

Gefördert aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds und des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung



 **Bundesministerium**
Bildung, Wissenschaft
und Forschung

Kompetenzfeld Natur und Technik

Natur und Ökologie

DIE ERNÄHRUNG DER PFLANZEN – PHOTOSYNTHESE



Impressum

Herausgegeben von
Wiener Volkshochschulen

Für den Inhalt verantwortlich
Wiener Volkshochschulen

Autor_in
Dr. Gabriela Schubert, 2017

Layout
Entwurf: typothese – M. Zinner Grafik und Raimund Schöftner
Umschlaggestaltung: Adriana Torres
Satz: Kunstlabor Graz von uniT, Jakominiplatz 15/ 1. Stock, 8010 Graz

Die Verwertungs- und Nutzungsrechte liegen beim Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Die Beispiele wurden für Einrichtungen der Erwachsenenbildung entwickelt, die im Rahmen der Initiative Erwachsenenbildung Bildungsangebote durchführen. Jegliche kommerzielle Nutzung ist verboten. Die Rechte der verwendeten Bild- und Textmaterialien wurden sorgfältig recherchiert und abgeklärt. Sollte dennoch jemandes Rechtsanspruch übergangen worden sein, so handelt es sich um unbeabsichtigtes Versagen und wird nach Kenntnisnahme behoben.

Erstellt im Rahmen des ESF-Projektes Netzwerk ePSA. Gefördert aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds und des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung.

NETZWERK ePSA



Inhalt

1.	Inhalt und Ziele	3
2.	Notwendige Vorkenntnisse	4
3.	Deskriptoren	4
4.	Arbeitsaufträge	5
	Arbeitsauftrag 1: Fotografieren mit Blättern	5
	Arbeitsauftrag 2: Warum entsteht im Blatt Stärke?	7
	Arbeitsauftrag 3: Schlussfolgerungen für eine Blatzelle	9
	Arbeitsauftrag 4: Stärkespeicher	10
	Arbeitsauftrag 5: Bläschenzählversuch	11
	Arbeitsauftrag 6: Knallgasreaktion.	12
4.	Handouts	13
	Handout 1 – FOTOGRAFIEREN MIT BLÄTTERN	
	Handout 2 – WARUM ENTSTEHT IM BLATT STÄRKE?	
	Handout 3 – SCHLUSSFOLGERUNGEN DES OSMOSE-VERSUCHS FÜR EINE BLATZELLE	
	Handout 4 – SPEICHERORGANE / STÄRKESPEICHER	
	Handout 5 – BLÄSCHENZÄHLVERSUCH	
	Handout 6 – KNALLGASREAKTION	

1. Inhalt und Ziele des Moduls

Inhalt:

Die autotrophe Ernährung der grünen Pflanzen anhand von Experimenten und Reflexion zu Photosynthese, Stärkeproduktion und -speicherung, Osmose, Sauerstoffproduktion.

Zielformulierung:

Die Fähigkeit von Pflanzen, energiereiche Nährstoffe selbst zu erzeugen, verstehen. Pflanzen als wichtigste Erzeuger des atmosphärischen Sauerstoffs begreifen. Den Zusammenhang zwischen Licht – Energie – Photosynthese erfassen.

Zum Umgang mit den Unterlagen – Forscher_innen - Tagebuch:

Das **Arbeitsmaterial** ist in Bereiche gegliedert, die aufeinander aufbauen; die Arbeitsaufträge 1 bis 4 bzw. 5+6 gehören inhaltlich zusammen. Die Handouts 2+3 und 5+6 nehmen textlich aufeinander Bezug.

Die übrigen Handouts können durchaus auch für sich stehend verwendet werden, sofern die Zielgruppe die nötigen Vorkenntnisse bereits mitbringt. Die Auswahl aus dem Angebot des Moduls sollte also nach den Vorkenntnissen der Zielgruppe und der zur Verfügung stehenden Zeit getroffen werden. Einzelne Versuche (v.a. Versuch 1) sind zeitaufwendig, füllen aber keinen Unterrichtstag, weil die zu demonstrierenden Vorgänge nebenbei ablaufen; **es wird empfohlen, solche Versuche morgens anzusetzen und abends oder in der nächsten Einheit abzuschließen** – dazwischen behandeln Sie am besten verwandte Themen. Sorgfältige Auswahl und Vorausplanung der einzelnen Einheiten sind hier wichtig!

Es ist zielführend, den Lernenden das Führen eines Forscher_innen-Tagebuches nahe zu legen. Wenn sie den Ablauf und /oder die Ergebnisse dessen was sie tun notieren, machen sie sich den Inhalt wirklich zu eigen; Fachsprache wird memoriert und angewandt, die Logik der Versuche durchdacht. Das Tagebuch kann elektronisch oder in ein besonderes Heft geschrieben werden, letzteres hat den Vorteil, dass auch Handskizzen gemacht werden können – was erfahrungsgemäß sehr zum Verständnis und zum Merken der Inhalte beiträgt.

Legen Sie, entsprechend ihrer sprachlichen und fachlichen Vorkenntnisse, mit den Lernenden die Kriterien fest, die das Tagebuch erfüllen soll.

Wichtig und wenig aufwendig sind die Versuche 4 bis 6 ... sie bringen das Allerwichtigste zum Thema den Lernenden nahe.

