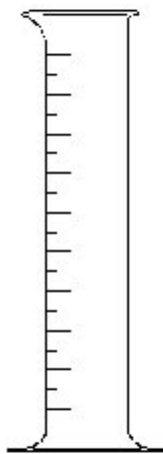
Erlenmeyer-Kolben  
enghalsig



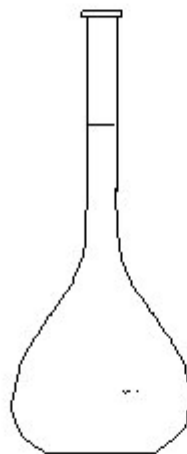
Erlenmeyer-Kolben  
weithalsig



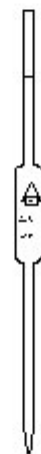
Becherglas



Meßzylinder



Meßkolben



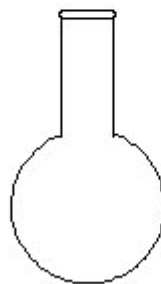
Vollpipette



Meßpipette



Eprovette



Rundkolben

### **Bechergläser und Erlenmeyerkolben**

Die Maßangaben dieser Gefäße sind nur Näherungswerte! Für genaue Messungen müssen Pipetten, Messkolben oder Messzylinder verwendet werden.

### **Messzylinder und Messkolben**

Sie sind zum Abmessen genauer Volumina bestimmt, wobei der Messzylinder eine Graduierung besitzt, während der Messkolben auf ein bestimmtes Volumen geeicht ist (Flüssigkeitsmeniskus muss auf der Markierung am Kolbenhals aufsitzen).

### **Eprouvetten (Reagenzgläser):**

sind thermisch stabile Glasröhrchen, in denen Reaktionen mit kleinen Substanzmengen durchgeführt werden. Werden sie erhitzt, dürfen sie nur zu 1/3 gefüllt werden. Sie werden über der Flamme ständig geschwenkt und von oben nach unten erhitzt, um ein Springen bzw. das Überkochen durch Siedeverzug zu verhindern. Die Öffnung wird dabei immer vom Körper weg gehalten und auch nicht auf andere Personen gerichtet! Verwenden Sie beim Erhitzen Reagenzglashalter (Kluppen mit langem Stiel), die Sie möglichst nahe an der Öffnung der Eprouvette befestigen, um ein Anbrennen des Reagenzglasalters zu vermeiden. Reinigen Sie die Reagenzgläser nach Gebrauch sofort mit einer Reagenzglasbürste.

### **Pipetten:**

Die Vollpipette ist auf ein bestimmtes Volumen geeicht, die Messpipette ist mit einer Graduierung versehen. Die Pipetten werden bis an den Grund des Gefäßes in die Flüssigkeit getaucht, die Flüssigkeit mit Pipettierhilfe oder Peleusball aufgesogen und zum Auslaufen die Spitze der Pipette an die Wand des Gefäßes gehalten. **Die im Praktikum verwendeten Pipetten werden NICHT ausgeblasen, da sonst falsche Volumina pipettiert werden!** Pipetten nicht zum Umrühren verwenden und nach Gebrauch sofort mit Aqua dest. ausspülen.

### **Waagen:**

Sie sind empfindliche Präzisionsgeräte und dementsprechend vorsichtig zu behandeln! **NIEMALS** Substanzen direkt auf dem Wägeteller wiegen, sondern immer Wägepapier oder ein Wägeschiffchen verwenden! Vor und nach jedem Wägeprozess Waage auf Null stellen. Sollte beim Wiegen Wägegut vom Wägepapier fallen, **SOFORT** mit einem weichen Pinsel entfernen!

## Gefahrensymbole



C

### Ätzende Stoffe

Beispiel: Salzsäure

Vorsicht: **Berührung mit Haut, Augen und Kleidung vermeiden, Dämpfe nicht einatmen**



E

### Explosionsgefährliche Stoffe

Beispiel: Ammoniumdichromat

Vorsicht: **Schlag, Stoß, Reibung, Funkenbildung und Hitzeeinwirkung vermeiden**



F

### Leicht entzündliche Stoffe

Beispiel: Phosphor

Vorsicht: **Von Zündquellen fernhalten. Kontakt mit der Luft vermeiden**



O

### Brandfördernde Stoffe

Beispiel: Kaliumpermanganat

Vorsicht: **Jeden Kontakt mit brennbaren Stoffen vermeiden**



T

### Sehr giftige Stoffe

Beispiel: Phenol

Vorsicht: **Jeden Kontakt mit dem menschlichen Körper vermeiden, bei Unwohlsein sofort den Arzt aufsuchen**



Xn

### Gesundheitsschädliche Stoffe

Beispiel: 1- Butanol

Vorsicht: **Kontakt mit dem menschlichen Körper vermeiden, Dämpfe nicht einatmen, bei Unwohlsein Arzt aufsuchen**



Xi

### Reizend wirkende Stoffe

Beispiel: Ammoniaklösung

Vorsicht: **Dämpfe nicht einatmen, Kontakt mit Haut und Augen vermeiden**



R

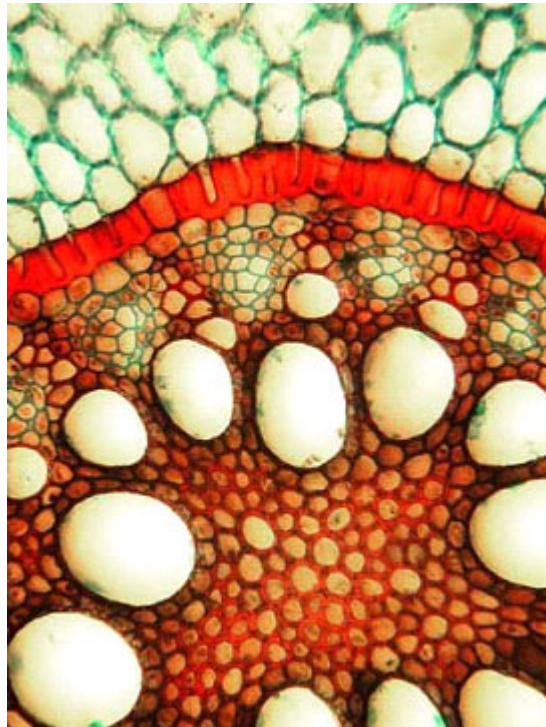
### Radioaktive Stoffe

Beispiel:  $^{14}\text{C}$ -Kohlendioxid

Vorsicht: **Jeglichen Kontakt mit dem menschliche Körper vermeiden. Körper vor Strahlung schützen**



# I Mikroskopie



<http://www.biologie.tu-dresden.de/botanik/Leiste/Lehre/Anatomie/Praktikum/Wurzel/Seite.htm>

## Arbeitsanleitungen

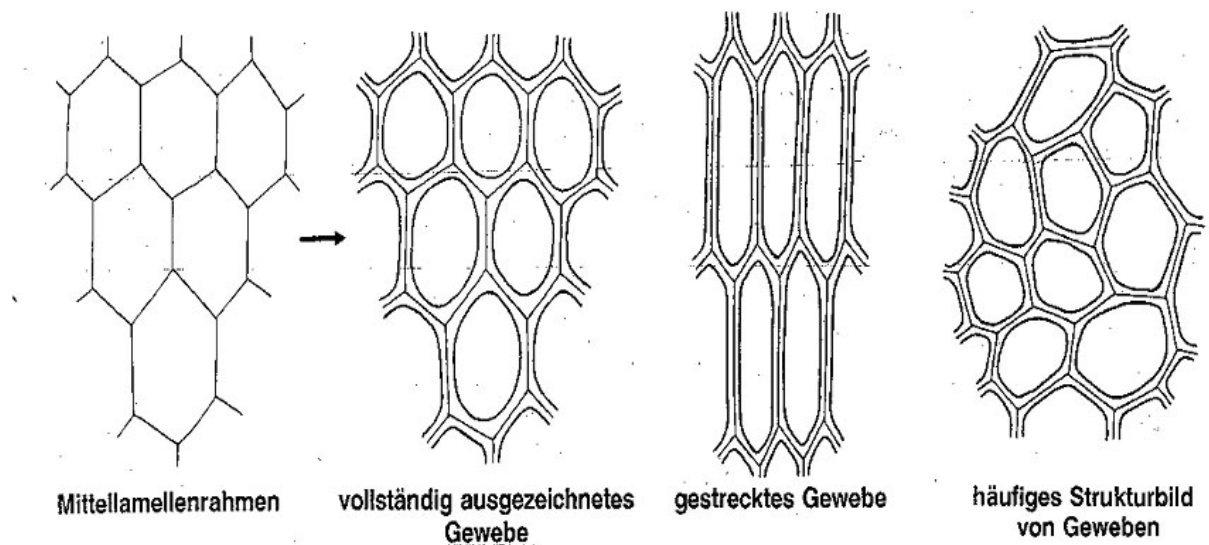


## Beschreibung der Mikroskope

Kurzanleitung zum Mikroskopieren:

- 1) Beleuchtung am Netzschalter einschalten
- 2) Beleuchtungsintensität einstellen
- 3) Präparat auf Objektisch legen (stets auf dem kleinsten Objektiv!)
- 4) Aperturblende öffnen
- 5) Okularabstand dem individuellen Augenabstand des Beobachters anpassen  
Dioptrienkorrektur (verschiedene Augen) gegebenenfalls einstellen
- 6) Zum Scharfstellen: Mit dem Grobtrieb den geringsten Abstand zwischen Objektisch und Objektiv einstellen (von außen zuschauen!), dann langsam Abstand vergrößern und dabei durch das Okular beobachten. Erst bei scharfem Bild auf das nächst größere Objektiv wechseln und Schärfe nachregeln.
- 7) Vor dem Entfernen des Objekts stets auf das kleinste Objektiv zurückstellen!

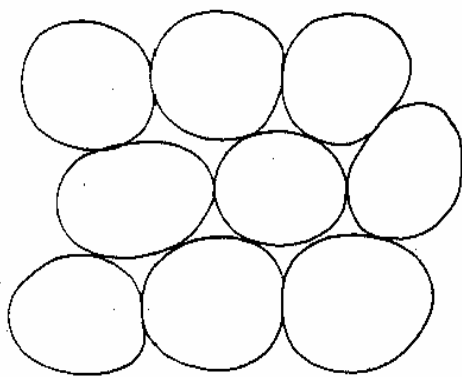
## Zeichenhilfe zur Darstellung pflanzlicher Gewebe



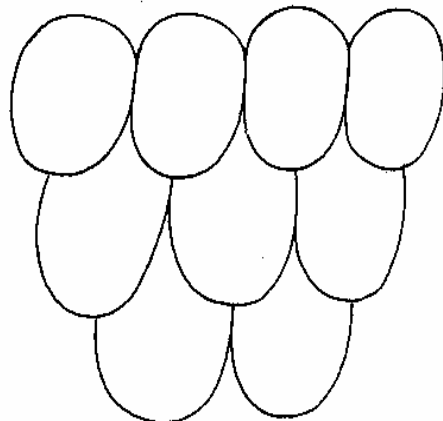
aus : Böhlmann : Bot. Grundpraktikum zur Phylogenie und Anatomie, UTB, 1994

Bei der Darstellung von Geweben (= Zellverbänden) empfiehlt es sich, zuerst die Zellgrenzen (entsprechen den Mittellamellen) zu skizzieren und erst danach die Zellwandstärken einzutragen. Folgende Fehler können damit vermieden werden:

### falsche Zeichenansätze



"Ostereierlegen"



"Dachziegelzeichnen"

aus : Böhlmann : Bot. Grundpraktikum zur Phylogenie und Anatomie, UTB, 1994

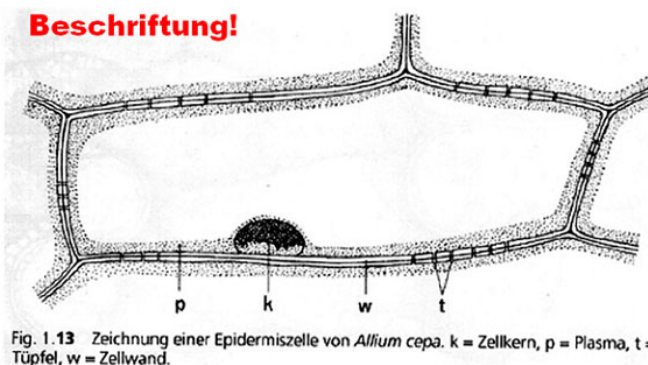
## Beschriftung einer mikroskopischen Zeichnung

Objekt (wissenschaftlicher Name, z.B. Solanum tuberosum):	Name (z. B. Franz Beispiel)
Familie (z. B. Solanaceae)	
Pflanzenorgan, Schnittrichtung bzw. Präparation (z. B. Sprossknolle, Kratzpräparat)	
Vergrößerung, eventuell eingesetzte Färbemethoden (z. B. 400x, J-J-K-Färbung)	
Dargestellte Struktur (z. B. Stärkekörner)	

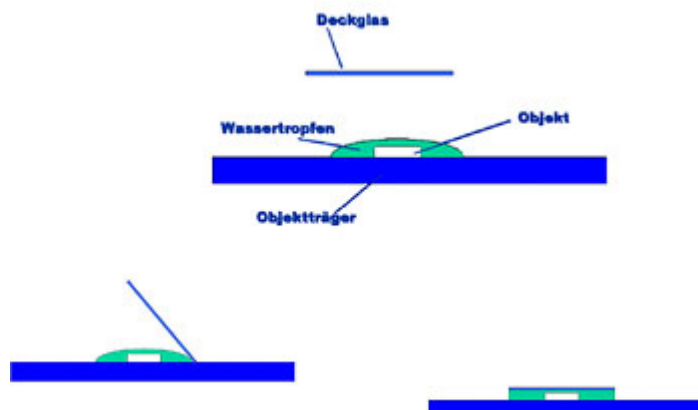
entscheidend an der Zeichnung ist eine genaue Beschriftung!

