Photosynthese

Praktikumsversuche

mit dem Gerätesatz 113.3071
und der Beleuchtungseinheit 113.3072

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel
Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0
www.conatex.com - email: didactic@conatex.com

© by DIDACTEC e.K. · Rheinbach · 2008 · Alle Rechte vorbehalten

Inhalt **Seite**

1.	**Erforderliche Geräte**	4
2.	**Theoretischer Teil**	5
2.1	Die zyklische Photophosphorylierung	7
2.2	Die Photolyse des Wassers	8
2.3	Kohlenstoffdioxid-Bindung und Reduktion	9
2.4	Beschreibung der in praktischen Teil einsetzbaren Wasserpflanzen	11
3.	**Praktischer Teil**	14
3.1	Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxid-gehalt des Wassers	15
3.2	Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlicher Lichtintensität	23
3.3	Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern	29
3.4	Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Wassertempera-turen	37
3.5	Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossab-schnitten	45
3.6	Nachweis des gebildeten Sauerstoffs bei der Photosynthese	53
4.	**Literatur**	54

1. Erforderliche Geräte

Versuchsaufbau zur Photosynthese
aus Gerätesatz „Photosynthese“ (113.3071)
und Beleuchtungseinrichtung (113.3072)

113.3071 Gerätesatz "Photosynthese"

Anzahl	Artikel
1	Becherglas, 1 L, nF
1	Trichter, 85 Ø-mm, kurzer Auslauf
1	Universalhalter
4	Graduierte Auffanggefäße für Gase
2	Gummistopfen
4	Farbfilter (rot, grün, gelb, blau), 140 x 140 mm
4	Graufilter, 140 x 140 mm
1	Anleitung auf CD-ROM

113.3072 Beleuchtungseinrichtung zum Gerätesatz "Photosynthese

Anzahl	Artikel
1	Laborlampe mit hohem IR-Anteil
1	Dreifuß, 120 Ø-mm
1	Plexiplatte, 150 x 150 x 3 mm
1	Doppelmuffe

2. Theoretischer Teil

Für das Leben auf der Erde wird immer nur der Sauerstoff als unabdingbar bezeichnet. Woher kommt aber der Sauerstoff, der für die Lebensvorgänge bei den tierischen Organismen so bedeutungsvoll ist?

Schon 1771 beschäftigte sich der englische Wissenschaftler, Joseph Priestley (1733 – 1804), mit diesem Phänomen. Er konnte beobachten, dass eine Maus in einem abgeschlossenen Gefäß, trotz ausreichender Nahrung und Wasser nach einiger Zeit verstarb. In einem Parallelversuch beobachtete er unter denselben Bedingungen eine Pflanze in einem Blumentopf. Er musste erkennen, dass auch die Pflanze nach einigen Tagen abstarb.

Zunächst konnte er mit den Versuchsergebnissen nichts anfangen und war über das Ergebnis der Versuche äußerst überrascht. Seine weitergehende Frage war: „Warum überleben Tier und Pflanze in der freien Natur?“ Könnte es nicht sein, dass eine Abhängigkeit zwischen Tier und Pflanze besteht? In einem 3. Versuch wollte er dies überprüfen. Dazu setzte er eine Maus und eine Pflanze zusammen in ein abgeschlossenes Gefäß. Nahrung und Wasser für Maus und Pflanze waren reichlich vorhanden. Seine Beobachtung zeigte, dass sowohl die Maus als auch die Pflanze in diesem Gefäß am Leben blieben.

Dieses Ergebnis warf die Frage nach dem tatsächlichen Zusammenhang der in den Versuchen gemachten Erkenntnisse auf. Nahrung und Wasser konnten für das Ergebnis der Versuche nicht ausschlaggebend gewesen sein, denn sie waren immer in ausreichender Menge vorhanden. Es konnte sich nur um die, die Organismen umgebende Zusammensetzung der Luft handeln. Außerdem mussten es mindestens zwei verschiedene Gase sein, die sowohl die Maus als auch die Pflanze am Leben hielten. Priestley erkannte, dass ohne das Tier die Pflanze nicht weiterleben konnte und ohne die Pflanze das Tier absterben muss. Somit muss das Gas, welches das Tier am Leben hält, von der Pflanze und umgekehrt das Gas, das die Pflanze am Leben hält, vom Tier abgegeben werden.