Die Versuche 1 bis 3 sind aufwendiger und brauchen im Einzelfall Unterstützung durch die Lehrenden ... falls Sie aber ausdrücklich naturwissenschaftlich interessierte Menschen im Kurs haben, oder solche, die einschlägige Berufsvorstellungen (Apotheker etc.) haben, lohnen sie sich sehr.

Überblick über die Inhalte des Moduls Photosynthese:

Fotografieren mit Blättern (Stärkeproduktion vor Ort)

1. Warum entsteht im Blatt Stärke? (Osmose und ihre Folgen)
2. Schlussfolgerungen für die Blattzelle
3. Speicherorgane
4. Bläschenzählversuch (Sauerstoffproduktion)
5. Knallgasreaktion (Sauerstoffnachweis)

Einführung:

Die Erde würde ganz anders aussehen, gäbe es nicht die grünen Pflanzen mit ihrer Fähigkeit, sich selbstständig zu ernähren (Autotrophie). Sie erzeugen den Sauerstoff, den Lebewesen atmen, sie produzieren die Biomasse, die die Lebensgrundlage aller anderen Lebewesen darstellt.

Dieses Modul soll den wesentlichen Vorgang der Photosynthese mit Hilfe verschiedenster Zugänge näherbringen.

2. Notwendige Vorkenntnisse

Grundwissen über pflanzliche Organe und ihre Aufgaben ist hilfreich

3. Deskriptoren

1. Wahrnehmen und zielgerichtet beobachten
3. Kausale Zusammenhänge herstellen
5. Zusammenhänge zwischen Eigenschaft und Struktur, Aufbau und Funktion erkennen

4. Arbeitsaufträge

Arbeitsauftrag 1: Fotografieren mit Blättern

Setting: Plenum (PL)

Methode(n): Experiment und Diskussion über die Schlussfolgerungen

Dauer: ganztägig, weitgehend nebenbei

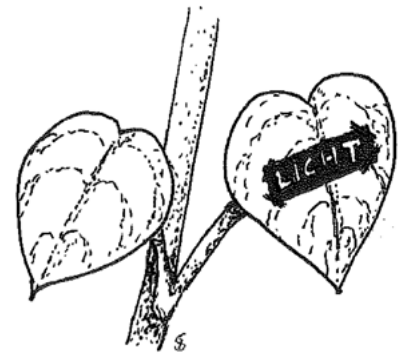
Materialien: Fotonegativ (schwarz-weiß!) oder Schablone, großblättrige Topfpflanze, evtl. helle Lampe, Handout 1

Ablauf: Ein altes Foto-Negativ wird mit Klebstreifen vorsichtig auf ein ausreichend großes Blatt einer Zimmerpflanze geklebt.

Wenn kein Negativbild zur Hand ist, kann es auch eine selbst gebastelte Musterschablone sein.

Das Bild sollte möglichst eng am Blatt anliegen. Dann wird die Pflanze zumindest einen vollen Tag lang in die pralle Sonne gestellt. Die Lichtstärke muss wirklich hoch sein, bei schlechtem Wetter muss ersatzweise eine helle Lampe verwendet werden (nah an die Pflanze heranbringen, aber auf die Temperatur am Blatt achten!).

Sollte die Beleuchtungsstärke nicht an Tageslicht herankommen, bitte nur **Schablonen** verwenden, weil sonst die Abbildung nicht fein genug wird.



Das Fotonegativ bzw. die Schablone werden dann vorsichtig vom Blatt abgelöst, das Blatt gepflückt.

Die übrigen Schritte werden aus Sicherheitsgründen nur von den Lehrenden durchgeführt: Das Blatt wird sofort in kochendem Alkohol abgetötet (um alle Transportvorgänge zu unterbinden und das Blattgrün (Chlorophyll) heraus zu lösen); **Kochplatte verwenden, keine offene Flamme!**

Am Ende sollte das Blatt weißlich sein.

(Wem kochender Alkohol zu riskant erscheint, der nimmt kochendes Wasser zum Abtöten und danach Alkohol mit Zimmertemperatur; die Entfärbung funktioniert dann nicht 100%-ig, aber ausreichend, um ein Ergebnis zu sehen. Unter Umständen muss dann aber mehrere Tage gespült werden, bis das Blattgrün ausreichend entfernt ist: In diesem Fall Gefäß mit dichtem Deckel verwenden).

Eine flache Schale (Petrischale) wird mit JJK-Lösung gefüllt (Jod-Jod-Kalium: Lugol'sche Lösung – Laborfachhandel oder gut sortierte Apotheke) und das Blatt kurz darin eingelegt; wenn nicht zur Hand ersatzweise Jodtinktur aus der Apotheke.¹

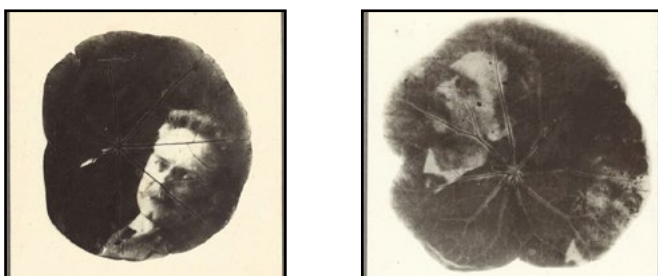
1 Graphiken:
Hannah Schubert, Gabriela Schubert

Stärkemoleküle haben eine spiralförmige Struktur, in die das Jod aus der Lösung eingelagert werden kann; dadurch verändert sich die Lichtbrechung des Moleküls und es erscheint dunkelblau. Stärke lässt sich also mit Jodlösung gut nachweisen.