Beschriftungsstriche werden mit einem Lineal gezogen!

- Zeichnen Sie nur klare Linien und keine Strichellinien.
- Verwenden Sie Bleistifte mit verschiedenen Härtegraden
- Flächen werden nicht schraffiert oder ausgemalt.
- Auf der **Zeichnung** sollten typische Zellformen zu erkennen sein.
- Achten Sie auf richtige Proportionen



## Tipp zur Mikroskopie - Präparatanfertigung

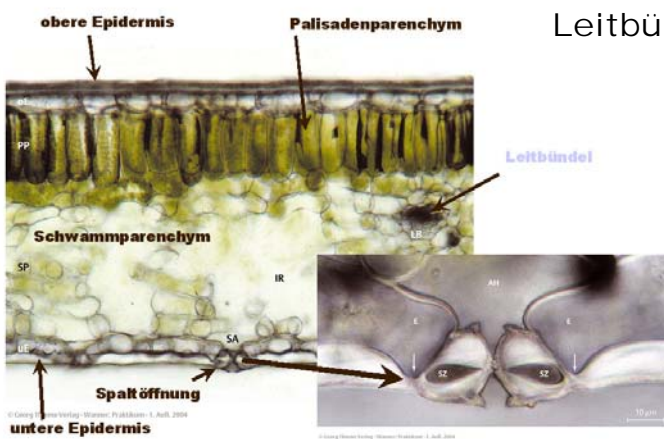


# Blatt

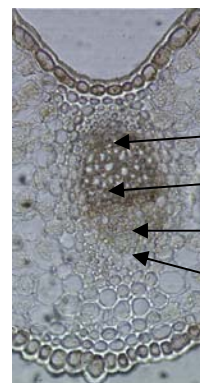
## *Helleborus* sp. (Schneerose, *Ranunculaceae*):

### Querschnitt durch ein Blatt

Dorsiventrales Blatt, Spaltöffnungen der Blattunterseite, Leitbündel des C<sub>3</sub>-Typs (Schema), Epidermis mit Cuticula, Palisadenparenchym, Schwammparenchym, kollateral offenes Leitbündel, Spaltöffnungen in der unteren Epidermis



Leitbündel:

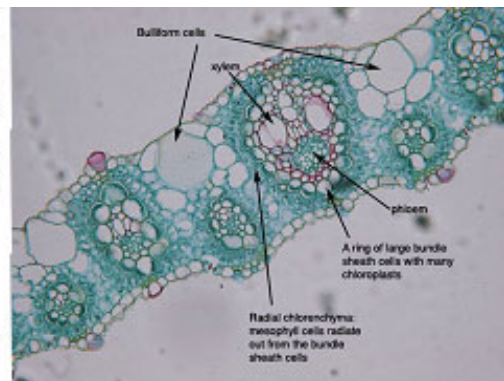
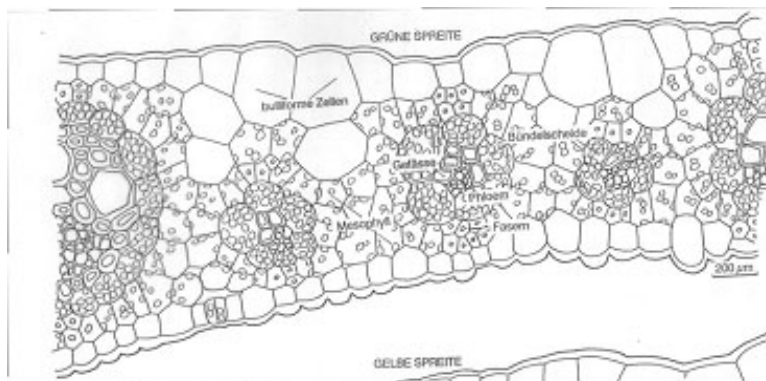


Sklerenchymscheide  
Xylem  
Kambium  
Phloem

## *Saccharum officinarum* (Zuckerrohr, *Poaceae*)

### Querschnitt durch ein Blatt

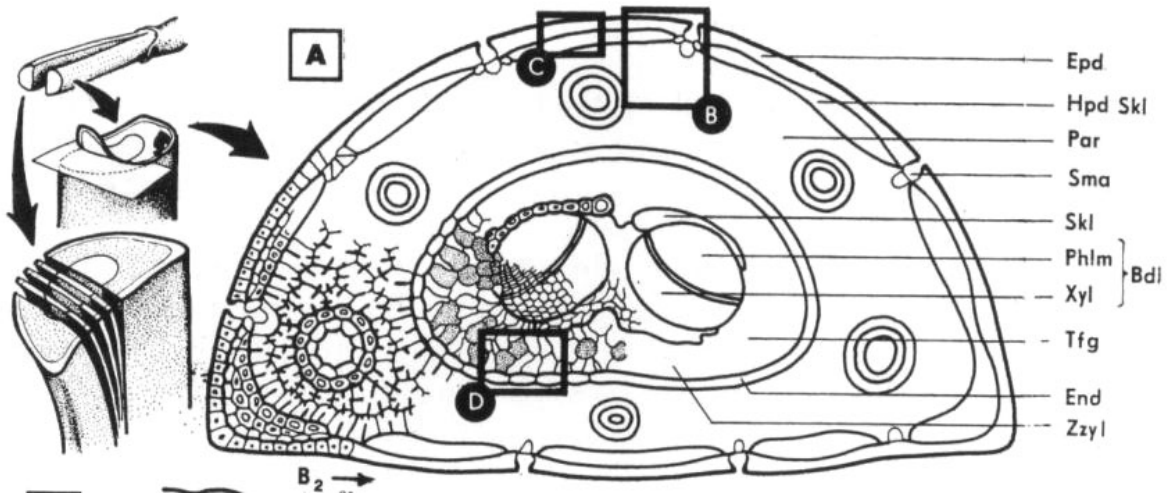
Isolaterales Blatt, Assimilationsparenchym, Leitbündelscheide des C<sub>4</sub>-Typs (Kranztyp)



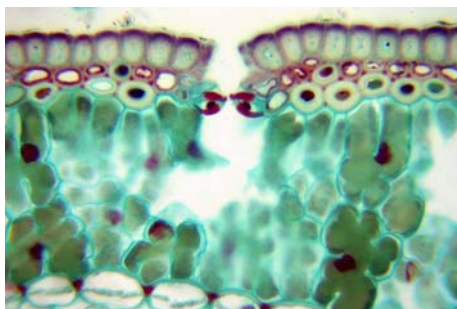
## *Pinus sylvestris* (Gemeine Kiefer, Pinaceae)

### Querschnitt durch die Coniferennadel

Hypodermis, Mesophyll, Transfusionsgewebe, Endodermis, Zentralzylinder etc.



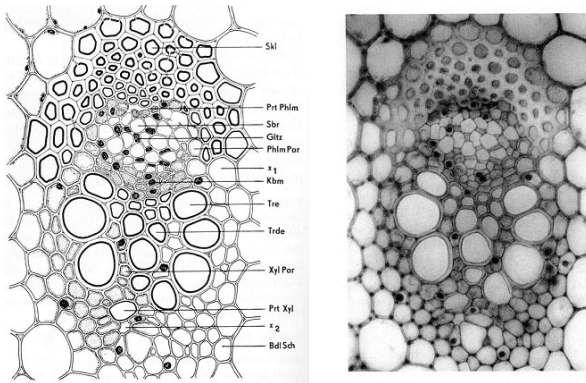
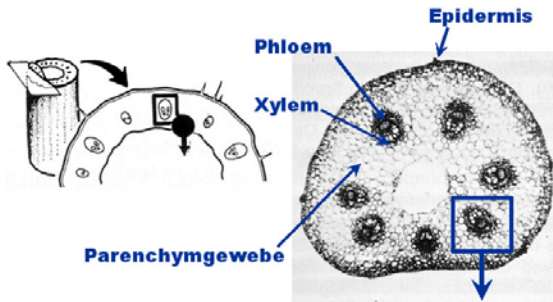
[http://www.cas.muohio.edu/~meicenrd/ANATOMY/Ch1\\_Microscopy/S\\_c111n1p.jpg](http://www.cas.muohio.edu/~meicenrd/ANATOMY/Ch1_Microscopy/S_c111n1p.jpg)



<http://www.jburroughs.org/science/resources/higherplantanatomy/leafpine3.jpg>

# Spross

## *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuß, Ranunculaceae)



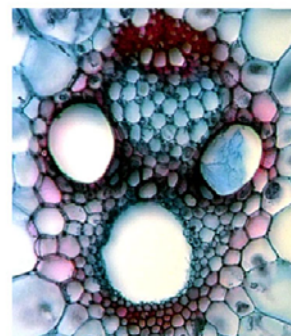
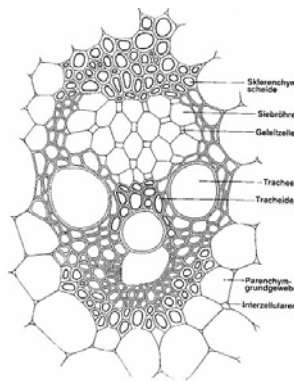
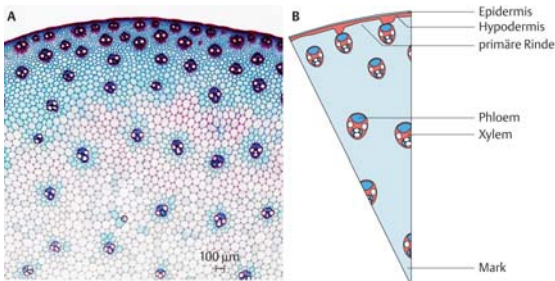
Querschnitt durch den Spross,

Kollateral offenes Leitbündel, Holznachweis mit Anilinsulfat, Übersicht und Detail

## *Zea mays* (Mais, Poaceae)

Querschnitt durch den Spross

Kollateral geschlossenes Leitbündel, Holznachweis mit Anilinsulfat, Übersicht und Detail



## *Pinus sylvestris* (Rotföhre, Pinaceae)

### Querschnitt durch das Holz

Gymnospermenholz, Frühholz, Spätholz, Jahresringgrenze, Holz- bzw. Markstrahl, Übersicht, Detail, Holznachweis mit Anilinsulfat

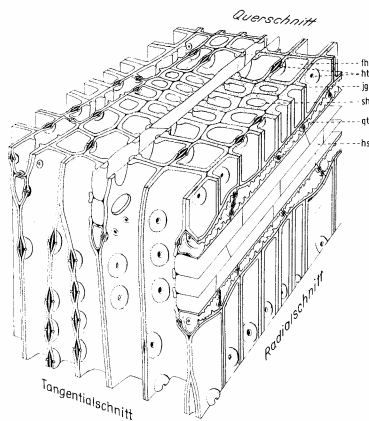
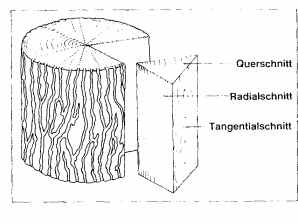
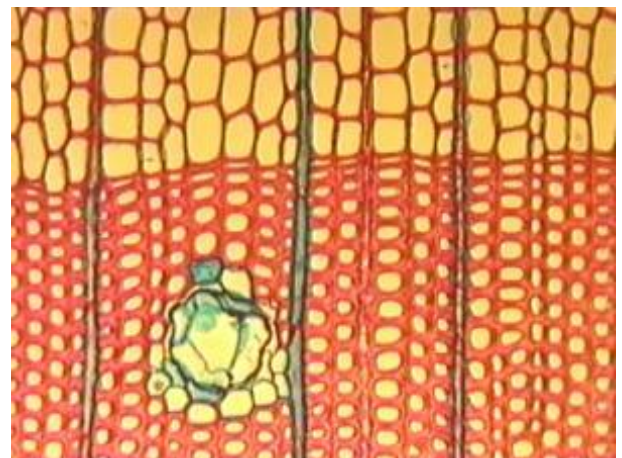