Heute wissen wir, dass alle tierischen Organismen Sauerstoff und alle pflanzlichen Organismen Kohlenstoffdioxid zum Leben benötigen. Bei allen tierischen Organismen wird die aufgenommene Nahrung durch den Stoffwechsel mit Hilfe von Sauerstoff in körpereigene Stoffe umgewandelt. Daraus schöpft der Körper die lebensnotwendige Energie. Zu dieser Umwandlung ist der Sauerstoff dringend erforderlich und das durch die ablaufenden Oxidationsvorgänge entstehende Kohlenstoffdioxid, wird ausgeatmet.

Die grüne Pflanze nimmt aus dem Boden Wasser und Nährstoffe auf und aus der Luft das so dringend benötigte Kohlenstoffdioxid. Pflanzen bilden daraus mit Hilfe von Sonnenlicht körpereigene Stoffe, wie Kohlenhydrate, Eiweiße, Fette ... und dabei entsteht als „Nebenprodukt“ Sauerstoff, der von der Pflanze an die sie umgebende Atmosphäre abgegeben wird. Diesen Vorgang bezeichnet der Pflanzenphysioloige als **Photosynthese**.

Die Photoynthese ist, wie das Wort schon aussagt, ein lichtabhängiger Vorgang. Man bezeichnet alle Pflanzen, die ihren gesamten Bedarf aus der Strahlungsenergie der Sonne decken, als **photoautotroph**. Im Gegensatz dazu beziehen einige wenige pflanzliche Organismen ihren Energiebedarf aus der Oxidation anorganischer Verbindungen, die als **chemoautotroph** bezeichnet werden [autotroph (griech.) – von anorganischen Stoffen ernährend].

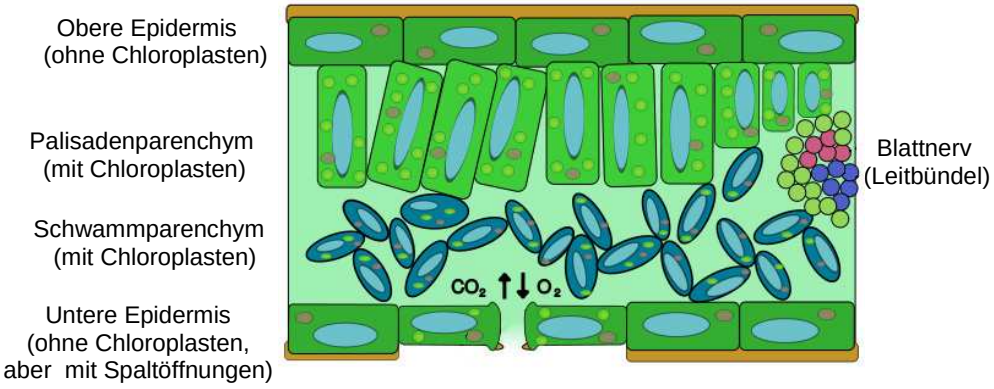
Der Vorgang der Photosynthese

Die Photosynthese findet in allen grünen Teilen der Pflanze bzw. in allen Teilen der Pflanze, die Chlorophyll (Chloropasten) enthalten, statt. Dabei sind es in erster Linie die Blätter der grünen Pflanze, die den größten Teil der Photosyntheseaktivität übernehmen. Das Chlorophyll (Chloroplasten) ist auf das Assimilationsgewebe der Pflanzen beschränkt.

Bau des Blattes

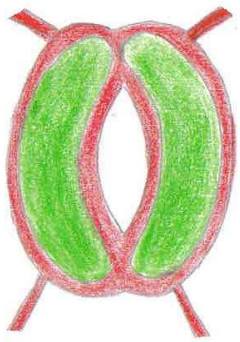
Das Blatt wird an der Oberseite und der Unterseite von Epidermiszellen begrenzt, die kein Chlorophyll enthalten. Zwischen diesen beiden Epidermisschichten befinden sich die Palisadenschicht und die Schwammschicht. Die Palisadenschicht besteht aus zylindrischen Zellen, die auch mehrschichtig auftreten können und mit vielen Chloroplasten (Chlorophyll) ausgestattet sind. Diese Palisadenzellen sind durch Intercelluaren mehr oder weniger weit voneinander getrennt. Auf das Palisadengewebe

folgt zur Blattunterseite hin chlorophyllärmeres Schwammgewebe, welches aus unregelmäßig gestalteten Zellen besteht. Zwischen diesen Zellen befinden sich meist auffällige, weite Intercellularräume. Diese Intercellularräume stehen mit den Intercellularräumen des Palisadenparenchyms über die Spaltöffnungen der unteren und eventuelle auch der oberen Epidermis mit der Außenluft in Verbindung.

