

Grundlagen und Versuche zur Fotosynthese

Ein Beitrag von:

**Johanna Keller
Diana Stumpp
Melanie Teufel**

Inhalt:

1. Begründung unserer Arbeit
2. Fotosynthese – ein Thema für die Schule?
3. Sachanalyse des Themas und historische Bezüge
4. Bezug zum geltenden Bildungsplan
5. Didaktisches Feld – ein Brainstorming
6. Beschreibung und Reflexion zu möglichen
Schülerversuchen
7. Hinweise auf weitere Versuche
8. Literaturhinweise

1. Begründung unserer Arbeit

Die Fotosynthese – ein bedeutsames, aber für SuS nicht ganz leicht nachvollziehbares Thema. Jedoch mit Sicherheit ein lohnenswerter Lerngegenstand, der viele Möglichkeiten zum eigenständigen Experimentieren und Entdecken bietet und ungeahnte Verzweigungen zu anderen Themenbereichen der Biologie, aber auch der Physik und Chemie aufweist.

Unsere Arbeit soll als kleine Anregungen für all diejenigen dienen, die sich mit dem Thema Fotosynthese im Unterricht beschäftigen wollen bzw. müssen. Dabei möchten wir in knapper Form sowohl fachdidaktische und fachwissenschaftliche Grundlageninformationen geben als auch mögliche Versuche für die Schule beschreiben.

Nach einer kurzen Erläuterung, aus welchen Gründen die Fotosynthese ein Thema für die Schule ist, soll das Thema auf seinen Sachgehalt hin analysiert werden. Dabei sollen auch interessante historische Bezüge aufgezeigt werden. Im nächsten Schritt soll der Bezug zum derzeit geltenden Bildungsplan aufgezeigt werden. Weil das Thema Fotosynthese ein umfassendes Thema mit zahlreichen Querverzweigungen zu anderen Themen darstellt, soll anschließend in Form eines Mind-Maps ein grober Überblick über das didaktische Feld des Themas gegeben werden.

Ausführlicher sollen dann einige der möglichen Versuche für die Schule rund um das Thema Fotosynthese beschrieben werden. Als Hilfestellung für die praktische Arbeit sollen diese Versuche jedoch nicht nur dargestellt, sondern auch auf mögliche Schwierigkeiten und praktische Tipps hin reflektiert werden.

Weil die Darstellung aller möglichen Versuche zu diesem Thema den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, sollen einzelne weitere, ebenfalls mögliche Versuche im Anschluss nur kurz benannt werden.

Abschließend soll ein knappes Literaturverzeichnis als Hilfestellung für die eigenständige Beschäftigung mit dem Thema „Fotosynthese“ dienen.

2. Fotosynthese – ein Thema für die Schule?

Fotosynthese ist wohl für die meisten SuS ein sehr abstrakter Begriff. Schließlich ist Fotosynthese kein Gegenstand, der sicht- und greifbar ist, sondern lediglich ein Prozess, der sich aus vielen Faktoren zusammensetzt und dessen Produkt nicht unbedingt einsehbar ist. Dennoch können sich für die SuS bei der Beobachtung der Natur ganz automatisch Fragen stellen, die mit der Fotosynthese in Zusammenhang stehen.

Beispielsweise:

Sind Pflanzen Lebewesen in Bezug auf das Kriterium des eigenen Stoffwechsels?

Woher kommt der süße Geschmack in der Beere bzw. der Zucker in der Pflanze?

Warum sind fast alle Pflanzen grün?

Wieso können Pflanzen wachsen?

Wie produzieren die Pflanzen den für uns Menschen lebenswichtigen Sauerstoff? usw.

Mit diesen Fragen sind schon einige der Themengebiete angesprochen, für welche die Fotosynthese eine tragende Rolle spielt.

Als erstes kann dabei die Rolle der Pflanze im Ökosystem und dabei natürlich auch die Bedeutung der Pflanze für den Menschen als Energie- und Sauerstofflieferant genannt werden. Wird bei den SuS ein Bewusstsein für die lebenswichtigen Aufgaben der Pflanzen geschaffen, kann dies eventuell dazu führen, dass SuS einen verantwortungsvolleren Umgang mit unserer Umwelt zeigen.

Die Süße vieler Beeren als pflanzliche Produkte kann für den Unterricht als problemorientierter Einstieg dienen, den die SuS nachfolgend experimentell untersuchen. Überhaupt bietet das Thema Fotosynthese zahlreiche Möglichkeiten für SuS selbst experimentierend aktiv zu werden und damit fachspezifische Kompetenzen zu trainieren. Dabei kann auch die Beschäftigung mit historischen Versuchen zur Fotosynthese für die SuS Anreiz zur Nachahmung und zur Durchführung eigener Versuche dienen.

Im Rahmen einer Beschäftigung mit dem Thema Fotosynthese können außerdem weitere typische naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden wie z.B. das Mikroskopieren, das Beobachten, das Messen und Protokollieren geübt werden.

Die relativ einfache und verständliche Summenformel der Fotosynthese bietet Möglichkeiten zur Vernetzung mit dem Fach Chemie. Physikalische Versuche bieten sich v.a. in Bezug auf die Lichtabsorption durch die Pflanze an. Aber auch ein Vergleich des Fotosynthese-Vorgangs mit den Prozessen, die in einer Solarzelle vor sich gehen wäre als fachübergreifende Fragestellung denkbar.

Überhaupt kann das Thema als Beispiel für Energieumwandlungsprozesse und Stoffwechselfvorgänge exemplarisch genutzt werden.