Abb. 6.9 Holz der Kiefer (*Pinus sylvestris*). fh = Frühholz, hs = Holzstrahlzellen, ht = Hof-tüpfel, jg = Jahresgrenze, qt = Quertra-cheiden, sh = Spätholz (nach Mägdefrau)

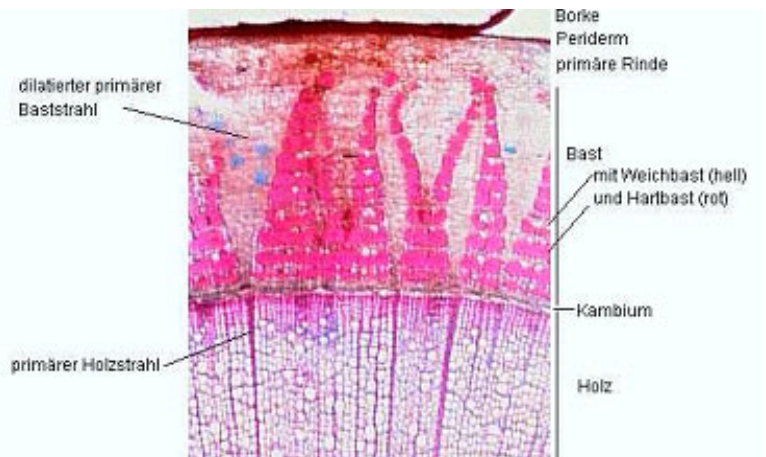
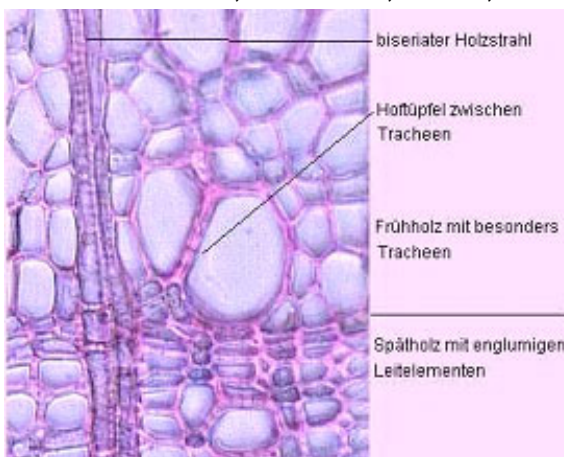


<http://www.forst.uni-muenchen.de/EXT/LST/BOTAN/INSTITUT/LANG/HOLZ/holzbe2.htm>

## *Tilia sp.* (Linde, Tiliaceae)

### Querschnitt durch Holz und Bast

Angiospermenholz, Frühholz, Spätholz; Jahresringgrenze, Holz- bzw. Markstrahl, sekundäres Phloem mit Sklerenchymfasern (Hartbast), Siebröhren, Geleitzellen und Bastparenchym (Weichbast); dilatierte Holz- bzw. Markstrahlen mit Parenchym, Kristalldrüsen, Übersicht, Detail, Holznachweis mit Anilinsulfat



<http://www.biologie.tu-dresden.de/botanik/Leiste/Lehre/Anatomie/Praktikum/Spross/Tilia/Tilia.htm>

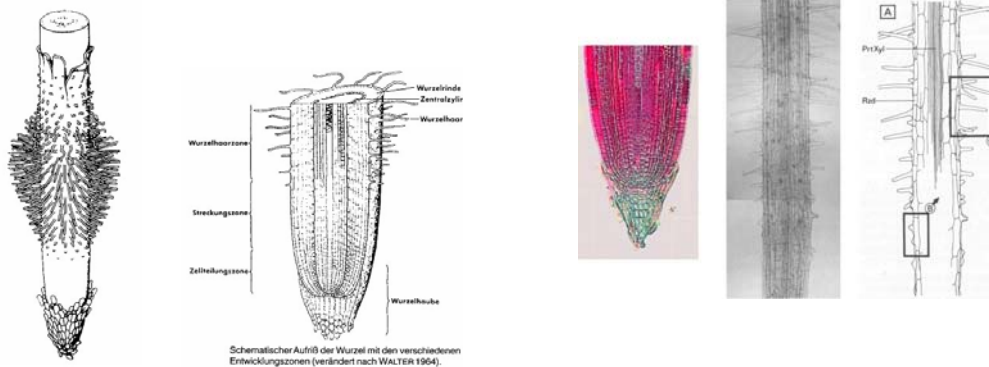


## Wurzel

### *Tradescantia sp. (Commelinaceae)*

#### Bau der Wurzelspitze in Aufsicht

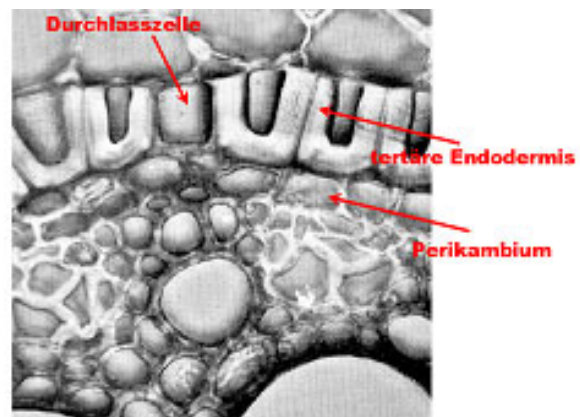
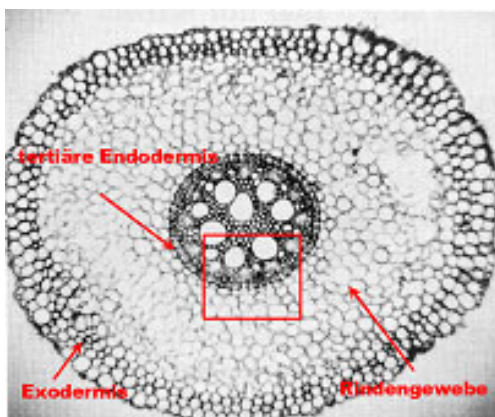
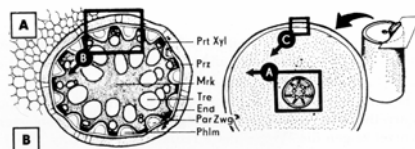
Spitzen ganzer sprossbürtiger Wurzeln aus einer Hydrokultur, äußere Gewebe des jüngsten Abschnittes der primären Wurzel, Kalyptra, Rhizodermis mit Wurzelhaaren



### *Iris germanica (Deutsche Schwertlilie, Iridaceae)*

#### Querschnitt durch die Wurzel

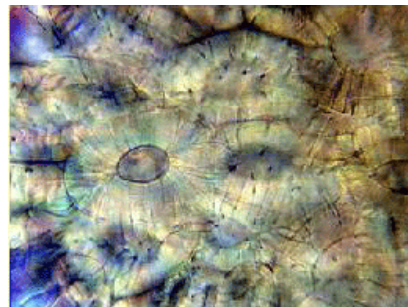
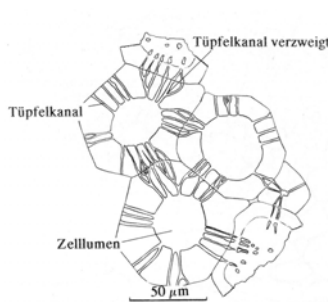
Radiäres, polyarches Leitbündel, Endodermis, Wurzelrinde, Exodermis, Holznachweis mit Anilinsulfat, Cutinnachweis mit Sudan III.



## Spezielle Zellen: Festigung/Haare (Emergenzen)

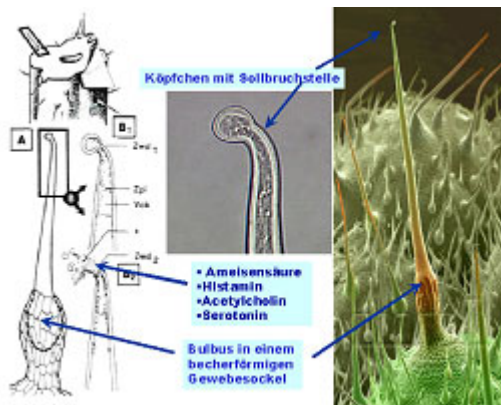
### **Festigung: Steinzellen: *Pyrus communis* (Birne, Rosaceae)**

Quetsch-Präparat des Fruchtfleisches: Lignin-Nachweis mit Anilinsulfat



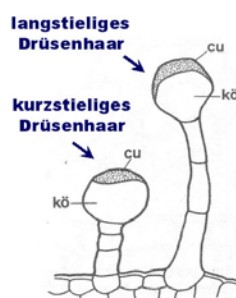
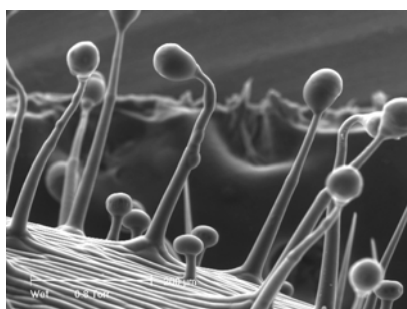
### **Emergenz: Brennhaare: *Urtica dioica* (Brennnessel, Urticaceae)**

Querschnitt bzw. Flächen-schnitt am Blatt bzw. Blattstiel.



### **Haare: Drüsenhaare: *Pelargonium* sp. (Pelargonie, Geraniaceae)**

Querschnitt durch den Blattstiel

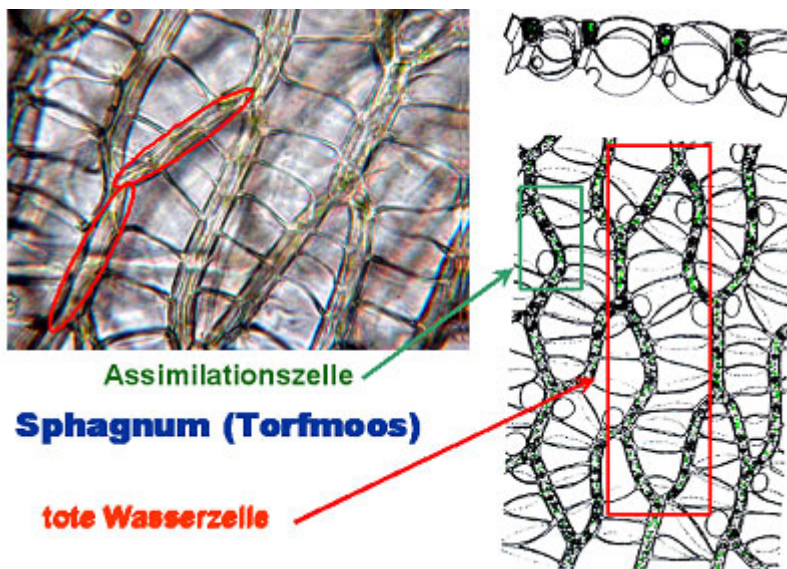
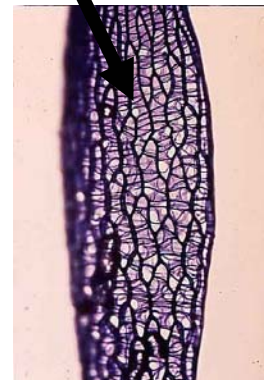


## Wasseraufnahme beim Torfmoos

### Untersuchung des Ortes der Wasseraufnahme beim Torfmoos (*Sphagnum*):

Moose sind sehr feuchtigkeitsbedürftig, doch können sie auch lange Trockenperioden überdauern. Bringt man einen ausgetrockneten Moospolster in Wasser, dann saugt er rasch so große Mengen auf, dass seine Masse auf ein Vielfaches ansteigt. Vor allem das Torfmoos zeichnet sich in dieser Hinsicht durch seine außerordentlich große Wasseraufnahmefähigkeit aus. Torfmoospflänzchen besitzen zu diesem Zweck ein System besonders gestalteter toter Zellen. Der Wasseraufnahme liegen hier rein physikalische Prinzipien zugrunde. Mit der Pinzette wird ein Moosblättchen abgezupft, unter dem Mikroskop untersucht und gezeichnet:

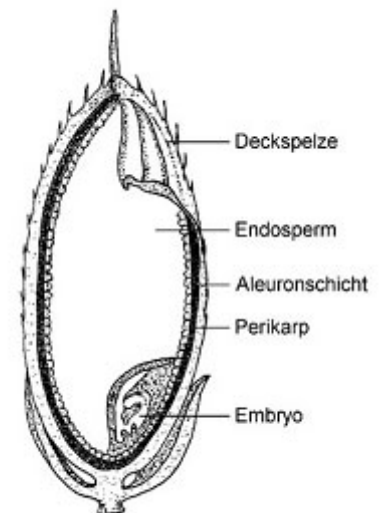
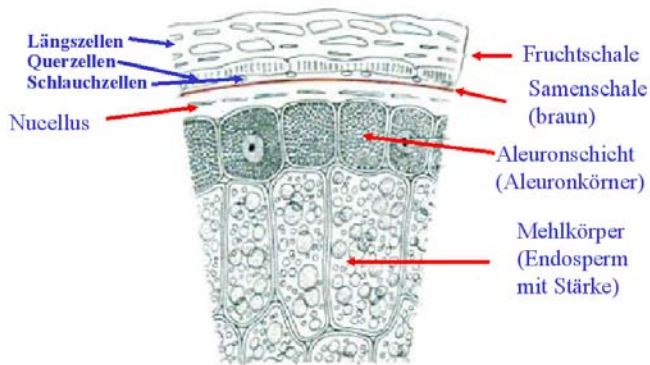
Man erkennt tote Wasserzellen mit Wandversteifungen und großen Poren, sowie Assimilationszellen. Auf dieser Fähigkeit, große Wassermengen aufzunehmen und zu speichern, beruht die ökologische Bedeutung der Moose.