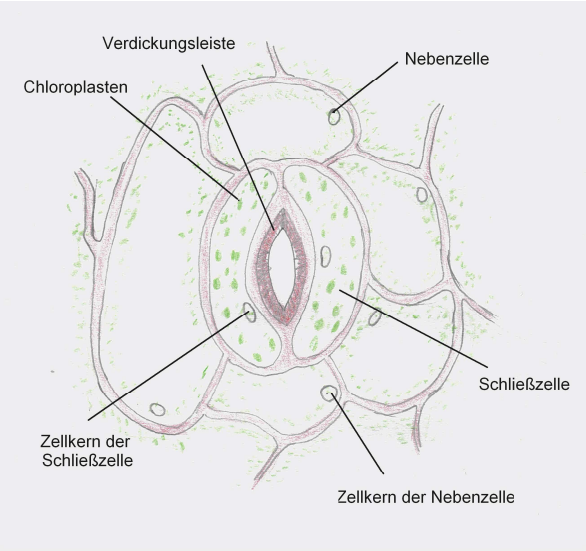


Blattbau (Landpflanze)
Quelle: Wikipedia

Der Spaltöffnungsapparat besteht aus den Schließzellen und den Nebenzellen. Schließzellen enthalten fast immer Chlorophyll, ihre Zellwände sind ungleichmäßig verdickt. Meist ist die Bauchwand mit Verdickungsleisten versehen. Durch Veränderung des Turgordruckes (Druck des Zellsafts auf die Zellwand) in den Zellen können sich die Spaltöffnungen öffnen und schließen.



Spaltöffnung
einfache Darstellung



Spaltöffnung
morphologische Darstellung

In Abhängigkeit von den Standorten der Pflanze, sind die Spaltöffnungen (Stomata) in ihrer Anzahl und Verteilung sehr unterschiedlich angeordnet. Eine Vielzahl von Pflanzen besitzen gegenüber früheren Erkenntnissen auch in der oberen Epidermis Spaltöffnungen. Je trockener und besonnter der Standort, desto mehr Spaltöffnungen sind auf der unteren und oberen Epidermis vorhanden. Die Spaltöffnungen haben die Aufgabe Wasserdampf und Sauerstoff an die Atmosphäre ab- und Kohlenstoffdioxid aufzunehmen. Pflanzen, die an feuchten und dunklen Standorten stehen, besitzen dagegen nur wenige Spaltöffnungen und diese auch nur auf der Blattunterseite. Dies erscheint auf den ersten Blick unlogisch zu sein. Dennoch ist die Verteilung der Spaltöffnungen logisch. An heißen und besonnten Standorten kann die Pflanze die Spaltöffnungen nur zeitig am Morgen und später am Abend öffnen, um Kohlenstoffdioxid aufzunehmen. Wird es tagsüber immer heißer und trockner, werden die Spaltöffnungen auf der Blattoberseite zunächst geschlossen, bis dann einige Zeit später auch die an der Blattunterseite vorhandenen Spaltöffnungen geschlossen werden müssen. Geschieht das nicht, würde die Pflanze durch zu viel Wasserdampfabgabe vertrocknen. Das morgens aufgenommene Kohlenstoffdioxid muss möglichst den gesamten Tag ausreichen, damit die Pflanze ungehindert assimilieren kann. Daher besitzen diese Pflanzen relativ große Intercellularräume. Hingegen kann eine Pflanze an einem dunklen und feuchten Standort den gesamten Tag die Spaltöffnungen geöffnet halten, dazu sind die in der Blattunterseite vorhandenen Spaltöffnungen (Stomata) vollkommen ausreichend.