Es zeigt sich, dass in dem Blatt überall dort Stärke gebildet wurde, wo zuvor das Sonnenlicht auftreffen konnte (wo also das Negativ/die Schablone hell und lichtdurchlässig war).

Die Menge der gebildeten Stärke entspricht der Intensität und Dauer der Einstrahlung; deshalb lassen sich bei guten experimentellen Bedingungen buchstäblich „Fotos“ auf Blättern herstellen.

Zur Demonstration zwei Beispiele, die wiederum ihrerseits auf Fotopapier abgelichtet wurden: 2 Selbstporträts des Pflanzenphysiologen Hans Molisch auf Kapuzinerkresse.



Aus: Hans Molisch, Photographien im Laubblatt, Fotografie auf Silbergelatinepapier 1914²

Nun hatte Molisch ein gut ausgestattetes Labor zur Verfügung und war Fachmann in Fragen der Photosynthese; ein so schönes Ergebnis ist beim ersten Versuch also nicht zu erwarten, leider ist im Gegenteil der Versuch ein wenig „tricky“. Häufig scheidet ein wirklich beeindruckendes Ergebnis an den Beleuchtungsmöglichkeiten. Das ist aber nicht so schlimm, denn im Zuge des Prozesses lässt sich eine Menge über grüne Blätter, Photosynthese, Chlorophyll und Stärke lernen.

Danach können obige Fotos durchaus dazu verwendet werden zu zeigen, wie das Bild aussehen kann, und können zur Grundlage eines nachfolgenden Diskussions- und Denkprozesses gemacht werden.

Dieser Prozess braucht sehr wahrscheinlich ein wenig Anleitung und Führung. Die Lernenden sollen (wenn nötig durch gezielte Fragen) dazu gebracht werden zu erkennen, dass die Menge der gebildeten Stärke an einer bestimmten Stelle im Blatt davon abhängt, wie viel oder wie wenig Licht auf diese Stelle auftreffen konnte. In anderen Worten, es gibt einen direkten Zusammenhang zwischen Lichtintensität und gebildeter Stärkemenge bzw. Licht- und Photosynthese-Intensität – sonst gäbe es keine scharfen Bilder!

2 Hans Molisch, Photographien im Laubblatt, Fotografie auf Silbergelatinepapier 1914
 Inventarnummern
 FotoGLV2000/11711 und FotoGLV2000/11713
 Dauerleihgabe der Höheren Graphischen Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt, Wien
[http://sammlungenonline.albertina.at/?query=Inventarnummer=\[FotoGLV2000/11711\]&showtype=record](http://sammlungenonline.albertina.at/?query=Inventarnummer=[FotoGLV2000/11711]&showtype=record)
[http://sammlungenonline.albertina.at/?query=Inventarnummer=\[FotoGLV2000/11713\]&showtype=record](http://sammlungenonline.albertina.at/?query=Inventarnummer=[FotoGLV2000/11713]&showtype=record)
 5. Juli 2016, 15.30

Arbeitsauftrag 2: Warum entsteht im Blatt Stärke?

Setting: Kleingruppen (KG) oder Einzelarbeit (EA)

Methode(n): Experiment

Dauer: ca. 20 min + einige Stunden Wartezeit

Materialien: zwei unterschiedlich große Gläser, Zellophan, starke Gummiringe, Zucker, Leitungswasser, Handout 2

So wie aus einem Haufen Legosteine nicht von selbst ein Haus entsteht, entstehen auch komplizierte Moleküle nicht von selbst. Es muss Energie hineingesteckt werden.

Die Pflanze findet in der Natur einfach gebaute Moleküle schon vor: Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Luft und Wasser (H₂O) im Boden. Das CO₂ wird durch die Spaltöffnungen aus der Luft in die Blätter aufgenommen, die Wurzeln saugen das H₂O aus dem Boden, danach wird es ebenfalls in die Blätter transportiert. Aus diesen einfachen Molekülen kann die Pflanze nun Zuckermoleküle bauen, von denen sie sich ernährt. Die Energie, die sie dafür braucht, gewinnt sie aus dem Sonnenlicht. Der grüne Blattfarbstoff, das Chlorophyll, kann Sonnenlicht sozusagen „einfangen“ und seine Energie für die chemischen Aufbauvorgänge zur Verfügung stellen. Diesen Vorgang nennt man PHOTOSYNTHESE:

Aus CO₂ und Wasser wird mittels Lichtenergie Traubenzucker (=Glucose); Sauerstoff entsteht als „Abfallprodukt“ und wird in die Luft abgegeben.

Chemiker_innen schreiben diese Vorgänge so auf: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
(6 Moleküle Kohlenstoffdioxid plus 6 Moleküle Wasser ergeben mit Hilfe von Lichtenergie 1 Molekül Traubenzucker plus 6 Moleküle Sauerstoff).

Nun bildet die Pflanze aber eben **Traubenzucker und nicht Stärke!**

Wo also kommt die Stärke her?

Stärke entsteht, wenn lauter einzelne Traubenzucker-Moleküle aneinandergelagert und miteinander verbunden werden. Dadurch entsteht ein spiralförmiges Riesen-Molekül, die Stärke.

Bleibt noch die Frage: Wozu macht die Pflanze das?

Versuch: eine Zelle, die Zucker anreichert - Osmose-Modell**Durchführung:**

Ein großes (Becher-)Glas wird bis zum Rand mit Wasser gefüllt.