## Triticum aestivum (Weizen), Poaceae

### Querschnitt durch die Frucht

Endosperm, Aleuronschicht, Stärkekörner, Aleuronkörner  
Fruchtschale mit Ballaststoffen (Zellulose).



<http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~botanik/anf-prakt/ba-kut-12.html>

## II Physiologie



<http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/Michael.Gregory/files/Bio%20101/Bio%20101%20Laboratory/photosynthesis/P0000143.jpg>

## Arbeitsanleitungen



# Wasserhaushalt der Pflanzen

## **Beobachtung des Wassertransportes in den Leitbündeln**

Die Pflanzen (z.B. Bohnenkeimlinge) werden kurz oberhalb der Wurzel unter Wasser abgeschnitten und in Reagenzgläser mit Farblösungen gestellt (Eosin, 0,2%).

Die Verwendung einer Pyranin-Lösung (1%, in Leitungswasser) ermöglicht ebenfalls eine eindrucksvolle Beobachtung des Wassertransportes. Die Wanderung des stark fluoreszierenden Farbstoffes kann im UV-Licht gut verfolgt werden (**Vorsicht! Schutzbrille verwenden!**).

Beachten Sie auch die Wasserleitung in den stark verästelten Gefäßen eines isolierten Blattes.



## **Messung der Wasserbilanz**

Die Raten von Wasserverlust (durch Transpiration) und Wasseraufnahme können zeitweilig voneinander abweichen. Um die Bilanz dieser beiden Prozesse zu ermitteln, müssen gleichzeitig (durch ein geeignetes Potometer) die Wasseraufnahme und (durch Wägung) die Wasserabgabe gemessen werden.

Ein Vergleich von Wasseraufnahme und -abgabe erfolgt am einfachsten durch eine Kombination von Wägung und Potometer-Messung (vgl. Abb.). Dazu wird ein möglichst leichtes Potometer auf eine Waage ausreichender Belastbarkeit gesetzt.

### Durchführung

Kleine Zweige (z.B.: *Taxus*, *Abutilon*, *Hibiscus*, *Pelargonium* etc.) werden in das längs aufgeschlitzte Loch eines doppelt durchbohrten Gummistopfens luftdicht eingekittet (wenig Porometerkitt, Drahtligaturen). In die 2. Bohrung wird die

gebogene Messpipette eingepasst (**ACHTUNG! BRICHT SEHR LEICHT!**) und die ganze Anordnung auf einen mit Leitungswasser gefüllten Kolben luftblasenfrei (!) aufgesetzt (die Lage des Meniskus in der Messpipette darf sich beim Neigen des Gefäßes nicht verändern). Die Verdunstung am Zweig kann durch Wägung festgestellt werden, die Wasseraufnahme durch die Wanderung des Meniskus. Daraus ist die Berechnung der Wasserbilanz möglich.

Über einen Zeitraum von 1 h sollten in regelmäßigen Zeitabständen der Wasserverlust (= Gewichtsverlust) und die Wasseraufnahme (Potometer-Messung) miteinander verglichen werden.

Abstand der Wägungen je nach Pflanze ca. 1 - 15 Minuten.

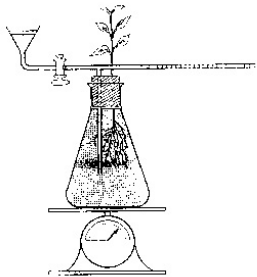


Abb.: Versuchsanordnung zur Messung der Wasserbilanz. Für Bilanzmessungen sind Potometer erforderlich, die dank ihres kompakten Aufbaus auf eine Waage gesetzt werden können. Für kleine Erlenmeyerkolben können spezielle Aufsätze verwendet werden. Die abgebildete Messkapillare mit Vorratstrichter wird in unserem Versuch durch eine gebogene Messpipette ersetzt.

Bestimme am Ende das Gewicht der transpirierenden Organe (Bezugsgröße, Frischgewicht).

Protokollbeispiel:

Zeit (min)	Gewicht (ganze Anordnung in g)	Meniskusstand (ml)
10	832,28	0
30	832,10	-0,04

$d$  Meniskusstand -  $d$  Wägung = Wasserbilanz.

Die Transpiration ( $d$  Wägung) wird umgerechnet auf g Frischgewicht pro Stunde.

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
<i>Abutilon</i>	<i>Hibiscus</i>	<i>Pelargonium</i>	<i>Taxus</i>	<i>Abutilon</i>

# Guttation

## **Allgemeines**

Der Wurzelndruck äußert sich bei intakten, krautigen Pflanzen häufig als Guttation. Guttation (Abgabe von flüssigem Wasser in Form einzelner Tropfen an den Blättern) tritt nur bei Wassersättigung des Bodens und hoher Luftfeuchtigkeit auf und wird durch den Wurzelndruck erzeugt. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100% in der Atmosphäre ist die Transpiration völlig ausgeschaltet. Unter diesen Bedingungen ist der Wurzelndruck alleine für den Wassertransport verantwortlich. Das Wasser wird durch die freien Gefäßendigungen (Hydathoden) der Blätter in kleinen Tropfen ausgeschieden. In der Natur kann man die Guttation bei Wiesenpflanzen in den frühen Morgenstunden häufig beobachten. Auch bei jungen Keimlingen, welche in einem geschlossenen Gefäß angezogen werden, bilden sich an den Blattspitzen Guttationstropfen.

## **Versuchsmaterial**

Junge Pflanzen von *Avena sp.* (Hafer)

## **Chemikalien (bereits fertig!)**

- Soda (30%)
- Pyrogallol (10%) **Vorsicht Gift!**
- KCN-Lösung (1%) **Vorsicht Gift!**

## **Durchführung**

1. Die Pflanzen (*Avena*, junge Pflanzen) stehen zu Versuchsbeginn bereits in einer feuchten Kammer. Beobachten Sie Ort und Intensität der Guttation.
2. Entnehmen Sie einen bis zwei Töpfe. Die Tropfen werden abgeschüttelt und die Pflanzen aus dem Substrat entnommen (Perlit oder Seramis an den Wurzeln stört den Versuchsablauf nicht). Vorsicht: die Wurzeln dürfen dabei nicht verletzt werden! Teilen Sie die Pflanzen auf 3 Ansätze auf:
  - Ein Teil der Pflanzen wird in ein Gefäß mit Wasser gestellt (Kontrolle).
  - Ein Teil der Pflanzen wird mit Chemikalien behandelt (aufgeteilt nach Gruppen):
    - ❖ Soda (30%) + Pyrogallol (10%), oder
    - ❖ KCN-Lösung (1%)
    - ❖ **VORSICHT: Sowohl KCN als auch Pyrogallol sind giftig! KCN darf nicht mit Säuren in Berührung kommen. Die Lösungen dürfen nicht mit dem Mund pipettiert werden! Handschuhe verwenden! Kontakt mit den Arbeitsflächen ist zu vermeiden! Die Lösungen nach**



**Versuchsende nicht in den Abguss schütten, sondern sammeln (KCN-Abfälle, Pyrogallol zu den organischen Lösungsmitteln)!**

- Bei einem Teil der Pflanzen werden die Wurzeln entfernt und die Pflanzen dann ebenfalls in Wasser gestellt.
- Die Ansätze werden unter eine mit feuchtem Papier ausgelegte Glasglocke gestellt und während des weiteren Kursverlaufes beobachtet.

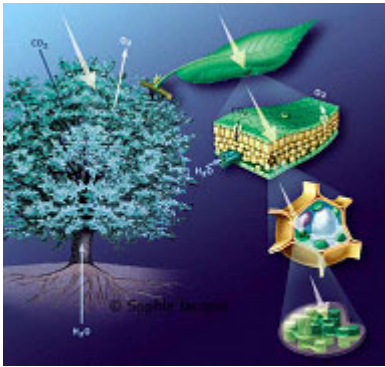


<http://www.thm.btinternet.co.uk/bio/8/8kguttation.html>

**Auswertung**

- Wo treten Tropfen auf?
- Wie kommt Guttation zustande?
- Wie wirken die applizierten Chemikalien Pyrogallol und KCN?
- Was versteht man unter aktiven bzw. passiven Hydathoden?

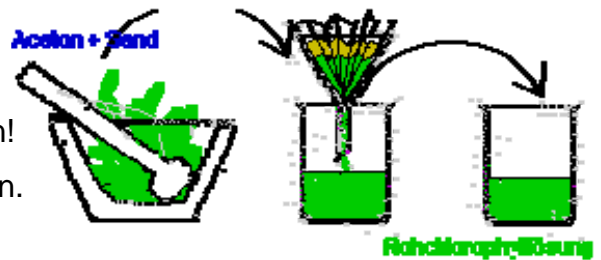
**Welchen Typ von Hydathoden findet man bei *Avena*?**



# Fotosynthese

## Herstellung einer Rohchlorophyll-Lösung

Blätter von *Urtica* (*Hedera*, *Pelargonium* o.ä.) werden in einer Porzellanschale mit Quarzsand - zur Neutralisation pflanzlicher Säuren wird eine Messerspitze  $\text{CaCO}_3$  zugefügt - und etwas Aceton zerrieben. Der dunkelgrüne Extrakt wird dekantiert und filtriert. Gegebenenfalls mit Aceton verdünnen! Der Extrakt soll durchscheinend grün erscheinen.



## Chlorophyllfluoreszenz

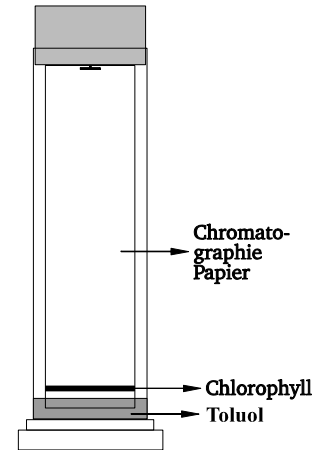
Im UV-Licht fluoresziert die Chlorophylllösung rot. Verdünnt man sie mit Wasser weicht die Rotfluoreszenz einem matten Grünlichblau (Übergang in den kolloidalen Zustand).

## Chromatogramm der Blattpigmente

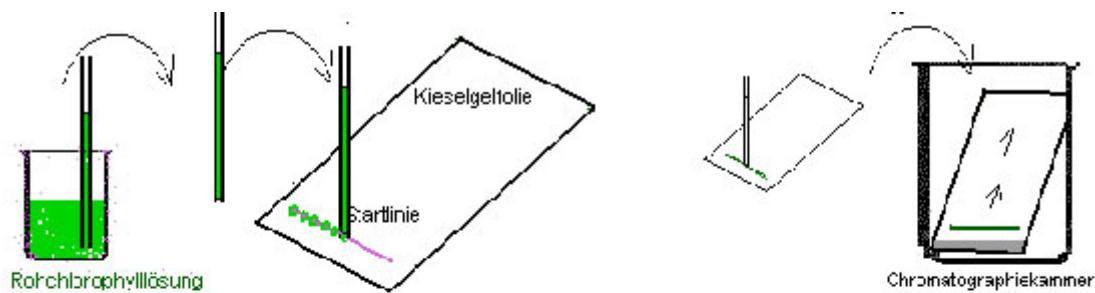
Die Chromatographiekammer wird maximal  $\frac{1}{2}$  cm hoch mit dem vorbereiteten Laufmittel (Toluol: 96%-iges Ethanol = 9:1) befüllt. Die Kammer mindestens 15 min vor Chromatographiebeginn mit dem Laufmittel befüllen, um eine Sättigung der Kammeratmosphäre zu erreichen. Nun wird auf die ausgegebenen Kieselgel-60-Chromatographiefolien (**Chromatographiefolien nur an den Kanten, nicht an der Fläche anfassen!**) mit Bleistift vorsichtig (Beschichtung nicht zerkratzen!) je 1 cm von der oberen und unteren Kante ein Strich eingezeichnet. Mit einer Mikropipette wird am unteren Strich mehrmals (auf der gleichen Stelle) vorsichtig Rohchlorophylllösung punktförmig aufgetragen (dazwischen immer trocknen lassen).