Der Energiegewinn und der Stoffaufbau erfolgen bei der grünen Pflanze durch die Einwirkung des Sonnenlichtes, welches Wasser, Kohlenstoffdioxid und Nährstoffe mit Hilfe des grünen Blattfarbstoffes (Chlorophyll) in körpereigene Stoffe umsetzt. Die Photosynthese ist daher der ausschlaggebende Prozess für das Leben auf der Erde. Nur die grüne Pflanze ist in der Lage, aus anorganischen Stoffen organische Stoffe herzustellen. Dabei werden in erster Linie Kohlenhydrate (Glucose) gebildet. Im Chloroplasten ist das eigentliche Endprodukt jedoch nicht die Glucose, sondern Stärke. Der ablaufende Prozess in den Chloroplasten ist eine Reduktion des Kohlenstoffdioxids mit Wasser als dem Reduktionsmittel.

Das dazu unbedingt erforderliche Kohlenstoffdioxid wird der Atmosphäre entnommen, welches durch die Atmung und den biologischen Abbau der Lebewesen entsteht. Somit befindet sich der Kohlenstoff in einem Kreislauf, der durch die Tätigkeit des Menschen zunehmend aus dem Gleichgewicht gerät, denn das durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen anfallende Kohlenstoffdioxid kann durch die Photosynthese nicht mehr vollständig aufgebraucht werden. Somit reichert es sich in der Atmosphäre mehr und mehr an, was zu der Veränderung des Klimas auf der Erde beiträgt.

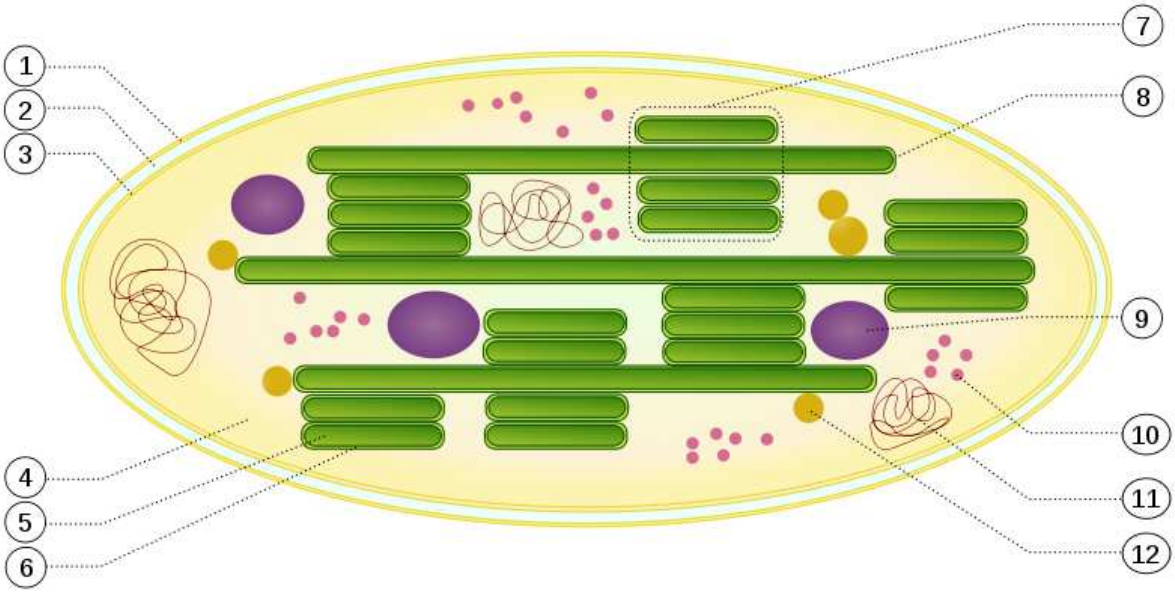
Die allgemeine chemische Reaktionsgleichung, die die Photosynthese in sehr vereinfachter Form darstellt, lautet:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{Licht}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Diese Reaktionsgleichung fasst die Photosynthese zusammen, aber die tatsächlich ablaufenden Vorgänge sind hochkompliziert. Die Photosynthese wird in 3 Reaktionsabschnitte unterteilt.

2.1 Die zyklische Photophosphorylierung (Schritt 1)

In diesem Schritt wird das Adenosintriphosphat (**ATP**) aus dem Adenosindiphosphat (**ADP**) in den Chloroplasten synthetisiert. Chloroplasten sind in den Blättern vorhandene Zellorganellen mit einer Größe von 4 – 7 µm, die in einer großen Anzahl in den Zellen der grünen Pflanzen vorkommen.