Ein zweites, kleines (Becher-)Glas wird mit Himbeersirup oder gefärbtem konzentriertem Zuckerwasser befüllt und dann mit einer **Zellophanhaut** verschlossen (Gummiring). Es sollen keine Luftblasen eingeschlossen werden!

Das kleine Glas vorsichtig in dem großen versenken und alle 30 Minuten beobachten.

Im Laufe der Zeit wird sich die Zellophanhaut auf dem kleinen Glas beginnen aufzuwölben; lässt man das Glas den ganzen Tag stehen, kann man beobachten, wie die Haut immer mehr gedehnt wird; offenbar tritt Wasser aus der Umgebung durch das Zellophan in das kleine Glas über.

Erklärung:

Durch die thermische Bewegung der Moleküle (auch „Brown'sche Molekularbewegung“: Atome und Moleküle sind bei allen „normalen“ Temperaturen, auch Minusgraden, in einer dauernden Bewegung) gleichen sich Unterschiede in Temperatur, Dichte, Konzentration etc. zwischen Stoffen grundsätzlich irgendwann aus. In Gasen und Flüssigkeiten spricht man von **Diffusion**.

In biologischen Systemen, deren kleinste Einheit eine von einer Membran umgebene Zelle ist, ist die freie Diffusion durch diese Membranen eingeschränkt; das ist auch sinnvoll, denn dadurch wird kontrollierbar, was in die Zelle hinein darf und was nicht.

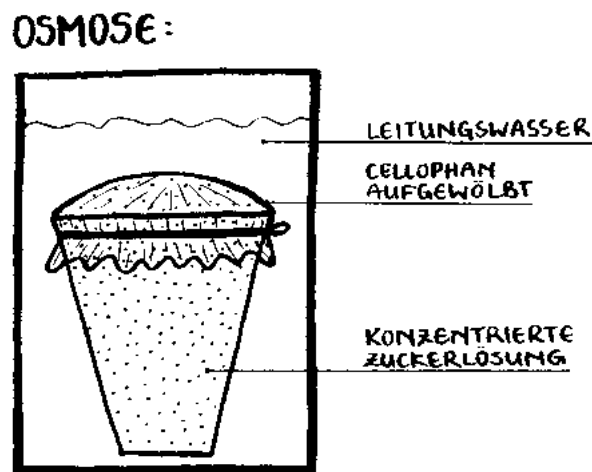
Biomembranen lassen nur Wasser durch und ganz kleine gelöste Moleküle; große Moleküle oder Fette können nicht durch, für sie gibt es eigene Transportvorrichtungen.

Solch eine Membran nennt man in der Physik „halbdurchlässig“ oder „semi-permeabel“.

Der beschriebene Vorgang heißt **Osmose**.

In unserem Experiment übernimmt die Zellophan-Folie die Rolle einer Zellmembran.

Wie die Beobachtung zeigt, kann das Wasser durchdringen, die Zucker- und die Farbstoffmoleküle aber nicht. Das Wasser dringt in die konzentrierte Lösung ein, um die Konzentrationen auszugleichen: So wird diejenige „Zelle“, welche die Zuckerlösung enthält, immer größer; wenn die Membran überdehnt wird, kann sie platzen.¹



1 Graphiken: Hannah Schubert, Gabriela Schubert

Arbeitsauftrag 3: Schlussfolgerungen für eine Blatzelle

Setting: KG und PL

Methode(n): Experiment und Diskussion

Dauer: ca. 30 min

Materialien: Gläser, Wasser, Zucker, Mais- oder Kartoffelstärke, Löffel zum Umrühren, Handout 3

Ablauf: Wenn die Lernenden das Prinzip Osmose verstanden haben, werden sie ermutigt, das Modell von Aufgabe zwei mit einer lebenden Zelle in Verbindung zu bringen. Sie diskutieren in kleinen Gruppen: Wenn ein grünes Blatt in der Sonne Photosynthese betreibt – was verändert sich im Blatt?

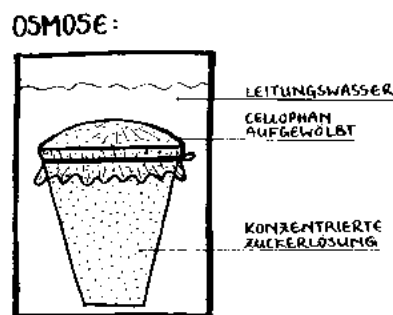
Die Lernenden geben in ca. 50 ml Wasser je einen gehäuften Teelöffel Zucker oder Stärke. Umrühren – was beobachten sie? Der Zucker wird sich lösen, die Stärke sich nur mehr oder weniger fein verteilen. Die Lernenden sollen ihre Beobachtung durchdenken und mit dem Osmose-Versuch in Beziehung setzen.

Achtung: Vermutlich brauchen sie dabei ein wenig Richtungsweisung; bitte behutsam dazu hinführen, wahrzunehmen, dass die Stärke einfach ein Pulver ist, das sich wieder absetzt. Das Wasser wird dadurch nicht verändert. Der Zucker löst sich aber auf und verändert das Wasser, es enthält nun eine größere Konzentration an Inhaltsstoffen ... gleichzusetzen mit dem Himbeersirup von Auftrag 2. Was würde mit einer Zelle geschehen, in die man Himbeersirup füllt, wenn man das könnte? Sie platzt!