Der Fleck mit dem Chlorophyll sollte möglichst klein, hochkonzentriert und vollkommen trocken sein. Der Chromatographiestreifen wird nun so in die Kammer gestellt, dass der Chlorophyllfleck bei Chromatographiebeginn noch nicht ins Laufmittel eintaucht (Stand des Laufmittels ggf. korrigieren!).

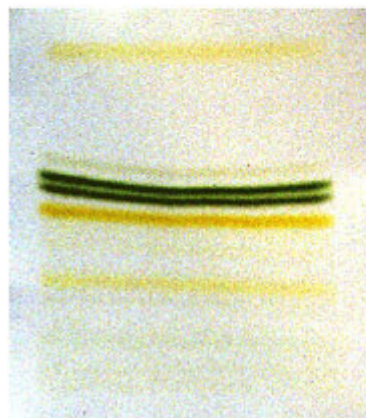
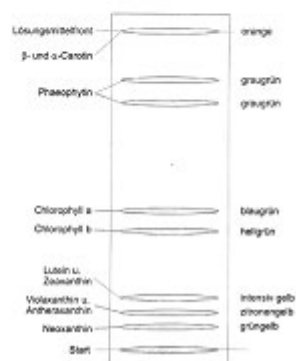
Der Streifen muss senkrecht stehen und darf die Glaswand seitlich nicht berühren. Den so vorbereiteten Chromatographiezylinder ruhig stehen lassen. Versuch abbrechen, wenn die Lösungsmittelfront die obere Bleistiftmarkierung erreicht hat. Die Wanderungsgeschwindigkeit ist für jede Substanz charakteristisch (und natürlich lösungsmittelabhängig). Sie wird durch den sog.  $R_f$ -Wert gekennzeichnet.



$$R_f = \frac{\text{Entfernung Start-Substanzfleck (Mitte)}}{\text{Entfernung Start-Lösungsmittelfront}}$$



Die Pigmentaufteilung gilt für alle grünen Pflanzen, sofern das gleiche Laufmittelgemisch verwendet wird (Toluol : Äthanol 99% : 1).



## **Nachweis des Assimilationssauerstoffes mit Indigoblau**

### **Vorbereitung:**

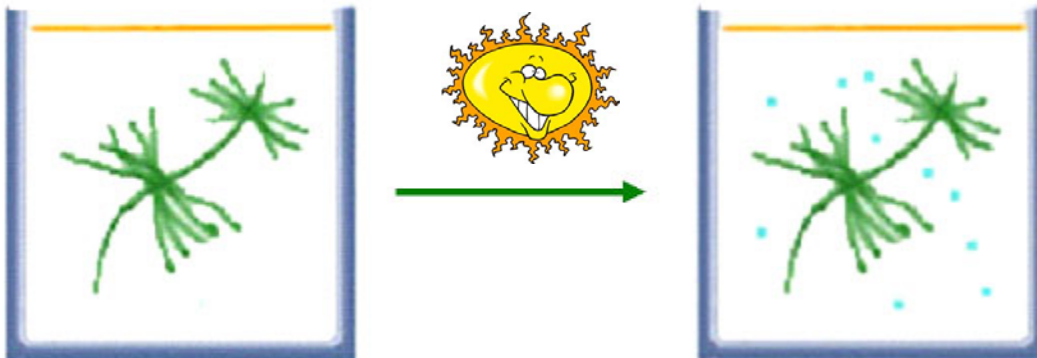
Man stellt eine verdünnte Indigokarmin(disulfonat)lösung her (Kornblumenblau) - (1250 ml Indigolösung (Indigokarmin = Indigodisulfonat, kleine Spatelspitze auf ca. 1250 ml H<sub>2</sub>O, Lösung soll durchscheinend blau sein).

Unter ständigem Schütteln tropfenweise Na-dithionit (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: 5 g auf 25 ml Aqua dest., für jeden Versuchstag frisch herstellen, in Tropfflasche) ) dazugeben, bis gerade Entfärbung zu Indigoweiß (blassgelb) eingetreten ist.

ACHTUNG: zuviel Reduktionsmittel macht Versuch nicht mehr durchführbar!!

### **Durchführung:**

In zwei 100 ml Erlenmeyerkolben mit dieser Lösung kommt eine Wasserpflanze (*Elodea*, *Chara* o.a.) mit einem Zwirnsfaden (zum Herausziehen). Anschließend wird der Kolben mit Paraffinöl luftdicht verschlossen. Kolben licht (Sonnen- oder Halogenlicht) und dunkel stellen, beobachte die Unterschiede. Was geschieht, wenn der dunkel gestellte Kolben belichtet wird?



## Fotosyntheseexperiment mit der Kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*)

### Allgemeines

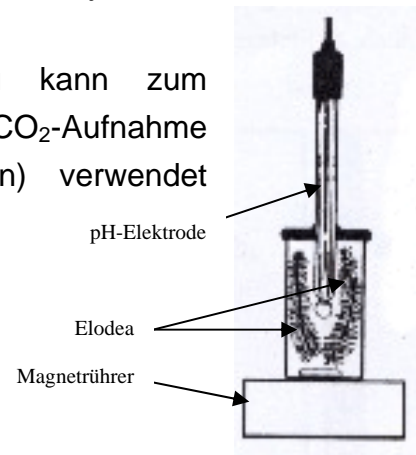
Zur Demonstration des fotosynthetischen Gaswechsels sind Wasserpflanzen u.a. aufgrund der fehlenden Cuticula bevorzugte Versuchsobjekte.

*Abbildung:* Der dargestellte Versuchsaufbau kann zum indirekten Nachweis der lichtabhängigen  $\text{CO}_2$ -Aufnahme (Assimilation) bzw.  $\text{CO}_2$ -Abgabe (Dissimilation) verwendet werden.

### Chemikalien

$\text{KHCO}_3$ -Lösung: 1mmol/l; pH 7,5-8,0

**(bereits fertig)**



### Durchführung

In ein 25 ml-Rollrandgläschen legt man 3 *Elodea*-Sprossspitzen, füllt mit  $\text{KHCO}_3$ -Lösung auf und fügt einen kleinen Rührstab hinzu, um eine gleichmäßige und langsame Durchmischung zu gewährleisten (Ansatz auf Magnetrührer stellen). Die Spitze einer pH-Elektrode wird durch die Bohrung eines Plastikdeckels gesteckt, das Rollrandgläschen wird dann mit diesem Deckel blasenfrei verschlossen.

- Das luftdicht verschlossene Rollrandgläschen wird zunächst für 20 min in Dunkelheit gehalten (Gefäß mit Alufolie umwickeln) und der pH-Wert der Lösung in 1- min- Abständen gemessen.
- Dann wird das Gläschen belichtet und wiederum werden die pH - Werte in 1- min- Abständen verfolgt.
- Danach wird derselbe Vorgang bei nochmaliger Verdunkelung durchgeführt.

### Auswertung

- Wie verhält sich der pH - Wert im Dunkeln?
- Was passiert bei Belichtung?
- Was kann man bei erneuter Verdunkelung feststellen?
- Worauf sind die unterschiedlichen pH - Werte bei den einzelnen Ansätzen zurück zu führen?
- Erstelle ein Diagramm: Änderungen des pH - Werts des Mediums in Abhängigkeit von der Belichtung des Gläschens (Dunkel, Licht).

# Nachweis des lichtinduzierten Elektronentransports (Hill-Reaktion) und der Wasserspaltung

## Allgemeines

Chloroplasten sind in der Lage, im Licht Wasser zu spalten; dabei entstehen Sauerstoff und Elektronen („Reduktionsäquivalente“). Die Elektronen werden auf Akzeptormoleküle ( $\text{NADP}^+$ ) übertragen. Mit dem entstandenen  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  wird das Kohlendioxid der Luft reduziert. Setzt man einer Chloroplastensuspension einen Elektronenakzeptor zu (z.B. Kaliumhexacyanoferrat (III) oder Dichlorphenolindophenol = DCPIP), so nimmt dieser bei Belichtung statt dem  $\text{NADP}^+$  die angeregten Elektronen auf. So kommt es zwar zur Wasserspaltung und zur  $\text{O}_2$ -Bildung aber nicht zur ATP-Bildung und zur Reduktion des  $\text{CO}_2$ .

## Versuchsmaterial

Spinat (*Spinacia oleracea*) oder Vogerlsalat (*Valeriana locusta*)

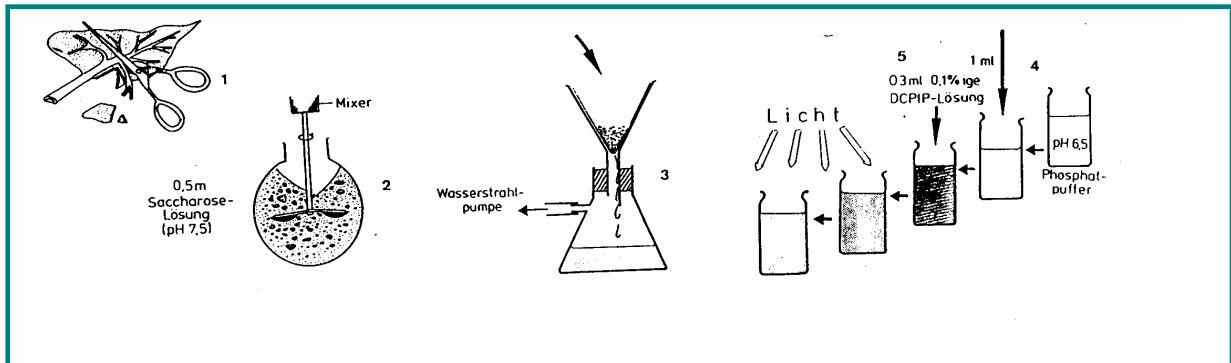
## Chemikalien (bereits fertig!)

- Saccharoselösung (0,5 M, auf pH 7,5 gepuffert):  
1000 ml 0,1 M Phosphatpuffer pH 7,5: 843 ml Dinatriumhydrogenphosphat (0,1 M) plus 157 ml Kalium-dihydrogenphosphat (0,1 M) mischen, pH-Wert beim Mischvorgang immer überprüfen. 171,15 g Saccharose mit Phosphatpuffer auf 1000 ml auffüllen.
- Phosphatpuffer (0,1 M, pH 6,5):  
1000 ml 0,1 M Phosphatpuffer pH 6,5: 313 ml Dinatriumhydrogenphosphat (0,1 M) plus 687 ml Kalium-dihydrogenphosphat (0,1 M) mischen, pH-Wert beim Mischvorgang immer überprüfen.
- KCl (10%ig)
- DCPIP-Lösung (Dichlorphenolindopenol, 0,1%ig):  
0,05 g DCPIP mit  $\text{H}_2\text{O}$  auf 50 ml auffüllen., Aufbewahrung im Kühlschrank, hält nur wenige Wochen, blauer Farbstoff.
- DCMU-Lösung (3[3,4-Dichlorophenyl]-1,1-dimethylharnstoff)  
 $10^{-4}$  M, 10 ml, Aufbewahrung im Kühlschrank, hält nur wenige Wochen. Herstellung: Zuerst  $10^{-3}$  M in DMSO (Dimethylsulfoxid, giftig), dazu 0,01 mmol in 10 ml DMSO lösen, dann 1:10 mit Aqua dest. verdünnen!

## Durchführung

- **Alle für den Versuch benötigten Geräte und Lösungen müssen im Kühlschrank vorgekühlt werden.**
  - **Das Herstellen der Chloroplastensuspension muss rasch geschehen!**
1. Die Blätter werden mit der Schere in kleine Stückchen geschnitten. Die Rippen werden verworfen. Es werden etwa 20 g Blattschnipsel benötigt.