Schema eines Chloroplastenaufbaus
(Quelle: Wikipedia)

1. äussere Membran
2. intermembrane Zone
3. innere Membran (1+2+3: Hülle)
4. Stroma (wässerige Lösung)
5. Thylakoidlumen (im innern des Thylakoids)
6. Thylakoidmembran
7. Granum
8. Thylakoid (Lamelle)
9. Stärke
10. Ribosom
11. Plastidial-DNA
12. Plastoglobule

Die Umwandlung von ADP zu ATP geschieht durch die Lichtabsorption des Chlorophylls in den Plastiden, wodurch Elektronen angeregt und auf ein höheres Energieniveau gehoben werden. Über eine Kette von Redox-Katalysatoren (Plastochinon, Cytochrom, ...) wird die Energie für die Phosphorylierung des ADP geliefert.

$$\text{ADP} + \text{Phospat} + h\nu \longrightarrow \text{ATP}$$

Es schließt sich nun der 2. Reaktionsabschritt an.

2.2 Die Photolyse des Wassers (Schritt 2)

In diesem Schritt findet die lichtbedingte Spaltung des Wassers unter Bildung von Sauerstoff und reduziertem Nicotinamid-adenin-dinukleotid-phospat (NADPH + H^+) statt (Primärprozess). Diese reduzierte Form des NADPH + H^+ dient somit als Wasserstoffionen-Überträger, der für die weitere, eigentliche Assimilation verfügbar ist. Beschrieben wurde die Reaktion von HILL, sie ging in die Theorie als HILL-Reaktion (Lichtreaktion der Photosynthese) ein.
Die Wasserstoffionen für diese Reaktion stammen aus dem dissoziierten Wasser

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$$

Die OH^--Ionen werden wahrscheinlich ebenfalls in der Lichtreaktion des Chlorophylls oxidiert und bilden als „Abfallprodukt“ der Photosynthese den freiwerdenden Sauerstoff nach der Gleichung

$$2\ OH^- + h\nu \longrightarrow H_2O + \tfrac{1}{2}\ O_2 + 2\ e^-$$

Die angeregten Elektronen werden von der Redox-Katalysatoren-Kette aufgenommen und bilden unter Abgabe ihrer Energie ATP und ersetzen im Chlorophyll die zuvor an das $NADP^+$ gelieferten und damit aus dem Kreislauf entzogenen Elektronen. In einer Gesamtgleichung lässt sich diese Photolysereaktion folgendermaßen zusammenfassen:

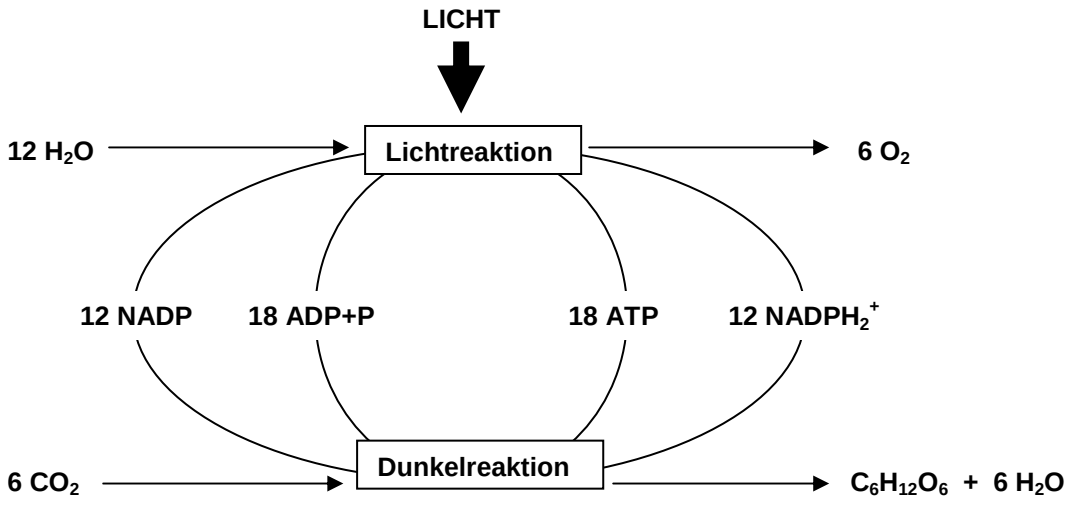
$$H_2O + NADP^+ + ADP + P + h\nu \longrightarrow NADPH + H^+ + ATP + \tfrac{1}{2} O_2$$

Daran schließt sich der 3. Reaktionsabschnitt an.