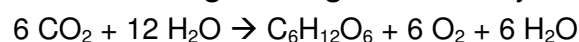
3. Sachanalyse des Themas und historische Bezüge

Definition:

Aufbau organischer Stoffe aus anorganischen Molekülen (CO_2 , H_2O) mithilfe von Lichtenergie. Man unterscheidet unmittelbar lichtabhängige **Primärreaktionen**, bei denen NADPH sowie ATP gebildet werden und **Sekundärreaktionen**, bei denen CO_2 gebunden und zum Kohlenhydrat reduziert wird (Calvin-Benson-Zyklus).

In den Chloroplasten (enthalten Chlorophyll) der grünen Pflanzen findet die Fotosynthese statt. Bei der Fotosynthese baut die Pflanze mithilfe der Lichtenergie aus Kohlenstoffdioxid und Wasser Kohlenhydrate, wie z.B. Stärke, auf und scheidet dabei Sauerstoff aus. Da Stärke aus Glucose aufgebaut ist, gibt man in vereinfachten Reaktionsgleichungen als Fotosyntheseprodukt Glucose an. Der Vorgang der Fotosynthese ist von Licht abhängig, da die Pflanzen nur mit Lichtenergie Biomasse (organische Substanz) produzieren können. Diese Biomasse stellt die Existenzgrundlage der nachfolgenden Konsumenten dar und somit ist die Fotosynthese lebenswichtig für den Menschen.

Brutto-Reaktionsgleichung für die Fotosynthese:



Bei der Fotosynthese wird Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt, daher ist der Vorgang von der Lichtintensität abhängig. Bei konstanter Temperatur nimmt die Fotosyntheseleistung mit wachsender Lichtintensität zu, überschreitet aber auch bei hohen Intensitäten einen bestimmten Höchstwert nicht. Diesen höchst erreichbaren Wert der Fotosynthese nennt man Lichtsättigungspunkt.

Der Einfluss der Temperatur auf die Fotosynthese ist je nach Lichtintensität verschieden. Bei schwachem Licht hat die Temperatur nur einen geringen Einfluss, bei starkem Licht steigt die Syntheserate mit der Temperatur an. Lichtabhängige Reaktionen sind nahezu temperaturunabhängig, wobei bei lichtunabhängigen, chemische Reaktionen die Reaktionsgeschwindigkeit bei einer Temperaturerhöhung steigt.

Bei der Fotosynthese können zwei Reaktionsfolgen unterschieden werden: zum einen die lichtabhängige, jedoch temperaturunabhängigen Reaktionen (Licht- oder Primärreaktionen) und die lichtunabhängige, jedoch temperaturabhängige Reaktionen (Sekundärreaktionen). Die in den Lichtreaktionen gebildeten Stoffe sind für die Sekundärreaktionen notwendig.

Pflanzen bauen in der Fotosynthese Kohlenhydrate wie Zucker, Stärke und Cellulose aus CO_2 auf. Im CO_2 ist der Kohlenstoff vollständig oxidiert. Da einfache Zucker die Formel $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ haben, muss eine Reaktion unter Einbau von Wasserstoff stattfinden. Dieser Wasserstoff wird in gebundener Form durch lichtabhängige Primärreaktion bereitgestellt: Chlorophyllmoleküle nehmen Lichtenergie auf und werden dadurch energiereicher. Die geladenen Chlorophyllmoleküle geben dann über mehrere Reaktionsschritte Elektronen an NADP^+ ab. Die entstandene Substanz NADP^- wird dadurch reduziert und reagiert mit den Wasserstoffionen zu NADPH . NADPH dient als Wasserstofflieferant (Reduktionsmittel) und die Chlorophyllmoleküle erhalten Elektronen aus Wassermolekülen zurück. Durch die Abgabe von Elektronen werden Wassermoleküle unter Freisetzung von Sauerstoff gespalten (Fotolyse des Wassers). Die in den angeregten Chlorophyllmolekülen enthaltene Energie wird außerdem zur ATP-Bildung genutzt (Fotophosphorylierung).

In den Sekundärreaktionen wird das aufgenommene Kohlenstoffdioxid zum Kohlenhydrat reduziert. Außer Wasserstoff aus dem NADPH ist dazu Energie aus dem ATP erforderlich. Durch diesen Vorgang wird Zucker und daraus Stärke aufgebaut. Der Verbrauch an Kohlenstoffdioxid durch assimilierende Pflanzen ist gewaltig. Landpflanzen wandeln jährlich etwa 180 Milliarden Tonnen CO_2 unter einem Energieaufwand von 1018kJ in 120 Milliarden Tonnen Kohlenhydrate um. Dabei entstehen 130 Milliarden Tonnen Sauerstoff.

Die Fotosyntheseleistung der Pflanzen ist von Umweltfaktoren abhängig und wird stets von allen Faktoren beeinflusst.

Einfluss des Lichtes

- Sonnenpflanzen benötigen viel Licht, sterben bei starker Beschattung allmählich ab
- Schattenpflanzen haben einen niedrigen Lichtbedarf, sterben bei längerer Bestrahlung ab
- Bei bestimmter Lichtintensität verbraucht die Pflanze durch Fotosynthese genauso viel Kohlenstoffdioxid, wie sie bei der Atmung bildet; Lichtstärke, bei der diese Bedingung erfüllt ist heißt **Lichtkompensationspunkt** der Fotosynthese (dieser Punkt liegt bei Sonnenpflanzen höher als bei Schattenpflanzen)

- Schattenpflanzen haben bei geringer Lichtintensität eine höhere Nettoproduktion als Sonnenpflanzen