- Die Blattschnipsel werden mit 50 ml 0,5 M Saccharoselösung im Mixer homogenisiert (oder in großer Reibschale mit Quarzsand zerrieben).
- Der Brei wird durch mehrere Lagen Mullstoff (mit Nutsche, Saugflasche und Wasserstrahlpumpe) gefiltert.
- In 3 kleine Schnappdeckelgläschen werden je 9 ml Phosphatpuffer und 1 ml Chloroplastensuspension, dazu eine Spur KCl gegeben. Außerdem werden jedem Ansatz 0,3 ml 0,1%iger DCPIP-Lösung zugesetzt. Der Ansatz muss

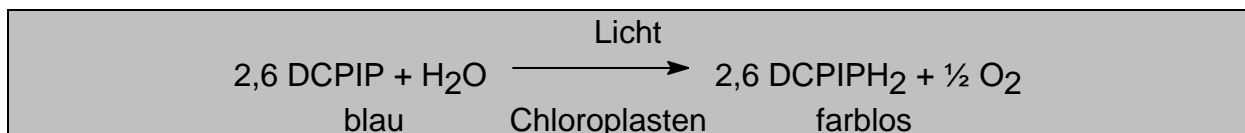
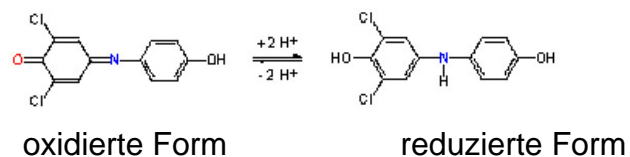


deutlich blau sein!

- Ein Gläschen wird lichtdicht mit Alu-Folie umwickelt und ins Dunkle gestellt!** 1 Ansatz wird beleuchtet (Sonnenlicht oder Halogenlicht) und 1 Ansatz wird mit 1 ml DCMU-Lösung versetzt und ebenfalls beleuchtet. **DCMU** ist ein häufig verwendeter Photosyntheseinhibitor, es hemmt den linearen Elektronentransport zwischen Photosystem I und Photosystem II.

## Ergebnis

Der blaue Farbstoff 2,6-Dichlorphenolindophenol wird in den belichteten Ansätzen mehr und mehr entfärbt.

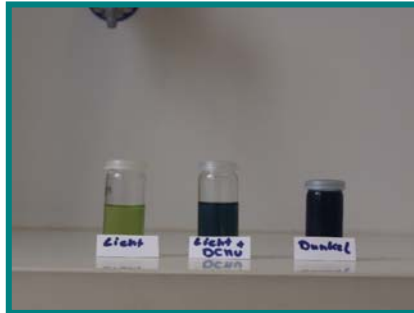


In den verdunkelten Ansätzen bleibt die ursprüngliche Blaufärbung erhalten, die  $\text{O}_2$ -Konzentration bleibt unverändert.

### Auswertung

- Was geschieht in intakten Chloroplasten mit den Elektronen der Wasserspaltung?
- Wo genau in der Elektronentransportkette greift DCMU an?
- Erkläre und diskutiere die Ergebnisse der 3 Ansätze in der Gruppe!

### Ergebnis:





## Lichtkompensationspunkt (nach Alvik)

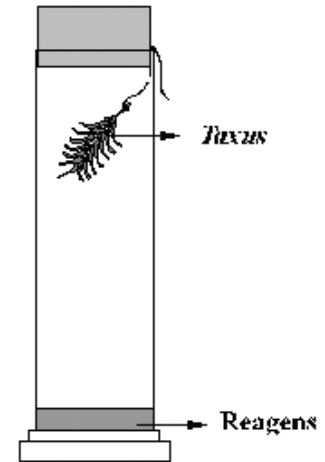
### Allgemeines

Der Lichtkompensationspunkt gibt diejenige Lichtintensität an, bei der sich Fotosynthese und Atmung die Waage halten: es wird gleich viel Sauerstoff durch die Fotosynthese abgegeben, wie durch die Atmung verbraucht wird, bzw.: Es wird gleich viel  $\text{CO}_2$  durch die Fotosynthese gebunden, wie durch die Atmung abgegeben wird.

**Versuchsmaterial:** Taxuszweige gleicher Größe und Länge

### Chemikalien

Reaktionsflüssigkeit (1 Liter 0.001 n  $\text{NaHCO}_3$ , 0.99 mg KCl, 10 mg Kresolrot, **bereits fertig!**)



### Durchführung

In Glasröhrchen (Küvetten) von ca. 3 cm Durchmesser werden 5 ml der fertigen Reaktionsflüssigkeit gefüllt. Die Küvetten lässt man  $\frac{1}{2}$  Stunde offen stehen. Inzwischen wird je ein Zwirnfaden an gleich große Taxuszweige geknüpft. Die Küvetten werden zugestoppelt und der Zwirnfaden des Taxuszweigs eingeklemmt (siehe Abbildung). Ein Ansatz dient als Referenzprobe: die Küvette bleibt offen und ohne Taxuszweig stehen, die übrigen Küvetten werden verschiedenen Lichtintensitäten ausgesetzt. Kresolrot ist ein pH-Indikator, der im sauren Bereich gelb, im alkalischen purpur gefärbt ist.

Die unterschiedlichen Standorte. (Gruppenabsprache!)

- Pralle Sonne
  - Sonne
  - Halbschatten
  - Schatten
  - verdunkelt
- Wenn vorhanden: für jeden Standort muss die Lichtintensität bestimmt werden! Dies erfolgt mit einem PAR-Messgerät [ $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ], PAR = Photosynthetic Active Radiation.

### Auswertung

- Bei welcher Lichtstärke wird der Kompensationspunkt (Vergleich mit Blindprobe, d.h. Ansatz ohne Taxuszweig) erreicht?

### Ergebnis



## Diurnaler Säurerhythmus bei *Crassula* sp. (CAM)

### Allgemeines

Anders als bei  $C_3$ - und  $C_4$ -Pflanzen sind beim diurnalen Säurezyklus der Sukkulente („Crassulacean Acid Metabolism“; CAM) die Stomata nachts geöffnet und tagsüber geschlossen. CAM-Pflanzen speichern also  $CO_2$  in der Nacht (in der Vakuole) und können am Tag bei geschlossenen Spaltöffnungen Photosynthese betreiben! Diesen besonderen fotosynthetischen Kohlenstoff-Stoffwechsel haben zahlreiche sukkulente (= dickfleischige) Pflanzen extrem heißer und trockener Standorte und er hat den Vorteil eines besonders geringen Wasserverlusts am Tag.



### Durchführung

Jeweils 15 g Blätter von *Crassula* sp., die 24 Std. verdunkelt waren und von einer normal belichteten Pflanze, werden mit Hilfe einer Knoblauchpresse gut zerdrückt, mit Hilfe eines pH-Meters werden die pH-Werte ermittelt und verglichen.

### Auswertung

Diskutiere die Ergebnisse in der Gruppe!

# Keimung:



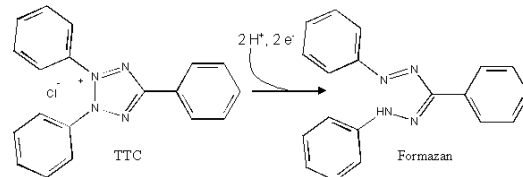
## Qualitativer Nachweis von Dehydrogenasen

### Allgemeines

Bei der Samenkeimung laufen vielfältige Stoffwechselreaktionen ab, bei denen Energie verbraucht wird. Diese Energie liefert die Atmung, die sich bereits kurz nach der Samenquellung um ein Vielfaches verstärkt. Hauptsächlich wird Energie in Form von Reduktionsäquivalenten, z.B. in der reduzierten Form des Nikotinamid-adenin-dinucleotid ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ ), zur Verfügung gestellt. Dehydrogenasen entnehmen einem Substrat Wasserstoff ( $2\text{H}^+$  und  $2\text{e}^-$ ) und übertragen ihn reversibel auf ein anderes Substrat. Legt man gequollene Samen in eine Lösung eines Wasserstoffakzeptors, der in der reduzierten Form gefärbt ist, so werden sich jene Bereiche anfärben, wo Enzymaktivitäten vorhanden sind.

Mit dieser Methode lässt sich auch der Nachweis führen, welche Samengewebe außer dem Embryo aus lebenden Zellen bestehen. In reifen Getreidekaryopsen sind nur die Aleuronzellen, nicht aber die inneren, stärkehaltigen Zellen des Endosperms lebendig.

Abbildung: Reduktion von  
Triphenyltetrazoliumchlorid zu Formazan



### Versuchsmaterial

Verschiedene Samen, gequollen (z.B. Erbsen, Bohnen, Helianthus, Getreidearten)

### Durchführung

Die Samen werden halbiert und mit der Schnittfläche in einer Petrischale auf Filterpapier ausgelegt, welches zuvor reichlich mit einer Lösung von 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid (= TTC, 0,5%ig) getränkt wurde. Die Formazanbildung ist bei den gequollenen Samen meist nach kurzer Zeit deutlich zu beobachten, bei trockenen Samen kann es einige Stunden dauern, bis die rötliche Färbung zu beobachten ist. Als Kontrolle dienen Samen, welche in der Mikrowelle abgetötet werden.

### Auswertung

- Welche Reaktion ist bei diesem Versuch zu beobachten?
- Welche Rolle spielt das TTC?
- In welchen Bereichen der Samen ist Enzymaktivität gegeben?

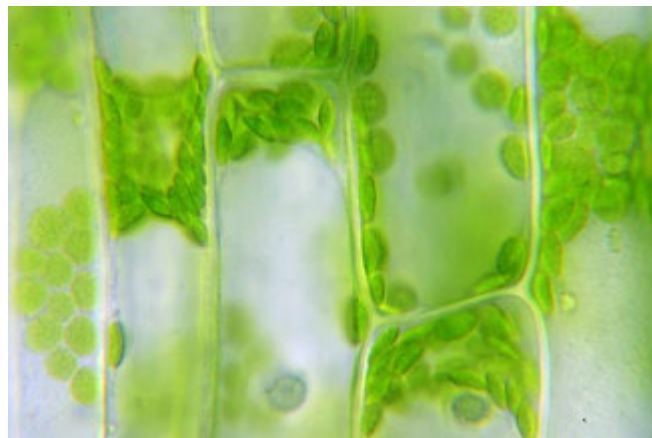


# Green Energy! Von der Sonnenenergie zum Power-Müsli – die grüne Fotozelle macht's möglich!

## Supportpaket

Unterrichtsmaterialien zum Thema Wasser-  
und Energiehaushalt der Pflanzen

Eine Experimentierreihe für Schüler(innen)



<http://www.jburroughs.org/science/resources/labmicroscopewholemounts/elodea1000xb.jpg>

## Was braucht die Pflanze zum Leben?

### Material:

- Wasserpest (*Elodea*)
- Schale
- Trichter
- Reagenzglas
- Wasser
- Lichtquelle
- Thermometer



### Durchführung:

1. Fülle in deine Schale Leitungswasser und hole damit
2. Stülpe einen Glastrichter umgekehrt über die in der Schale schwimmende *Elodea*, so dass der Anschnitt unter dem Trichter ist.
3. Ein mit Wasser gefülltes Reagenzglas wird auf die nach oben weisende Trichterröhre gesteckt (siehe Abbildung).
4. Miss die Wassertemperatur in der Schale.
5. Stelle die Schale unter eine Lichtquelle, sodass der Lichtkegel auf die Wasserpflanze zeigt.
6. Warte einige Minuten und beobachte dann 2 Minuten lang, wie viele Blasen im Licht aufsteigen und protokolliere das Ergebnis.
7. Stelle nun diese Schale abseits der Lichtquelle hin (wenn möglich an einen dunklen Platz). Warte wieder einige Minuten und beobachte dann 2 Minuten lang, wie viele Blasen im Dunkeln aufsteigen und protokolliere das Ergebnis.
8. Beantworte folgende Fragen:
  - a. Welche Unterschiede in den Ergebnissen zeigen sich zwischen Beleuchtung bzw. Dunkelheit?
  - b. Welches Gas steigt als Blase auf? Woher kommt das Gas?
  - c. In welchem Zusammenhang steht dieser Versuch mit der Fotosynthese?

## Was braucht die Pflanze zum Leben?

### Material:

- Wasserpest (*Elodea*)
- Schale
- Trichter
- Reagenzglas
- Mineralwasser
- Abgekochtes Wasser
- Thermometer



### Durchführung:

1. Fülle in eine Schale Mineralwasser und hole damit die *Elodea* ab.
2. Stülpe einen Glastrichter umgekehrt über die in der Schale schwimmende *Elodea* sodass der Anschnitt unter dem Trichter ist.
3. Ein mit Mineralwasser gefülltes Reagenzglas wird auf die nach oben weisende Trichterröhre gesteckt (siehe Abbildung).
4. Miss die Wassertemperatur in der Schale.
5. Warte einige Minuten und beobachte dann 2 Minuten lang, wie viele Blasen im Mineralwasser aufsteigen und protokolliere die Ergebnisse.
6. Wiederhole das Experiment von 1. bis 5., doch anstatt Mineralwasser verwende nun abgekochtes Wasser.
7. Beantworte folgende Fragen:
  - a. Was passiert beim Kochen des Wassers? Welches Gas enthält prickelndes Mineralwasser?
  - b. Welche Unterschiede in den Ergebnissen zeigen sich zwischen Mineralwasser bzw. abgekochtem Wasser?
  - c. Welches Gas steigt aus der Pflanze als Blase auf? Woher kommt das Gas?
  - d. In welchem Zusammenhang steht dieser Versuch mit der Fotosynthese?