2.3 Kohlenstoffdioxid-Bindung und Reduktion (Schritt 3)

In diesem Schritt wird die chemische Bindung des aus der Atmosphäre aufgenommenen Kohlenstoffdioxids an einen Akzeptor und seine Umwandlung zum Kohlenhydrat beschrieben. Dies geschieht in einer lichtunabhängigen Dunkelreaktion (Sekundärprozess), die von dem amerikanischen Biochemiker MELVIN CALVIN beschrieben wurde und als CALVIN-Cyklus in die Theorie eingegangen ist. Über eine Vielzahl von Zwischenreaktionen wird ein labiles Primärprodukt über wenig bekannte Zwischenstufen in zwei C_3-Körper, die Phosphorglycerinsäure, gespalten. Im weiteren Verlauf der Biosynthese werden nun 2 Moleküle von Triose-3-phosphat in einen C_6-Körper, eine Hexose, unter Freisetzung der Phosphorsäure umgewandelt und zum Aufbau von Rohrzucker, Stärke, Zellulose und anderen Kohlenhydraten verwandt.

Bei der Photosynthese spielen also im Wesentlichen die Licht- und die Dunkelreaktion eine entscheidende Rolle. In einer nachfolgenden Übersicht sollen die wesentlichen Vorgänge kurz und knapp dargestellt werden:



Aus der beschriebenen allgemeinen Grundgleichung geht hervor, dass die Assimilationsleistung der grünen Pflanzen in mehrfacher Hinsicht gemessen werden kann:

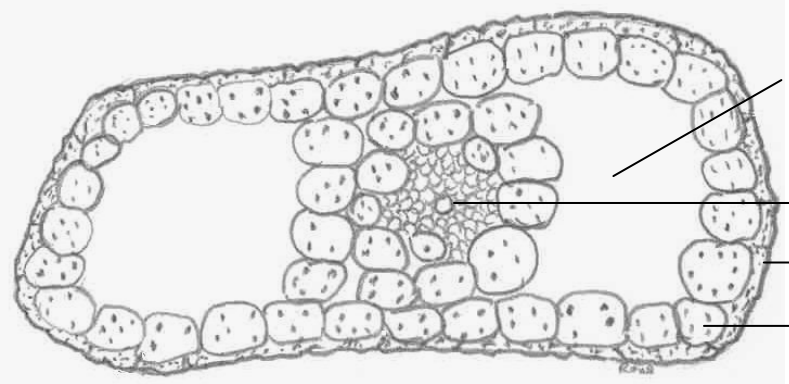
- durch Bestimmung der Assimilatebildung
- durch Messung des Kohlenstoffdioxid-Verbrauche
- durch Ermittlung der entwickelten Sauerstoffmenge

Eine sehr gute Möglichkeit, die Assimilation direkt zu verfolgen, ist die Beobachtung der Sauerstoffbildung. Sauerstoff wird bei der Assimilation als „Abfallprodukt“ von der Pflanze ausgeschieden. Wenn man diesen Sauerstoff auffängt und nachweist, ist der Beweis für die ablaufende Assimilation gegeben. Leider ist dies bei den Landpflanzen nicht so einfach möglich. Bei Wasserpflanzen im Aquarium hingegen beobachtet man die Abgabe von kleinen Gasbläschen. Fängt man diese Gasbläschen auf, kann dieses Gas als Sauerstoff identifiziert werden.

Mit Hilfe eines einfachen Versuchsaufbaus kann die Assimilationstätigkeit der Wasserpflanzen im Unterricht durchgeführt werden. Dazu benötigt man ein Becherglas, einen Trichter und ein kleines Reagenzglas (möglichst graduiert) zum Auffangen des Sauerstoffes.