Einfluss der Temperatur

- Sekundärvorgänge der Fotosynthese sind von Temperatur abhängig
- Setzen bei **Mindesttemperatur** ein (bei frostharten Pflanzen bei etwa $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Nehmen bei steigender Temperatur an Geschwindigkeit zu und nach Erreichen eines **Optimums** wieder ab
- Bei einer **maximalen Temperatur** hört die Fotosynthese ganz auf
- Minimum, Maximum und Temperaturoptimum sind von Art zu Art verschieden

Einfluss des Kohlenstoffdioxids

- Fotosyntheseleistung bei hinreichender Lichtintensität durch Erhöhung des CO_2 -Gehaltes der Luft verbessert (oder durch Düngung)

Einfluss des Wassers / Feuchtigkeit

- Spaltöffnungen der Blätter schließen sich bei Trockenheit; dadurch sinkt die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid und somit die Fotosyntheseleistung

Tabelle zu den historischen Bezügen der Fotosynthese

Jahr	Entdecker	Problem / Versuchsaufbau / Erkenntnis	
1771	JOHN PRIESTLEY, Engländer	Beobachtung: Maus und Kerze verbrauchen den gleichen Bestandteil der Luft → Atmung → Problem: Luftbestandteil der Feuer und Leben erhält irgendwann verbraucht?	Vorversuch: Kerze/Maus in abgeschlossenem Luftraum; Kerze erlischt sofort in der verbrauchten Luft der Maus; Versuch: Pflanzenzweig in „verbrauchte“ Luft, nach einigen Tagen brennt eine Kerze darin → Erkenntnis: Pflanze verwandelt die „verbrauchte“ Luft wieder in „gute“ Luft
1779	JAN INGENHOUSZ, Niederländer, Apotheker	Erkenntnis: nur grüne, chlorophyllhaltige Pflanzenteile für Umwandlung zuständig; Licht wird zur Umwandlung benötigt	
Etwa 1779/ 1780	LAVOISIER, Franzose, Chemiker	Nachweis: „gute“ Luft = Sauerstoff und „verbrauchte“ Luft = Kohlenstoffdioxid	
1783	JEAN SENEBIER, Schweizer	Bestätigung: grüne Pflanzen nehmen CO_2 auf	
1804	DE SAUSSURE, Schweizer	Beobachtung: Kohlenstoffgehalt von Pflanzen vergrößert sich durch CO_2 -Aufnahme; Beteiligung von Wasser	
1862	JULIUS SACHS, Deutscher, Botaniker	Bildung von Stärke in den Chloroplasten	
1940		Erster Nachweis: Bei Fotosynthese abgegebener Sauerstoff stammt aus dem Wasser	

4. Bezug zum geltenden Bildungsplan

Das Durchführen von Versuchen wird schon im ersten Abschnitt des Bildungsplans gefordert. Die Schüler sollen hier Antworten und Erkenntnisse durch Primärerfahrungen machen.

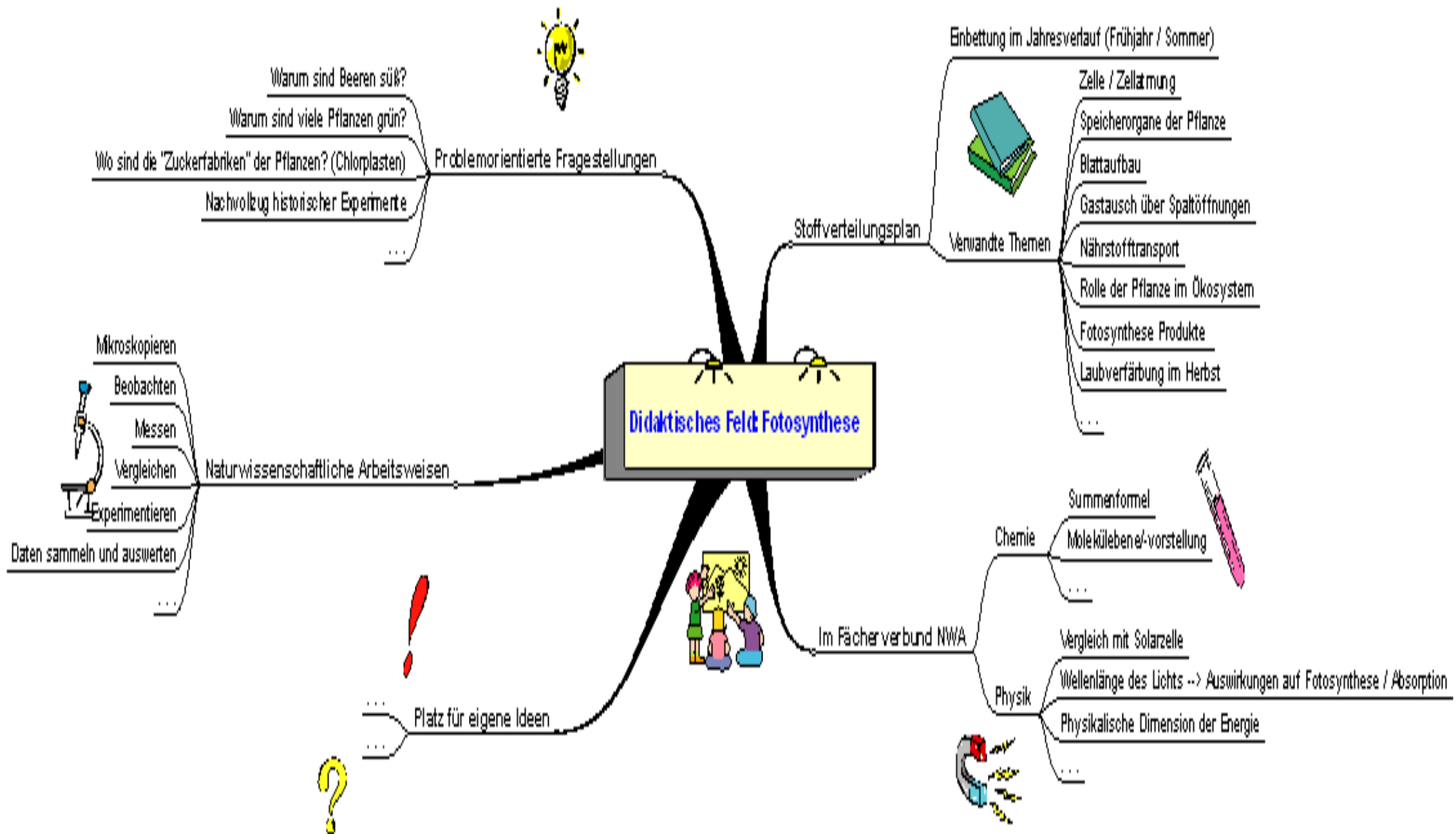
Sie sollen:

- Beobachten- Beschreiben und Fragen
- Planen – Untersuchen – Schlussfolgern
- Reflektieren – Verknüpfen – Anwenden

Das Thema „Fotosynthese“ wird hier zum ersten mal unter dem Unterpunkt „Über die biologische Vielfalt staunen“ erwähnt. Die Schüler sollen den Grundbauplan von Blütenpflanzen verstehen und Leistung der Pflanzenorgane erkennen und darstellen. Sie sollen zudem die Prinzipien des Lebendigen verstehen. Es sollen Zellen mikroskopiert und als Grundbausteine des Lebens erkannt werden.

Stoffwechsel- und Energieumwandlungsprozesse (Fotosynthese) sollen mithilfe chemischer und physikalische Experimente erfasst, beschrieben und mit Summenformel dargestellt werden.

Unter dem Abschnitt „Ökologische verantwortlich handeln“ soll der Stoffaufbau mit Experimenten nachvollzogen und beschrieben werden.



6. Beschreibung und Reflexion zu möglichen Schülerversuchen

Versuch zum problemorientierten Einstieg: „Pflanzen enthalten Zucker“

Beerenessen:

z.B. Heidelbeeren

→ die Beeren schmecken süß, weil sie viel Zucker enthalten

→ da dieser nicht aus dem Boden stammt, muss er in der Heidelbeerpflanze hergestellt werden

→ Wo sind diese „Zuckerfabriken“?

→ Untersuchung der Pflanzenzelle → Chloroplasten mit Chlorophyll

Versuche zum Mikroskopieren

1) Mikroskopieren von Alpenveilchenblättern

Problemstellung:

Wie kommt Sauerstoff in das Blatt? Wie kommt CO₂ aus dem Blattinneren nach außen?

Materialien:

Mikroskop, Korken, Skalpell, Blatt vom Alpenveilchen, Objektträger, Deckgläschen

Versuchsablauf:

In den Korken wird mit dem Skalpell ein Schnitt gemacht. (Alternativ kann auch ein Stück Styropor gut verwendet werden). Das Blatt des Alpenveilchens wird in den Korken geklemmt und abgeschnitten. Nun werden sehr dünne Schnitte des Blattes angefertigt und auf einen Objektträger gelegt. Das Deckgläschen wird vorsichtig darüber gelegt. Der Querschnitt des Blattes wird mikroskopiert und sollt von den Schülern gezeichnet werden.

Beobachtung:

Unter dem Mikroskop sind im Querschnitt die Spaltöffnungen zu erkennen. Durch sie kann Sauerstoff eintreten und Kohlenstoffdioxid hinaustreten. Die Spaltöffnungen sind gut zu erkennen.

Zu Beachten:

Die Schüler sollten auf einen sachgerechten Umgang mit dem Skalpell und dem Mikroskop nochmals hingewiesen werden.

2) Mikroskopieren von Wasserpest

Problemstellung:

Wo findet die Fotosynthese im Blatt statt?

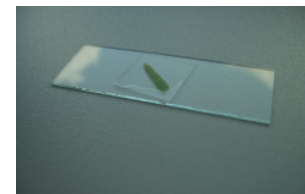
Materialien:

Mikroskop, Pinzette, Deckglas, Objektträger, Becherglas, Pipette

Versuchsablauf:

Man trennt als erstes ein einzelnes Blatt er Wasserpest ab und legt es auf den Objektträger. Mit der Pipette wird dann ein Tropfen Wasser draufgegeben. Das Deckglas muss vorsichtig schräg abgelegt werden. Das Präparat wird mikroskopiert und eine Zeichnung wird angefertigt.

Beobachtung:



Man erkennt unter dem Mikroskop die Zellen der Wasserpest und kann die einzelnen Chloroplasten erkennen. Findet man eine geeignete Stelle kann man auch die Plasmaströmung in den Zellen erkennen.

3) Vergleich von Schatten und Sonnenpflanzen

Problemstellung:

Inwiefern unterscheiden sich Sonnen- und Schattenblätter und warum unterscheiden sie sich?

Materialien:

Sonnen- und Schattenblätter, Millimeterpapier, Mikroskop

Versuchsablauf:

Es wird ein Sonnen- und ein Schattenblatt auf Millimeterpapier gelegt. Die Umrisse der Blätter werden umfahren und die Größe der Flächen durch das Auszählen von 5 mm Quadraten erfassen.

Weiterhin wird jeweils ein Schnitt durch ein Sonnen- und Schattenblatt hergestellt (siehe oben). Die beiden Bilder werden verglichen.