## Was braucht die Pflanze zum Leben?

### Material:

- Wasserpest (*Elodea*)
- Schale
- Trichter
- Reagenzglas
- Mineralwasser
- Eiswasser
- Thermometer



### Durchführung:

1. Fülle in eine Schale Mineralwasser und hole damit die *Elodea* ab.
2. Stülpe einen Glastrichter umgekehrt über die in der Schale schwimmende *Elodea* sodass der Anschnitt unter dem Trichter ist.
3. Ein mit Mineralwasser gefülltes Reagenzglas wird auf die nach oben weisende Trichterröhre gesteckt (siehe Abbildung).
4. Miss die Wassertemperatur in der Schale.
5. Warte einige Minuten und beobachte dann 2 Minuten lang, wie viele Blasen im Mineralwasser aufsteigen und protokolliere die Ergebnisse.
6. Wiederhole das Experiment von 1. bis 5., doch anstatt Mineralwasser verwende nun Eiswasser.
7. Beantworte folgende Fragen:
  - a. Welche Unterschiede in den Ergebnissen zeigen sich zwischen Mineralwasser bzw. Eiswasser?
  - b. Welches Gas enthält prickelndes Mineralwasser? Wodurch erklärst du dir das Ergebnis beim Eiswasser?
  - c. Welches Gas steigt aus der Pflanze als Blase auf? Woher kommt das Gas?
  - d. In welchem Zusammenhang steht dieser Versuch mit der Fotosynthese?

## Pflanzen arbeiten gegen die Schwerkraft

### Material:

- Weiße Nelken
- Rasierklinge
- Glasgefäß
- Tinte
- 0,2% Eosinlösung
- Haarföhn

Erstaunliche Leistung! Wasser wird auch bei einem über 100 m hohen Baum entgegen der Schwerkraft von den Wurzeln über die gesamte Höhe in die Blätter oder Nadeln gezogen, wo es für die Fotosynthese benötigt wird. Mit einer Höhe von 132,58 m hält ein im 19. Jahrhundert gemessener australischer Rieseneukalyptus den historischen Rekord.



### Durchführung:

1. Fülle Tinte bzw. Eosin in ein Glasgefäß.
2. Schneide die Nelke mit der Rasierklinge ca. auf 10 cm ab.
3. Wässere die Nelke in Tinte oder Eosin.
4. Ca. 40 Minuten stehen lassen. Wenn dir zwischendurch Zeit zur Verfügung steht, föhne die Nelke. Aber Vorsicht, nicht zu heiß bzw. zu stark.
5. Was kannst du nach 40 Minuten beobachten?
6. Beantworte folgende Fragen:
  - d. Wie gelangt die Farbe in die Blüten?
  - e. Welche Wirkung hat Wärme auf die Pflanze?
  - f. Mach dich im Buch auf Seite 97 schlau.

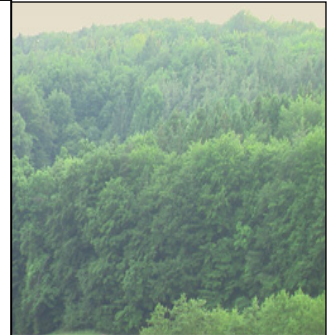


## Warum ist es im Wald kühl?

### Material:

- Pinzette
- Laubblätter
- 2 x Kobaltpapier (5%  $\text{CoCl}_2$ )
- Glasplatten (Petrischalen)
- Bleistift

Die Pflanzen geben 98% ihres aufgenommenen Wassers wieder in die Umgebung zurück. Dadurch, dass Wasser verdunstet, entsteht ein Unterdruck in der Pflanzenzelle und Wasser wird wieder nachgezogen.



Hinweis: Filterpapierstreifen werden in eine 5 %ige Kobaltchlorid-Lösung getaucht und im Trockenschrank getrocknet. Das getrocknete Kobaltpapier nur mit der Pinzette berühren! Das blaue Papier verfärbt sich bei Berührung mit Wasser rot. Presst man das Papier zwischen zwei Finger, rötet es sich auch. Das Selbe geschieht, wenn man darauf hustet oder haucht.

### Durchführung:

1. Lege das Kobaltpapier mit einer Pinzette auf eine Glasplatten.
2. Gib ein Laubblatt auf das Kobaltpapier.
3. Lege mit der Pinzette ein zweites Kobaltpapier auf das Blatt.
4. Lege eine zweite Glasplatte auf die Kobaltpapierstreifen.
5. Was kannst du nach einigen Minuten beobachten?
6. Beantworte folgende Fragen:
  - a. Welches Kobaltpapier verfärbt sich? Wieso?
  - b. Warum ist es im Sommer im Wald kühler als auf einer angrenzenden Wiese?
  - c. Wie viel Wasser verdunstet ein Baum? (Tipp: Buch Seite 97)
7. Zeichne mit dem Bleistift den Blattabdruck nach und klebe das Kobaltpapier in dein Heft.  
Vorsicht: Berühre das Kobaltpapier möglichst wenig mit der Hand.

## Ein kleiner Same mit viel Information

### Material:

- Watte
- Kressesamen
- Petrischale
- Wasser

Die Gartenkresse schmeckt roh beißend scharf, der Geschmack erinnert an Senf und Rettich. In der Küche werden vor allem die Keimlinge verwendet, die eine Woche nach der Aussaat geerntet werden können.

Gartenkresse zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an Vitamin C, Eisen, Kalzium und Folsäure aus. Außerdem enthält sie Vitamin B.



<http://nl.wikipedia.org/wiki/Tuinkers>

### Durchführung:

1. Gib die Watte in eine Schale
2. Streu Kressesamen darüber
3. Leere soviel Wasser darüber, dass die Watte feucht ist.
4. Stelle deine Schale ans Fensterbrett und lege einen Zettel mit deinem Namen dazu.
5. Hole am nächsten Tag deine Schale vom Fensterbrett und beschreibe was du siehst.
6. Warum sind die Samen nicht schon im Sackerl gekeimt? Was braucht ein Same um zu keimen? Lies auch im Buch auf Seite 93 nach.

## Warum sind Blätter grün?

### Material:

- Wasserpest (*Elodea*)
- Mikroskop
- Objektträger
- Wasser
- Tropfpipette
- Pinzette
- Deckglas

*Elodea* ist eine Wasserpflanze und bevorzugt nicht zu tiefe, stehende oder langsam fließende Gewässer mit relativ kühlem Wasser. Die optimale Temperatur liegt bei 10 – 25 °C.



[http://www.ruhr-uni-bochum.de/boga/html/Elodea\\_nuttalii\\_Foto.html](http://www.ruhr-uni-bochum.de/boga/html/Elodea_nuttalii_Foto.html)

### Durchführung:

1. Tropfe einen Wassertropfen mit deiner Pipette auf den Objektträger.
2. Zupfe mit einer Pinzette oder den Fingern von der *Elodea* ein Laubblatt und lege es in den Wassertropfen.
3. Lege das Deckglas darauf und beobachte das Präparat im Mikroskop.
4. Wähle zunächst bei kleinster Vergrößerung einen Ausschnitt nahe der Mittelrippe. Stelle scharf und steigere die Vergrößerung.
5. Zeichne mindestens 4 zusammenhängende Zellen mit allen erkennbaren Einzelheiten. Achte auf die Größenverhältnisse.
6. Zeichnungsgröße mindestens  $\frac{1}{2}$  A4 Seite.
7. Beantworte folgende Fragen:
  - a. Wie heißt der Farbstoff, der die Chloroplasten und somit die Blätter grün färbt?
  - b. Du kannst nach einiger Zeit eine Bewegung feststellen. Was bewegt sich?
  - c. Wie erklärst du dir diese Bewegung in der Zelle?

## Wie viele Schichten hat ein Blatt?

### Material:

- Schneerose (*Helleborus*)
- Mikroskop
- Objektträger
- Wasser
- Tropfpipette
- 2 Styroporstücke
- Rasierklinge
- Pinzette
- Deckglas

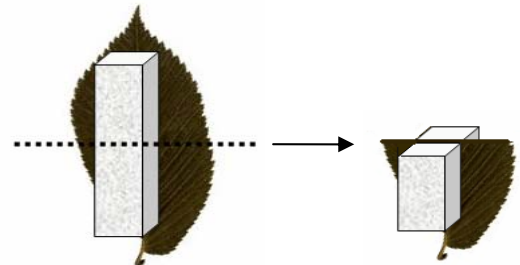
Die Schneerose wird 10 – 30 cm groß. Das natürliche Verbreitungsgebiet umfasst die östlichen Nord- und Südalpen.



[http://www.kliniken.de/images/6/61/Helleborus\\_niger\\_JPG](http://www.kliniken.de/images/6/61/Helleborus_niger_JPG)

### Durchführung:

1. Tropfe einen Wassertropfen mit der Pipette auf den Objektträger.
2. Klemme das Blatt zwischen 2 Styroporstreifen. Die Mittelrippe sollte dabei vom Styropor verdeckt sein.
3. Halte das „Styropor-Blatt-Sandwich“ mit Daumen,
4. Zeige- und Mittelfinger fest und schneide quer durch, sodass du eine Ebene erhältst (siehe Abbildung).
5. Fertige nun ganz dünne Streifen an, in dem du mit der Rasierklinge an dieser Ebene entlang schneidest.



Ziehe dabei die Rasierklinge ohne abzusetzen in Richtung Körper. Vermeide ein „Heruntersägen“. Denke daran, dass du die Schnitte im Mikroskop ansiehst; das Blattstückchen sollte also hauchdünn sein.

6. Lege mehrere Streifen (mindestens 5) in den Wassertropfen.
7. Gib das Deckglas darüber. Beobachte, was du im Mikroskop siehst.
8. Wie viele Schichten kannst du am Blattquerschnitt erkennen? Benenne diese anhand deines Wissens. Vergleiche deinen Querschnitt mit der Abbildung im Buch Seite 86.
9. Zeichne nun deinen Blattquerschnitt. Zeichnungsgröße mindestens  $\frac{1}{2}$  A4 Seite.

## Wozu brauchen Pflanzen Spaltöffnungen?

### Material:

- Efeu (*Hedera helix*)
- Durchsichtiger Nagellack
- Mikroskop
- Objektträger
- Pinzette
- Deckglas



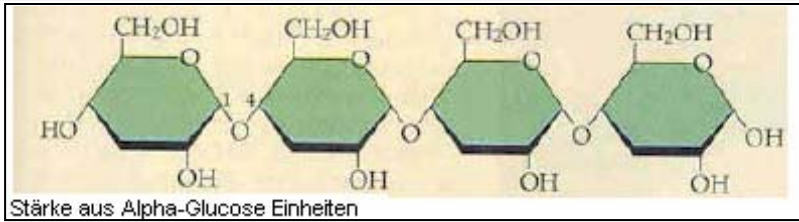
### Durchführung:

1. Trage klaren Nagellack auf einen Teil der Unterseite deines Blattes auf.
2. Lass den Nagellack trocknen.
3. Ziehe den getrockneten Nagellack mit einer Pinzette von der Blattunterseite und lege ihn auf einen Objektträger.
4. Gib ein Deckglas darauf und beschreibe was du im Mikroskop siehst.
5. Zeichne mindestens 4 Spaltöffnungen mit allen erkennbaren Einzelheiten. Achte auf die Größenverhältnisse. Zeichnungsgröße mindestens  $\frac{1}{2}$  A4 Seite.
6. Beantworte folgende Fragen:
  - a) Wodurch öffnen bzw. schließen sich Spaltöffnungen?
  - b) Wozu brauchen Pflanzen Spaltöffnungen?
- 7) Mach dich im Buch auf Seite 98 schlau.

## Die „starke“ Elodea

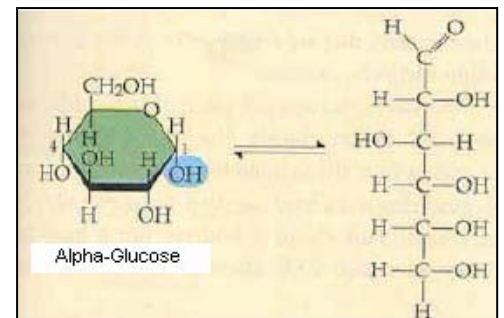
### Material:

- Wasserpest (*Elodea*)
- Mikroskop
- Objektträger
- Wasser
- Tropfpipette
- Deckblatt
- Jod-Jod-Kalium-Lösung
- Filterpapierstreifen



Stärke ist ein wichtiges Kohlenhydrat in der menschlichen Ernährung. Es ist ein Polysaccharid (=Vielfachzucker), das aus Glucose-Einheiten (=Traubenzucker) besteht. Aber wie entsteht Stärke? Die Fotosynthese findet in den Chloroplasten statt. Ein Produkt das bei der Fotosynthese entsteht ist Glucose. Diese wird in den Chloroplasten zu Stärke verarbeitet. Die Stärke kann dann vom Blatt in die verschiedenartigsten Gewebe der grünen Pflanzen transportiert werden; dies geschieht in Form von Saccharose (=Rohrzucker). Sehr reich an Stärke sind Gewebe wie z.B. Samen, Kartoffel(-knollen), Zwiebeln und Getreidekörner; hier dient sie als Reservespeicher.