Am Schluss werden die erarbeiteten Schlussfolgerungen gesammelt (evtl. Flipchart), gesichtet und zusammengefasst. Es wird erarbeitet, dass Stärke sich zum Speichern des produzierten Traubenzuckers eignet, weil dieses lange Molekül nicht mehr wasserlöslich ist. In einem ersten Schritt wird die Stärke gleich im Blatt abgelagert (s. Versuch 1); was man nicht sehen kann: In der Nacht wird sie dann wieder „zerkleinert“ und in gelöster Form in Speicherorgane abtransportiert – und dort **wieder als Stärke** gelagert.

Detail für Lehrende und besonders Interessierte:

Damit die Pflanze die Stärke dafür nicht **vollständig** abbauen muss, werden einfach die Zuckermoleküle als „2-er Pakete“ auf die Reise geschickt; diese Doppelzucker-Moleküle sind auch wasserlöslich, aber es wird Energie gespart. Diese Transportform aus zwei zusammenhängenden Traubenzucker-Molekülen kennen wir als den Zucker, den wir normaler Weise naschen: **Rohr- oder Rübenzucker** (=Saccharose)²



Arbeitsauftrag 4: Stärkespeicher

Setting: EA

Methode(n): einfaches Experiment

Dauer: 5 min

Materialien: Kartoffeln, Messer, Jodlösung (Apotheke), Tropfpipetten, Handout 4

Dieser Versuch kann auch als Kurzweg zum Thema „Speicherung“ gewählt werden. Das hängt von der chemischen Vorbildung der Lernenden ab – Versuch 3 dann auslassen.

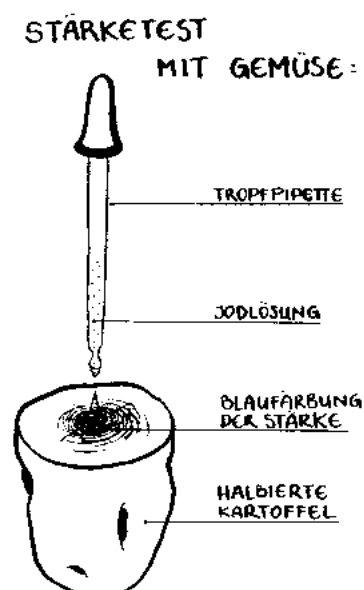
Es genügt die Erklärung, dass die erzeugten Zuckermoleküle zu langen Stärkemolekülen zusammengehängt werden, die sich gut speichern lassen.

Wie oben gesagt, wird Rübenzucker in der Nacht aus Blättern in Speicherorgane transportiert; sobald der Transport abgeschlossen ist, muss der wasserlösliche Zucker selbstverständlich wieder in eine unlösliche Form umgewandelt werden, damit er auf Dauer „gelagert“ werden kann. Speicherorgane sind meistens die Wurzeln, oft sind sie verdickt und können viele Nährstoffe aufnehmen, oder es gibt sogar spezielle Speicherknollen (wie bei der Kartoffel).

Auch viele Samen sind mit Stärke geradezu „vollgestopft“, weil sie zum Austreiben viel Energie benötigen (erst wenn die kleine Keimpflanze das Licht erreicht hat, kann sie beginnen, Photosynthese zu betreiben, davor ist ihr Wachstum von Reserven abhängig).

Die Stärke in diesen Speicherorganen lässt sich wieder mit Hilfe von Jodlösung nachweisen:

Ablauf: Eine Kartoffel wird durchgeschnitten und mit Hilfe einer Tropfpipette etwas Jodlösung aufgetropft. Überall, wo sich die Lösung ausbreitet, färbt sich die Kartoffel schwärzlich-blau.¹



1 Graphiken: Hannah Schubert, Gabriela Schubert

Arbeitsauftrag 5: Bläschenzählversuch

Setting: 2-er Gruppen

Methode(n): Experiment

Dauer: 30 min

Materialien: Größere Gurkengläser oder Vasen, Elodea (Aquarienbedarf), abgestandenes Wasser in einem Kübel, Büroklammern, Stoppuhr, Handout 5

Ablauf: Das Glas wird langsam und sehr vorsichtig im Kübel durch Untertauchen mit Wasser gefüllt – es sollten möglichst wenige Wirbel entstehen. Die Wasserpflanze unten mit Büroklammern beschweren und vorsichtig ins Glas absenken. Sie muss ganz bedeckt sein.

Danach einige Minuten im Schatten stehen lassen, damit vorhandene Bläschen entweichen können, evtl. leicht rütteln.

Nun wird das Glas vorsichtig unter einer hellen Lampe platziert und beobachtet.

Langsam beginnt die Pflanze, Bläschen abzugeben.

Die Lernenden können versuchen, mitzuzählen – nach einiger Zeit müssen sie aufgeben, weil der Vorgang immer schneller wird.

Schlussfolgerung: Offenbar bildet die Pflanze ein Gas; das Entstehen des Gases hat etwas mit der Belichtung zu tun.

Arbeitsauftrag 6: Knallgasreaktion

Setting: 2-er Gruppen

Methode(n): Experiment

Dauer: 30 min

Materialien: mit Wasser und Elodea gefüllte Gläser von Versuch 5, Trichter mit langem Abflussrohr, Eprovette, Feuerzeug, Holzspan (kein Zündholz!), Handout 6

Ablauf: Die mit Wasser und Pflanzen gefüllten Gläser bleiben im Licht stehen; sie werden mit einem umgedrehten Trichter abgedeckt, so dass das Ausflussrohr nach oben schaut; über diesen Trichter-Abfluss eine Eprovette (Proberöhrchen) stülpen und etwa eine halbe Stunde warten.