Beobachtung:

Die Sonnenblätter sind viel kleiner als die Schattenblätter.

Zum Beispiel: Sonnenblatt kann 10 cm² und das Schattenblatt 34 cm² groß sein. Die Durchschnittswerte der Klasse können berechnet werden.

Die Unterschiede des Querschnitts:

Das Sonnenblatt ist dicker, hat eine doppelte Palisadenschicht und eine dickere Cuticula.

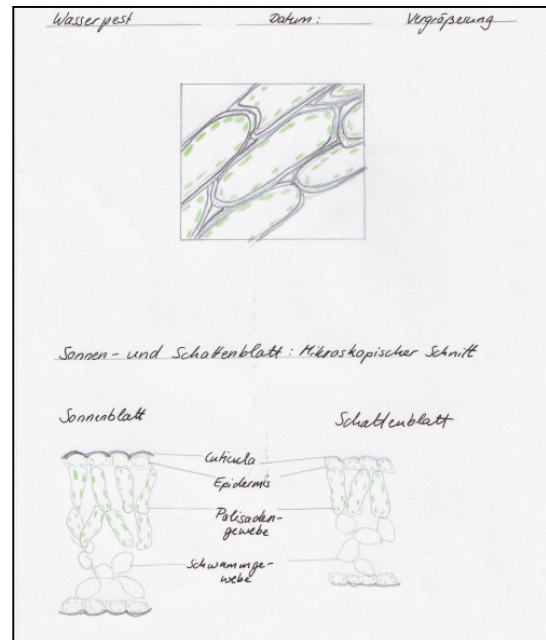
Nachweis der Blattfarbstoffe

Die Extraktion und Trennung der Blattfarbstoffe (Carotinoide, Chlorophyll a und Chlorophyll b, Xanthophylle) zeigt die verschiedenen Bestandteile auf und kann außerdem im Unterricht zur Erklärung der Herbstfärbung von Laubblättern dienen. Zur Darstellung der Gelbfärbung müssen die Farbstoffe isoliert und korrekt getrennt werden. Zum Vergleich werden zwei Verfahren vorgestellt, wobei das zweite Verfahren problemlos mit jüngeren Schülern und Schülerinnen durchgeführt werden kann. Das erste Verfahren ist wegen der giftigen Dämpfe nicht besonders geeignet. Die Ergebnisse der Trennung der Blattfarbstoffe sind bei beiden Verfahren gut erkennbar.

Verfahren 1: korrektes, leicht verändertes Laborverfahren

Material:

- Zur Extraktion:
Blätter (Brennnesselblätter, Feldsalat oder Spinat); Schere / Messer; Reibeschale mit Mörser; Quarzsand (1 Spatel); 10 ml Aceton (90 %); 100 ml Becherglas



- Zur Trennung:
Chromatographiepapier (oder Kieselgel-Streifen → Nachteil: sehr teuer und Vorgang dauert lang); Fön; reines Aceton (im 100ml- Becherglas); Standzylinder aus Glas;
Mischung von Aceton und Petroleumbenzin (Verhältnis 1 : 6); Abdeckung für den Standzylinder (Glasscheibe)

Vorgehensweise:

Zur Extraktion der Farbstoffe werden die Blätter mit einer Schere in eine Reibeschale zerkleinert. Ca. 10 ml Aceton dazugießen und die Blätter mit einem Mörser und Quarzsand solange zerreiben, bis ein dunkelgrünes Extrakt entsteht. Dekantieren (= Umschütten ohne Filter) des Extrakts in ein 100 ml-Becherglas.

Die Trennung der Farbstoffe geschieht durch Chromatographie. Dazu wird ein Stück Chromatographiepapier mit der Schmalseite in die Lösung getaucht, bis sie ca. 1 cm hochgesaugt ist. Das Papier kurz trocknen lassen (mit Fön) und den Vorgang wiederholen (insgesamt 2-3 mal). Anschließend den Streifen in reines Aceton (im 100 ml-Becherglas) tauchen, so dass eine schmale Startlinie entsteht und danach das Papier gut trocknen lassen.

Einen Standzylinder mit einer Mischung von Aceton und Petroleumbenzin im Verhältnis von 1 : 6 befüllen, so dass der Boden ca. 0,5 cm hoch bedeckt ist. Das Papier wird nun so in den Zylinder gestellt, dass es in das Laufmittel eintaucht. Aufgrund der giftigen Dämpfe den Glaszylinder abdecken. Nach 30 – 40 min das Papier aus dem Gefäß nehmen und trocknen lassen.

Verfahren 2: Vereinfachtes Verfahren für die Schule

Material:

- zur Extraktion wie bei Verfahren 1
- Filterpapier; Becherglas von der Extraktion; evtl. Fön



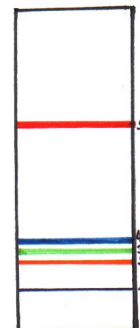
Vorgehensweise:

Herstellen und Dekantieren der Lösung wie bei Verfahren 1. In die Lösung im 100 ml-Becherglas ein Stück Filterpapier so zurecht schneiden, dass es in das Becherglas passt. Beobachten der aufsteigenden Farbbanden, bis sie das obere Drittel erreicht haben. Anschließend den Streifen trocknen.

Ergebnis aus Verfahren 1 und 2 ist jeweils ein Chromatogramm (Aufschluß) der Blattfarbstoffe wie in der Zeichnung abgebildet.