Hinweis: Mit Jod-Jod-Kalium wird Stärke nachgewiesen. Ist Stärke vorhanden, kommt es zu einer Dunkelfärbung, ist keine Stärke vorhanden, tritt keine Färbung auf.



### Durchführung:

1. Tropfe einen Wassertropfen mit deiner Pipette auf den Objektträger.
2. Zupfe mit einer Pinzette oder den Fingern von der *Elodea* ein Laubblatt und lege es in den Wassertropfen.
3. Lege das Deckglas darauf.
4. Tropfe einen ganz kleinen Tropfen Jod-Jod-Kalium an einen Rand des Deckglases.
5. Lege den Filterpapierstreifen an den gegenüberliegenden Rand des Deckglases. Du kannst nun beobachten, dass die dunkle Flüssigkeit unter dem Deckglas in Richtung Filterpapier gezogen wird.
6. Wenn sich das Jod-Jod-Kalium am ganzen Präparat verteilt hat, lege den Objektträger ins Mikroskop und beschreibe was du siehst.
7. Fertige eine Zeichnung an. Zeichnungsgröße mindestens ½ A4 Seite

## Die „starke“ Kartoffel

### Material:

- Rohe Kartoffel
- Mikroskop
- Objektträger
- Wasser
- Tropfpipette
- Rasierklinge
- Deckglas
- Jod-Jod-Kalium-Lösung
- Filterpapierstreifen

Bei der Kartoffel handelt es sich um ein Nachtschattengewächs. Der Verzehr von oberirdischen Teilen der Pflanze führt zu Vergiftungserscheinungen. Dies gilt auch für die aus den Knollen herauswachsenden Triebe. Die Knolle ist keine Wurzel sondern der Spross und wird deshalb Sprossknolle genannt. Die Stärke in der Kartoffel dient als Reservespeicher.



<http://www.uni-tuebingen.de/plantphys/koch/Research.html>

Hinweis: Mit Jod-Jod-Kalium wird Stärke nachgewiesen. Ist Stärke vorhanden, kommt es zu einer Dunkelfärbung, ist keine Stärke vorhanden, tritt keine Färbung auf.

### Durchführung:

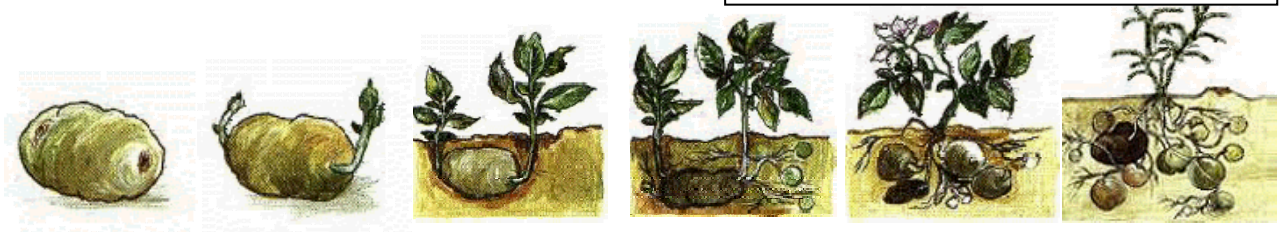
1. Tropfe einen Wassertropfen mit deiner Pipette auf den Objektträger.
2. Kratze mit deiner Rasierklinge leicht über das Kartoffelstück und tauche die Rasierklinge in den Wassertropfen, der sich nun leicht trübt.
3. Lege das Deckglas darauf.
4. Tropfe einen ganz kleinen Tropfen Jod-Jod-Kalium an einen Rand des Deckglases.
5. Lege den Filterpapierstreifen an den gegenüberliegenden Rand des Deckglases. Du kannst nun beobachten, dass die dunkle Flüssigkeit unter dem Deckglas in Richtung Filterpapier gezogen wird.
6. Wenn sich das Jod-Jod-Kalium am ganzen Präparat verteilt hat, lege den Objektträger ins Mikroskop und beschreibe was du siehst.
7. Zeichne mind. 3 Stärkekörner. Zeichnungsgröße mindestens  $\frac{1}{2}$  A4 Seite

## Wie stärkt Stärke die Kartoffel?

### Material:

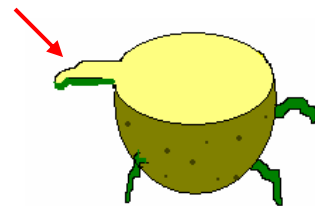
- Ausgetriebene Kartoffel
- Jod-Jod-Kalium-Lösung
- Messer

Klonen erlaubt! Will man im Herbst Kartoffeln ernten, setzt man im Frühjahr nicht die Samen der Kartoffel, sondern eine keimende Knolle in die Erde. Aus dieser Mutterknolle entsteht eine Kartoffelpflanze mit identischen Tochterknollen.



### Durchführung:

1. Schneide die Kartoffel so durch, dass die Schnittfläche durch den Ansatz des Triebes (Auge) geht (siehe Abbildung).
2. Tropfe Jod-Jod-Kalium auf die gesamte Schnittfläche der Kartoffel.
3. Spüle es mit Wasser ab.
4. Beschreibe was du beobachten kannst.
5. Beantworte die folgenden Fragen:
  - a. Was hat sich verfärbt? Warum?
  - b. Was hat sich nicht verfärbt?
  - c. Wie erklärst du dir, dass dort keine Stärke vorhanden ist? Was ist mit der Stärke passiert?





## Was macht der Weizen mit der Stärke?

### Material:

- Ca. 20 trockene Weizenkörner
- Ca. 20 gequollene Weizenkörner
- Glucose-Teststreifen
- 2 Reibschalen
- Wasser



Hinweis: Bei Verfärbung der Glucose-Teststreifen wird Zucker nachgewiesen.

### Durchführung:

1. Zerstampfe in einer Reibschale getrocknete Weizenkörner und füge ca. 5 ml Wasser hinzu.
2. Nimm nun einen Glucose-Teststreifen und lege ihn in den Weizenbrei.
3. Zerreiße nun die gleiche Anzahl gequollener Weizenkörner und füge c. 5 ml Wasser hinzu.
4. Nimm einen neuen Glucose-Teststreifen und lege ihn in den Weizenbrei.
5. Warte einige Minuten.
6. Nimm nun die Teststreifen aus den Breien und vergleiche das Ergebnis.
7. Was kannst du beobachten? Was hast du damit nachgewiesen?
8. Was kannst du –aufgrund der beiden Testergebnisse – schlussfolgern?

## Wir stärken uns mit einem Power-Müsli

### Zutaten:

- 7 EL Haferflocken oder *5-Korn Flocken, Früchtemüsli, Dinkelflocken*
- 4 EL Dinkel Flakes oder *Weizen Pops*
- 4 EL Mandeln oder *Walnusskerne, Sojakerne, Goldleinsamen*
- 2 EL Sonnenblumenkerne oder *Kürbiskerne, Pinienkerne*
- 3 EL Kokosraspeln oder *Leinsamen*
- 3 EL Rosinen oder *Preiselbeeren, Marillen, Bananenchips*
  
- 1 EL Butter
- 2 EL braunen Rohrzucker
- 1 EL Honig
- ½ TL Zitronensaft



### Durchführung:

1. Die ausgewählten Müsli-Zutaten miteinander vermischen.
2. In einem Topf Butter, braunen Zucker, Honig und Zitronensaft geben und unter ständigem Rühren zum Kochen bringen und ca. 3-4 Minuten weiterkochen, bis die Masse anfängt zu karamellisieren.
3. Die Müsli-Mischung hineinschütten und so lange rühren, bis die ganze Masse gleichmäßig vom Karamell überzogen ist und eine dunkle Färbung annimmt.
4. Karamellisierte Masse in eine mit Backpapier ausgelegte, rechteckige Form von ca. 20 x 15 cm drücken. Sie sollte ca. 2 cm hoch sein.
5. Die Müsli-Masse mindestens 20 Minuten auskühlen lassen und mit einem scharfen Messer in Riegel schneiden. Nach dem Abkühlen die Müsli-Riegel in einer Dose aufbewahren. Sie sind lange haltbar.

## **III Anhang**

## **Chemikalien für Mikroskopie** (nach Braune et al. 1999)

### **Jod-Jod-Kaliumlösung für Stärkenachweis:**

0,5 – 1 g KJ in wenig H<sub>2</sub>O lösen, dann 1 g J hinzufügen, auf 100 ml auffüllen.

### **Anilinsulfat für Ligninnachweis:**

15 g Anilinsulfat in 200 ml H<sub>2</sub>O lösen (ca. 7%)

### **Sudan III für Suberin und Cutinnachweis:**

0,25 g Sudan III in 125 ml 96% igem Ethanol lösen und dann 125 ml Glycerin hinzufügen!

### **Chlor-Zink-Jod für Zellulosenachweis:**

30 g ZnCl<sub>2</sub> in 15 ml H<sub>2</sub>O (ja, wirklich so wenig) lösen, dann 10 g KJ und 2 g J zugeben, J löst sich manchmal nur teilweise!

### **Herstellung von Alkoholpräparaten:**

Pflanzenmaterial zerkleinern und in 70%igen Alkohol einlegen.

### **Chemikalien werden hauptsächlich bei Fa. Sigma bestellt:**

[http://www.sigmaaldrich.com/Area\\_of\\_Interest/Europe/Home/Austria.html](http://www.sigmaaldrich.com/Area_of_Interest/Europe/Home/Austria.html)

### **Spezielle Glaswaren und Spezialanfertigungen für Versuchsapparaturen:**

<http://www.bartelt.at/>

**Literaturangaben:**

**Böhlmann 2002:** Botanisches Grundpraktikum zur Phylogenie und Anatomie. UTB.

**Braune W., Leman A. und Taubert H. 1999:** Pflanzenanatomisches Praktikum I. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.

*Guttenberger H. 2002:* Pflanzenanatomie V 1.3. Interaktive Multimedia CD. HeliSci & LehSo, Graz.

**Kaussmann B. und Schiewer U. 1989:** Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.

**Nultsch W. 2001:** Allgemeine Botanik. 11. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

**Nultsch W. 2001:** Mikroskopisch-Botanisches Praktikum. 11. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

**Schermaier A., Taferner F. und Weisl 2004.** Bio@school. Veritas-Verlag, Linz

**Sitte P., Weiler E., Kadereit J.W., Bresinsky A. und Körner C. (eds.) 2002:** Strasburger. Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 35. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.

**Wanner G. 2004:** Mikroskopisch-Botanisches Praktikum für Anfänger. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

<http://www.biolib.de/>

<http://www.merian.fr.bw.schule.de/beck/>

<http://www.jburroughs.org/science/resources/higherplantanatomy/higherplantanatomy.html>

<http://www.forst.uni-muenchen.de/EXT/LST/BOTAN/INSTITUT/LANG/HOLZ/holzbe1.htm>

<http://www.uni-tuebingen.de/abot/versuche/>

[http://www.picturebotanica.de/frame\\_spezial.html](http://www.picturebotanica.de/frame_spezial.html)

<http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~botanik/anf-prakt/ba-kut-12.html>

**Weitere Literatur:**

**Bannwarth H., Kremer B.P. und Massing D. 1996:** Stoffe und Stoffwechsel. Grundlagen, Abläufe, Experimente. Quelle & Meyer Verlag Wiesbaden.

**Fleck M., Igersheim A. und Weber M. 2006.** Mikroskopie und Mikrokosmos im Alltag. öbvht VerlagsgmbH & Co KG, Wien.

**Gerlach D. 1987.** Mikroskopieren – ganz einfach. Kosmos, gesellschaft der Naturfreunde, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

**Keil M. und Kremer B.P. 2004:** Wenn Monster munter werden. Einfache Experimente aus der Biologie. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

**Kremer B.P. 2002.** Das große Kosmos-Buch der Mikroskopie. Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co., Stuttgart.

**Kopeszki H. 2000:** BIologische Experimente. Öbv & hpt, Wien.

**Sapper N. und Widhalm H. 1999:** Einfache biologische Experimente. Ein handbuch – nicht nur für Biologen. öbv & hpt VerlagsgmbH & Co.kG, Wien.

**Wild A. 2002:** Pflanzenphysiologische Versuche in der Schule. Übungsbuch. Aufgaben und Lösungen. (Lernmaterialien). Quelle & Meyer