Das von der Pflanze gebildete Gas sammelt sich oben im Glas an und entweicht dann durch den Trichter; da es leichter als Luft ist, sammelt es sich im Proberöhrchen.

Nach ca. 30 min. den Holzspan anzünden, etwas brennen lassen und dann ausblasen; er darf nicht mehr brennen, nur glühen bzw. rauchen!

Nun rasch die Eprovette abnehmen, schräg nach oben halten und den glimmenden Span hinein schieben - er wird mit einem kleinen Knall plötzlich wieder aufflammen, dann erlöschen; an der Wand des Röhrchens schlägt sich Wasserdampf nieder.

Erklärung:

Eine Flamme braucht Sauerstoff. Dass der rauchende Span wieder aufleuchtet, ist ein Beweis, dass das Gas im Probenröhrchen Sauerstoff war. Durch die Hitze der Flamme reagiert dieser Sauerstoff mit einem Gas in der Luft, dem Wasserstoff, unter einer kleinen „Explosion“ zu Wasser („Knallgasreaktion“), welches die Innenwand der Eprovette beschlägt.

PS: Im Internet finden sich unter dem Stichwort „Knallgasreaktion“ viele beeindruckende Videos, die die Heftigkeit der Reaktion zeigen.



4. Handouts

(+) Versuch technisch oder in der Interpretation anspruchsvoll

Handout 1 – FOTOGRAFIEREN MIT BLÄTTERN

Handout 2 – WARUM ENTSTEHT IM BLATT STÄRKE?

Handout 3 – SCHLUSSFOLGERUNGEN DES OSMOSE-VERSUCHS FÜR EINE BLATTZELLE

Handout 4 – SPEICHERORGANE / STÄRKESPEICHER

Handout 5 – BLÄSCHENZÄHLVERSUCH

Handout 6 – KNALLGASREAKTION



Handout 1 – FOTOGRAFIEREN MIT BLÄTTERN (+)

Material:

Fotonegativ (schwarz-weiß!) oder Schablone, großblättrige Topfpflanze, bei fehlender Besonnung starke Beleuchtungseinrichtung, Klebstreifen

Durchführung:

Ein altes Fotonegativ (schwarz-weiß) wird mit Klebstreifen vorsichtig auf ein ausreichend großes Blatt einer Zimmerpflanze geklebt.

Wenn kein Negativbild zur Hand ist, kann es auch eine selbst gebastelte Musterschablone sein.

Das Bild sollte möglichst eng am Blatt anliegen. Dann wird die Pflanze zumindest einen vollen Tag lang in die Sonne gestellt. Die Lichtstärke muss wirklich hoch sein, bei schlechtem Wetter muss man ersatzweise eine helle Lampe verwenden (nah an die Pflanze gehen, aber das Blatt nicht überhitzen).

Das Foto-Negativ wird am Ende vorsichtig vom Blatt abgelöst, das Blatt gepflückt.

Demonstration:

- In kochendem Alkohol wird das Blatt abgetötet (-> keine Transportvorgänge mehr) und das Blattgrün (Chlorophyll) herausgelöst. Nun ist das Blatt weißlich.
- Eine flache Schale (Petrischale) wird mit Jodlösung gefüllt und das Blatt kurz darin eingelegt.
- Stärkemoleküle haben eine spiralige Struktur, in die das Jod aus der Lösung eingelagert werden kann; dadurch wird die Stärke blau gefärbt, weil die Moleküle nun eine andere Lichtbrechung haben.
- **Was genau zeigt sich jetzt auf dem Blatt?**

Wovon muss die Stärkeproduktion im Blatt abhängen, wenn das Ergebnis so aussieht?



HANDOUT 2:

WARUM ENTSTEHT IM BLATT STÄRKE? (+)

Material: zwei unterschiedlich große Gläser, Zellophan, starke Gummiringe, Zucker oder Sirup, Leitungswasser

Aus einfachen Molekülen aus Luft und Boden kann die Pflanze Zuckermoleküle bauen, von denen sie sich ernährt. Die Energie, die sie dafür braucht, gewinnt sie aus dem Sonnenlicht. Der grüne Blattfarbstoff, das Chlorophyll, kann Sonnenlicht sozusagen „einfangen“ und mit dieser Energie große Moleküle bauen. Aus Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) wird also mittels Lichtenergie Traubenzucker; Sauerstoff entsteht als „Abfallprodukt“ und wird in die Luft abgegeben.

Chemiker_innen schreiben diese Vorgänge so: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
(6 Moleküle Kohlenstoffdioxid plus 6 Moleküle Wasser ergeben mit Hilfe von Lichtenergie 1 Molekül **Traubenzucker** plus 6 Moleküle Sauerstoff).

In den Blättern lässt sich aber doch **Stärke** nachweisen, nicht Zucker. Der gebildete Traubenzucker wird offenbar sofort in Stärke umgewandelt. **Warum, zeigt dieser Versuch.**

Durchführung:

Ein großes Glas wird bis zum Rand mit Wasser gefüllt.

Ein zweites, kleines Glas wird mit Himbeersirup oder gefärbtem (Tinte) konzentriertem Zuckerwasser befüllt, und dann mit einer **Zellophanhaut** verschlossen (Gummiring). Es sollen **keine Luftblasen** eingeschlossen werden!