Die Linien stehen für (von unten):

- 1 Startlinie
- 2 Xanthophylle
- 3 Chlorophyll b
- 4 Chlorophyll a
- 5 Carotinoide



Variante:

Anstelle des Chromatographie- oder Filterpapier kann auch weiße Kreide verwendet werden. Diese muss vor Verwendung eine Stunde bei 100 °C getrocknet werden und anschließend Auskühlen. Extraktion der Farbstoffe wie bei den anderen Verfahren; Kreide in

Chlorophyllextrakt stellen und herausnehmen wenn dieser auf 1 cm gestiegen ist und danach in ein Becherglas mit Petrolether stellen.

Zur Erklärung der Laubblattverfärbung könnte sowohl aus verfärbten Blättern als auch aus grünen Blättern (Spinat) jeweils ein Extrakt hergestellt werden. Nach der Trennung werden die Ergebnisse der Blattfarbstoffbestandteile verglichen.

Versuche zum Faktor Licht

Problemstellung: Wie verändert sich die Fotosyntheserate bei Veränderung der Lichtverhältnisse?

Materialien:

Reagenzglas, Wasserpest, abgestandenes Wasser,

Versuchsablauf:

In das Reagenzglas wird ein Spross Wasserpest gegeben (kopfunter). Es wird mit abgestandenem Wasser aufgefüllt. Alle Gruppen sollten dabei das gleiche Wasser verwenden. Nun wird der Spross unterschiedlicher Lichtintensität ausgesetzt.

(Bsp.: Flur, Tür, Mittelgang, Fenster, volles Sonnenlicht) Ist ein Luxmeter vorhanden kann die Lichtintensität noch gemessen werden. Der Spross sollte 3 Minuten stehen bleiben bevor man Bläschen zählen kann.

Die Werte der Gruppen sollten zusammengetragen werden und den Durchschnittswert in ein Laufbild eingetragen werden.

Beobachtung:

- Die Fotosynthese hängt vom Licht ab
- Je mehr Licht, desto höher die Fotosyntheseleistung
- Dies gilt nur bis zu einem artspezifischem Optimum

Zu Beachten:

Die Voraussetzungen für den Versuch sollten immer gleich sein, das heißt gleich lange Pflanzensprosse, gleich gut gewachsen und gleiche Wassertemperaturen.

Die Bläschen sind unterschiedliche groß, da aber ein Mittelwert jeweils gebildet wird spielt das keine Rolle mehr.



Schablonierte Blätter

Material zur Versuchsvorbereitung:

- Geranienstock
- Schreibtischlampe (evtl. blaues Licht)
- Alufolie
- Büroklammern



Versuchsvorbereitung:

Einige Blätter am Geranienstock werden mehrere

Tage so mit der Alufolie schabloniert, dass sie nur an bestimmten Stellen Licht bekommen

(eingeschnittene Kreise, Rechtecke, Buchstaben, Streifen...). Den Geranienstock mit den angebrachten Schablonen (evtl. mit Büroklammern befestigen) an einen sonnigen Platz stellen. Bei wenig Sonneneinstrahlung bzw. nachts eventuell mit einer Schreibtischlampe zusätzlich beleuchten. Dabei erhöht sich die Wirkung, wenn eine blaue Glühbirne eingedreht wird, weil dieses Licht von den Pflanzen besonders gut absorbiert werden kann. Die Blätter werden erst unmittelbar vor dem Versuch von der Pflanze abgetrennt.

Weiteres Material für die Versuchsdurchführung:

- Zeichenpapier und Buntstifte
- kleineres und größeres Becherglas
- Bunsenbrenner und Streichhölzer
- Stativ und Muffe
- Thermometer
- Petrischalen
- Wasser
- Spiritus
- Jod-Kalium-Jodid-Lösung
- Pinzette



Versuchsdurchführung:

Das schablonierte Blatt wird vom Geranienstock abgetrennt und so abgezeichnet, dass die belichteten und unbelichteten Bereiche eindeutig zu erkennen sind. Erst dann wird die Schablone entfernt. Anschließend das Blatt ca. 3 Minuten in kochendes Wasser tauchen und schließlich das Chlorophyll durch heißen Spiritus im Wasserbad (Vorsicht: max. 70 Grad, Brenner vorher ausmachen) entziehen. Danach das Blatt gründlich abwaschen (am besten im noch heißen Wasser ca. 1 Minute). Im letzten Schritt wird das Blatt in einer Petrischale mit der Jod-Kalium-Jodid-Lösung überschichtet. Es sollte an dieser Stelle so lange gewartet werden, bis das Jod in das Gewebe eingedrungen ist und die mit Stärke angereicherten Bezirke des Blattes die typische Färbung des positiven Nachweises zeigen. Zum Vergleich kann nun das Blatt wiederum abgezeichnet werden, so dass die dunkel gefärbten Stellen gut sichtbar sind.

Versuchsergebnis:

Dort, wo die Blattfläche belichtet war, ist Stärke nachweisbar (das Blatt färbt sich dunkel). An diesen Stellen konnte Fotosynthese ablaufen. Die Fotosynthese ist demnach vom Licht abhängig.

Reflexion und praktische Tipps:

Der Versuch ist relativ einfach durchführbar. Eine Gefahrensituation tritt eventuell bei der Arbeit mit heißem Spiritus auf. Deshalb hier unbedingt die Temperatur mit einem Thermometer kontrollieren. Evtl. das Wasser nicht mit dem Bunsenbrenner, sondern mithilfe einer Heizplatte erhitzen oder im Wasserkocher vorkochen (spart Zeit). Um ein möglichst gut sichtbares Ergebnis zu erzielen bietet sich die Arbeit mit der Geranie an. Die Schreibtischlampe zur zusätzlichen Beleuchtung kann u.U. für das Gelingen des Experiments unverzichtbar sein. Geranien sind beim Anbringen der Schablonen sehr unempfindlich und auch das Befestigen der Schablonen mit Büroklammern schadet ihr nicht.