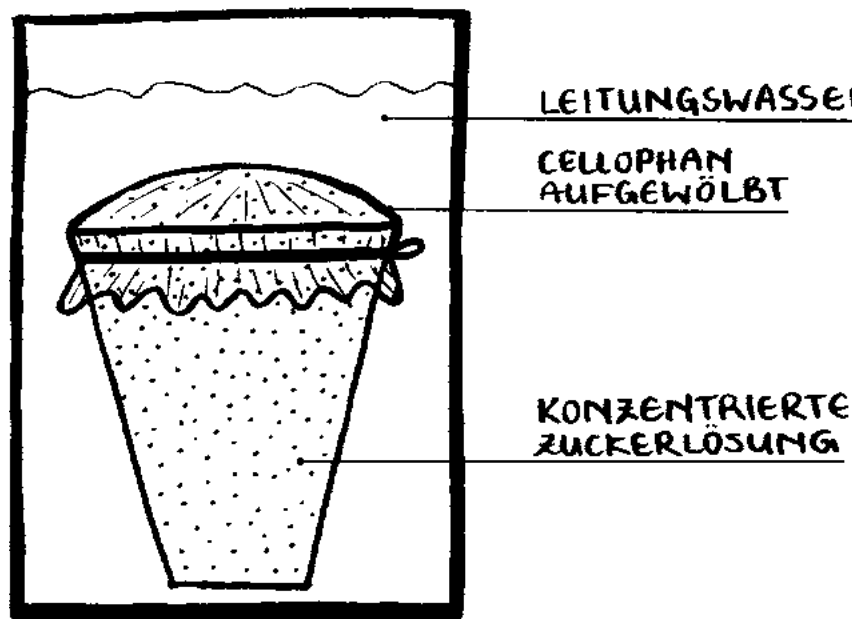
Das kleine Glas vorsichtig in dem großen versenken und alle 30 Minuten beobachten.

Welche Veränderung fällt Ihnen nach ein, zwei Stunden auf? Haben Sie eine Idee, welche Ursache die Veränderung haben könnte?

Machen Sie eine Skizze des Ergebnisses ins Tagebuch und notieren Sie die Begründung!



OSMOSE:



Erläuterung:

Unterschiede wollen sich in der Natur immer ausgleichen – dies könnte geschehen, indem Wasser ins innere Glas strömt und das Zuckerwasser verdünnt - oder aber, indem Zucker nach außen dringt.

Offenbar kann nur Wasser nach innen strömen. Das liegt daran, dass die Membran über dem inneren Glas für große Moleküle nicht durchlässig ist, sondern nur für Wasser und ganz kleine Teilchen. Solch eine Membran heißt „**halbdurchlässig**“.

Auch lebende Zellen von Pflanzen und Tieren haben halbdurchlässige Membranen!
Den Ausgleich verschiedener Konzentrationen von Flüssigkeiten durch solch eine halbdurchlässige Membran hindurch nennt man Osmose oder osmotische Wirkung.



Handout 3 – SCHLUSSFOLGERUNGEN DES OSMOSE-VERSUCHS FÜR EINE BLATTZELLE (+)

Material: Gläser, Wasser, Zucker, Mais- oder Kartoffelstärke, Löffel zum Umrühren

Durchführung:

Füllen Sie die Gläser etwa zur Hälfte mit Wasser und geben Sie einen gehäuften Kaffeelöffel von entweder Zucker oder Stärke dazu;
rühren Sie kräftig um und vergleichen Sie die Inhalte der Gläser:

- Was geschieht mit dem Zucker? Was geschieht mit der Stärke?
- Welchen Unterschied beobachten Sie?
- Wie kann es zu diesem Unterschied kommen? Sammeln Sie Ideen!
- Wie hängt das Beobachtete mit dem Osmose-Versuch (Handout 2) zusammen?
- Was heißt all das für ein lebendes Blatt bzw. die Zellen des Blattes?

Vergessen Sie nicht, am Ende die gewonnenen Erkenntnisse in Ihr Forscher_innen-Tagebuch zu notieren!

Tipp: Die Stärke sammelt sich nach einiger Zeit wieder am Boden des Glases, im Gegensatz zum eingerührten Zucker. Was kann das in Bezug auf Handout 2 für eine Bedeutung haben?



Handout 4 – SPEICHERORGANE / STÄRKESPEICHER

Material: Kartoffeln, Messer, Jodlösung, Tropfpipetten, Forscher_innen-Tagebuch

Dauer: wenige Minuten

Erläuterung:

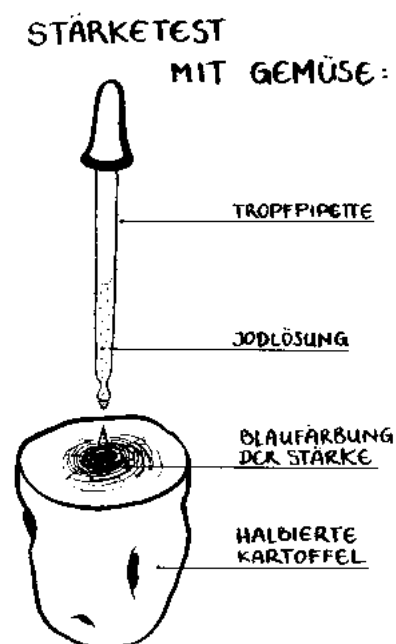
Die feinen Wurzeln von Kartoffelpflanzen bilden Knollen aus, in denen die Pflanze die Nährstoffe speichern kann, die sie bei der Photosynthese erzeugt; die gespeicherten Stoffe dienen z.B. in langen Regenperioden als Reserve, um zu wachsen, vor allem aber wachsen aus diesen Knollen nach dem Winter neue Kartoffelpflanzen.