Versuche zum Faktor Wärme

Problemstellung:

Wie hängt die Fotosyntheserate von der Wärme ab?

Materialien:

Reagenzglas, Wasserpest, unterschiedlich temperiertes Wasser, Bechergläser, Thermometer

Versuchsablauf:

In ein Reagenzglas wird ein Spross Wasserpest gegeben. Wasser wird in einem Becherglas mit dem Bunsenbrenner erwärmt. In einem anderen Becherglas wird es mit Eiswürfeln abgekühlt. Mit einem Thermometer wird jeweils die Temperatur gemessen. Die Sauerstoffbläschen werden nach 3 Minuten gezählt. Der Versuch sollte unter gleichen Lichtbedingungen durchgeführt werden.

Die Werte der Gruppen sollten zusammengetragen werden und den Durchschnittswert in ein Laufbild eingetragen werden.

Beobachtung:

- Die Fotosyntheseleistung hängt von der Wärme ab.
- Je wärmer das Wasser, desto höher ist die Fotosyntheseleistung
- Dies gilt nur bis 41 Grad

Versuche zum Faktor Kohlenstoffdioxid

Problemstellung:

Wie hängt die Fotosyntheserate von dem Kohlenstoffdioxidgehalt ab?

Materialien:

Wasserpest, unterschiedliches CO₂ reiches Wasser (abgekochtes Wasser, Leitungswasser, Sprudelzugabe)

Versuchsablauf:

Die Wasserpest wird jeweils in ein Reagenzglas mit abgekochtes Wasser, Leitungswasser und Sprudelzugabe gegeben. Nach drei Minuten werden die Bläschen gezählt. Die Temperatur und der Lichteinfall sollten dabei gleich bleiben.

Die Werte der Gruppen sollten zusammengetragen werden und den Durchschnittswert in ein Laufbild eingetragen werden.

Beobachtung:

- Die Fotosyntheseleistung hängt von Kohlenstoffdioxidgehalt ab

- Je mehr Kohlenstoffdioxid, desto höher die Fotosyntheseleistung
- Dies gilt nur bis zu einem artspezifischem Optimum

Transferfragen:

- Warum erhöht Naturdünger die Leistung der Pflanzen (Wachstum) mehr als bei Kunstdünger, wenn beide die gleichen Inhaltsstoffe haben?
Antwort: Beide haben den gleichen Gehalt an Mineralsalzen. Der Naturdünger hat aber zusätzlich mehr Kohlenstoffdioxid und ist wärmer. Dies ist bedingt durch den bakteriellen Abbau im Naturdünger.
- Wachsen Pflanz besser, wenn man mit ihnen spricht?
Antwort: Die Pflanze wird durch das Sprechen mit Ausatemluft versetzt. Sie hat einen höheren Kohlenstoffdioxid wert (Ca. 4,00 %) und ist wärmer. Die Fotosyntheseleistung wird dadurch theoretisch erhöht.

Versuch zum Nachweis der Stärkebildung durch Chlorophyll

Es handelt sich hierbei um den gleichen Versuchsaufbau wie bereits weiter oben bei der Arbeit mit schablonierten Blättern zum Nachweis der Lichtabhängigkeit der Fotosynthese beschrieben wurde.

Weil an dieser Stelle jedoch nicht die Abhängigkeit von Licht sondern vom Vorhandensein des Chlorophylls untersucht werden soll, werden nicht schablonierte, sondern panaschierte Blätter untersucht. Diese Blätter sind in unterschiedlichen Anteilen grün und weiß gefärbt z.B. Eschenahorn. Die weiß gefärbten Anteile besitzen wenig bis kein Chlorophyll, welches für die Grünfärbung eines Blattes verantwortlich ist.

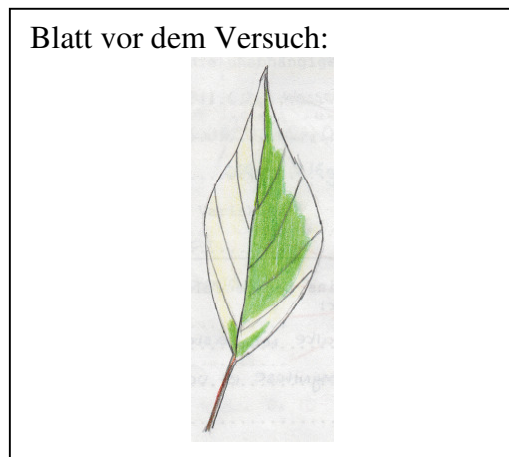
Versuchsdurchführung:

Das panaschierte Blatt zunächst so abzeichnen, dass die weiß- und grüne gefärbten Anteile deutlich erkennbar sind. Anschließend das Blatt wie im obigen Versuch beschrieben behandeln und den Stärkenachweis mit Jod-Kalium-Jodid durchführen. Zum Vergleich wird auch hier das Blatt nach Versuchsende abgezeichnet.



Versuchsergebnis:

Die vor dem Versuch grün gefärbten Blattbezirke weisen eine positive Reaktion mit dem Jod-Kalium-Jodid auf: sie sind dunkel gefärbt. Die weißen Bezirke reagieren nicht auf das Jod-Kalium-Jodid. Nur in jenen Bezirken, in denen Chlorophyll vorhanden war ist also Stärke nachweisbar.



Reflexion und praktische Tipps:

Der Versuch ist relativ einfach durchführbar. Auch hier gilt jedoch besondere Vorsicht bei der Arbeit mit dem heißen Spiritus. Besonders gute und eindeutige Ergebnisse lassen sich durch die Arbeit mit dem Eschenahorn erzielen. Der Versuch gelingt nicht mit der Grünstilbe oder panaschierten Schilfblättern.

Historischer Sauerstoffnachweis

Versuch nach John PRIESTLEY:

Material: große Bechergläser (Gefäß); Pflanze, Kerze (Teelicht); Streichhölzer

Unter je ein Becherglas werden eine brennende Kerze und eine Pflanze gestellt (abgeschlossener Luftraum). Die Kerze erlischt nach einiger Zeit und die Pflanze geht ebenfalls zugrunde; sie haben jeweils einen für sie lebensnotwendigen Bestandteil der Luft verbraucht. Unter ein drittes Becherglas wird eine brennende Kerze und eine Pflanze gestellt. Kerze und Pflanze können so überleben, da der Bestandteil der Luft den die Kerze, bzw. die Pflanze verbraucht vom jeweils anderen ersetzt wird. PRIESTLEY führte diese Versuche durch und verwendete anstelle der Kerze Mäuse.

Der in der Schule häufig verwendete Sauerstoffnachweis mithilfe der Glimmspanprobe basiert auf den Grundlagen und Erkenntnissen von John PRIESTLEY. Wobei der Glimmspan weiter glimmt, bzw. aufglüht, wenn das getestete Gas Sauerstoff enthält und erlischt entsprechend bei Kohlenstoffdioxid.

Versuch zur Anpassung der Blätter an unterschiedliche Lichtverhältnisse:

Material:

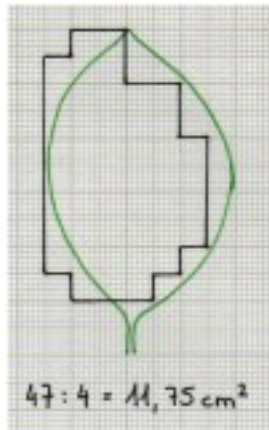
- Sonnen- und Schattenblätter einer Pflanze evtl. eines Baumes/Strauches
- Millimeterpapier
- Bleistift

Versuchsdurchführung:

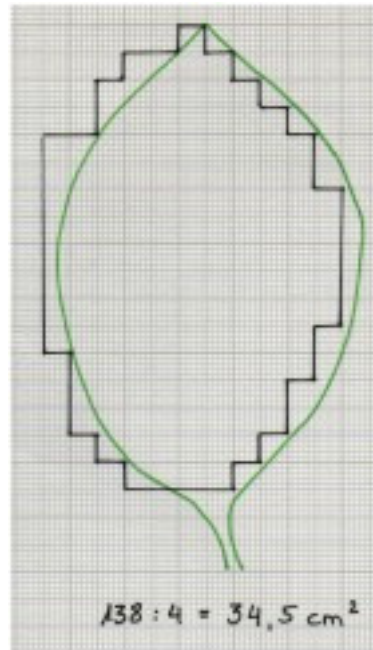
Die Sonnen- und Schattenblätter auf das Millimeterpapier legen und den Umriss umfahren. Die Größe der Blattfläche kann durch Auszählen von 5mm-Quadraten bestimmt werden (1/4

cm²). Dabei die Quadrate so einzeichnen, dass die äußerste Linie der Quadrate in der einen Hälfte des Blattes vollständig innerhalb und in der anderen Hälfte vollständig außerhalb der Blattgrenzen liegen. Die Durchschnittswerte der Ergebnisse Klasse werden ermittelt. Anschließend kann der Blattquerschnitt beider Blätter unter dem Mikroskop betrachtet und verglichen werden.

Sonnenblatt:



Schattenblatt:



V Versuchsergebnis:

Die Sonnenblätter weisen eine wesentlich kleinere Fläche auf als die Schattenblätter.

Unter dem Mikroskop zeigen die meist kleinen, derben Sonnenblätter ein zweischichtiges Palisadengewebe. Sie sind oft mit einer Wachsschicht überzogen, was die starke Sonneneinstrahlung zum Teil reflektieren und damit die Pflanze vor Verdunstung schützen soll. Sonnenblätter zeigen die höchste Fotosyntheserate bei vollem Lichtgenuss.

Schattenblätter sind meist zarter, dünner und flacher ausgebreitet. Ihr Palisadengewebe ist einschichtig. Diese Blätter weisen auch unter dürrtigen Lichtverhältnissen noch ein Netto-Produkt an Fotosyntheseleistung auf.

7. Hinweise auf weitere Versuche

Natürlich können Versuche und Nachweise auch durch gleichwertige Alternativen ersetzt werden.

- O₂- Nachweis
 - Glimmspan
 - Indigokarmin
 - Pyrogallol
- Einfluss der Wellenlänge des Lichts

- Mit verschiedenen Farbfolien
 - Diaprojektor mit Farbfilter
- Einfluss der Lichtmenge
 - Fotonegative auf dem Blatt befestigen
- Abhängigkeit vom Faktor CO₂

Geranienzweig luftdicht in einen Behälter (Erlenmeyerkolben) einpacken und dann das CO₂ im Innenraum durch KOH entfernen. Nach zwei Tagen Stärkenachweis durchführen.

8. Literaturhinweise

- Wendel, C. (2001): Biologische Grundversuche Sekundarstufe 1. Köln: Aulis.
- Prisma 4/5. NWA/Biologie. Stuttgart: Klett Schulbuchverlag. S. 230f.
- Linder Biologie, Lehrbuch für die Oberstufe, Schroedel Verlag, 1989, 20. Auflage