Da Pflanzen ja die Energie des Sonnenlichts für ihre Ernährung benötigen (siehe Handout 1), das erste Wachsen der Triebe aber im Dunkeln unter der Erde erfolgen muss, braucht es zum Austreiben Nährstoff-Reserven.

Der Versuch zeigt, welcher Art diese Reserven sind:

Durchführung:

Eine Kartoffel wird durchgeschnitten und mit Hilfe einer Tropfpipette etwas Jodlösung aufgetropft. Notieren Sie Ihre Beobachtungen! Machen Sie ein Foto oder eine Skizze für das Tagebuch.



Erläuterung für den Farbwechsel:

Stärkemoleküle haben die Form einer Spirale. Die Jod-Teilchen schlüpfen in diese Spirale; dadurch werfen die Stärkemoleküle nicht mehr das ganze Sonnenlicht zurück wie vorher (solche Gegenstände erscheinen uns weiß), sondern nur mehr einen (blauen) Teil davon, der Rest wird „verschluckt“ (absorbiert).

Wenn ein Gewebe oder Gegenstand sich also mit Jod blau färbt, enthält er Stärke.



Handout 5 – BLÄSCHENZÄHLVERSUCH

Material:

hohe Gläser (große Gurkengläser oder gerade Vasen), Elodea (Wasserpflanze), ein Kübel voll abgestandenem Wasser, große Pinzette, Büroklammern
Dauer: mit Vorbereitung 30 min

Durchführung:

Das Glas wird langsam und sehr vorsichtig im Kübel durch Untertauchen mit Wasser gefüllt – es sollten möglichst wenige Wirbel und Bläschen entstehen.

Die Wasserpflanze unten mit Büroklammern beschweren und vorsichtig ins Glas versenken. Sie muss ganz bedeckt sein! (Kann man auch mit der Pinzette machen, wenn diese lang genug ist). Danach einige Minuten im Schatten stehen lassen, damit vorhandene Bläschen entweichen können, eventuell leicht rütteln.

Nun wird das Glas vorsichtig unter einer hellen Lampe platziert und beobachtet. Langsam beginnt die Pflanze, Bläschen abzugeben.

Versuchen Sie doch, mitzuzählen – können Sie mithalten?
Mit der Zeit entstehen so schnell viele Bläschen, dass man sie kaum mehr zählen kann.

- Was ist in den Bläschen?
- Was löst die Bildung der Bläschen aus?
- Wovon könnte die Anzahl der gebildeten Bläschen abhängen?

Versuchen Sie gemeinsam, diese Fragen zu beantworten und tragen Sie die gefundenen Antworten in Ihr Forscher_innen-Tagebuch ein, zusammen mit einer kurzen Beschreibung des Experiments.



Handout 6 – KNALLGASREAKTION

HINWEIS: SCHUTZBRILLE verwenden!

Material: Mit Wasser und Elodea gefüllte Gläser von Versuch 5, Trichter mit langem Abflussrohr, Eprovette, Feuerzeug, Holzspan (**kein** Zündholz!)

Dauer: insgesamt etwa 30 Minuten, wobei das Gas schon gesammelt werden kann, während Versuch 5 beobachtet wird.

Durchführung:

Die mit Wasser und Pflanzen gefüllten Gläser bleiben im Licht stehen; sie werden mit einem umgedrehten Trichter abgedeckt, so dass das Ausflussrohr nach oben schaut; über diesen Trichter-Abfluss eine Eprovette (Proberöhrchen) stülpen und etwa eine halbe Stunde warten (wenn sich viele Bläschen bilden genügen 15 bis 20 min).

Das von der Pflanze gebildete Gas sammelt sich im Laufe der Zeit oben im Glas an und entweicht dann durch den Trichter; es ist also leichter als Luft, folglich sammelt es sich im umgedrehten Proberöhrchen.

Nach ca. 30 Minuten den Holzspan anzünden, etwas brennen lassen und dann ausblasen; er darf **nicht mehr brennen**, nur glühen bzw. rauchen!

Nun rasch die Eprovette abnehmen, schräg nach oben halten und den glimmenden Span hinein schieben - er wird, vielleicht mit einem kleinen Knall, plötzlich wieder aufflammen, dann erlöschen; die Wand des Röhrchens wird feucht und beschlagen.

Erklärung:

Eine Flamme braucht **Sauerstoff**. Dass der rauchende Span wieder aufleuchtet, ist ein **Beweis, dass das Gas im Probenröhrchen Sauerstoff war!** Durch die Hitze der Flamme reagiert dieser Sauerstoff mit einem Gas in der Luft, dem Wasserstoff, unter einer kleinen „Explosion“ zu Wasser („Knallgasreaktion“); dieses schlägt sich als feine Tröpfchen an der Wand des Röhrchens nieder.

Hinweis:

Diese Explosion kann sehr heftig ausfallen, wenn die Gasmengen groß sind; suchen Sie Videos im Internet (Stichwort „Knallgasexplosion“) und sehen Sie sich das an, es ist beeindruckend!