Bevor ein Versuch durchgeführt werden kann, sollte über den besonderen Bau der Wasserpflanzen gesprochen werden. Im Gegensatz zu den Landpflanzen besitzen vollkommen untergetauchte Wasserpflanzen keine Spaltöffnungen, die das Kohlenstoffdioxid aufnehmen und den Sauerstoff abgeben können. Bei Wasserpflanzen, die Schwimmblätter besitzen, sind natürlich Spaltöffnungen an der Blattoberseite vorhanden. Diese sind aber für die Durchführung eines Versuches zur Darstellung der Assimilationstätigkeit ebenso wenig geeignet wie Landpflanzen. Daher sind die völlig untergetauchten Wasserpflanzen, wie Elodea canadensis (Kanadische Wasserpest), Elodea densa (Dichtblättrige Wasserpest), Ceratophyllum demersum (Gemeines Hornkraut), Myriophyllum verticillatum (Quirlblättriges Tausendblatt) und Najas maritima (Großes Nixkraut) für die praktische Beobachtung der Assimilationstätigkeit bedeutungsvoll (Beschreibung der Arten im nachfolgenden Text).

Wie die Abbildung zeigt, fehlen tatsächlich die Spaltöffnungen. Das Blatt ist ringsherum mit einer dünnen Kutikula ausgestattet. Darunter befinden sich die Parenchymzellen mit den Chloroplasten und große Intercellularräume. Palisadenzellen und Schwammgewebe sind nicht vorhanden.



Querschnitt durch das Blatt einer Wasserpflanze.

Es stellt sich nun aber die Frage, wie nimmt eine völlig untergetauchte Wasserpflanze Kohlenstoffdioxid auf und wie gibt sie den Sauerstoff an die Umgebung ab?
Einen besonderen Bau weisen die submersen Stängel und Blätter auf. Durch sie werden die Hydrophyten (Wasserpflanzen) befähigt, in Wasser gelöstes Kohlenstoffdioxid, Wasser und Nährsalze direkt aus dem Wasser durch Osmose aufzunehmen. Dies gelingt durch dünne Epidermiswände und eine schwach entwickelte Kutikula. Der Anteil des Kohlenstoffdioxides im Wasser entspricht der Menge an Kohlenstoffdioxid der auch in der Luft unter normalen Verhältnissen vorhanden ist, ca. 0,3 cm^3 pro Liter. Den Wasserpflanzen steht daher nicht weniger Kohlenstoffdioxid zur Verfügung als den Landpflanzen.
Der bei der Assimilation entstehende Sauerstoff wandert durch die Parenchymzellen und die Kutikula in das die Wasserpflanze umgebende Wasser. Durch kleine aufsteigende Gasperlen kann dieser Vorgang beobachtet werden. Bei verletzten Wasserpflanzen, z.B. am Stängel beobachtet man dort eine deutlich kräftigere Gasabgabe. Dies machen wir uns in den nachfolgenden Versuchen zu nutze, indem kleinere Sprossabschnitte zur Bestimmung der Gasabgabe eingesetzt werden.

Die nachfolgend beschriebenen Versuche können mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Wasserpflanzen durchgeführt werden, die hier kurz beschrieben werden.

2.4 Beschreibung der im praktischen Teil einsetzbaren Wasserpflanzen

Familie der Froschbissgewächse (*Hydrocharitaceae*)

Es sind ausdauernde, untergetauchte, selten einjährige Wasserpflanzen, die außer im Süßwasser auch im Salzwasser vorkommen können. Die Blätter sind ungeteilt und haften mit kleinen Stielchen am Stängel. Neben grundständigen Blattrosetten findet man auch in Etagen am Stängel angeordnete quirlständige Blätter, einige sind aber auch schraubig am Stängel verteilt. Die Blüten sind meist eingeschlechtig, selten zwittrig. Die Blüten sind klein, unscheinbar und untergetaucht. Aus dieser Pflanzenfamilie sind die Gattungen Vallisneria, Lagarosiphon und vor allen Dingen Elodea als geeignete Versuchspflanzen zu nennen.

Wasserpest (Elodea)
Die Anatomie von Elodea ist sehr einfach und sie besitzt eine große morphologische Vielfalt. Daher kann sie sich problemlos an fast jede Umgebung anpassen. So kommt sie neben den gemäßigten Gewässern auch in Gewässern der tropischen Zone vor.

Kanadische Wasserpest (Elodea canadensis L.C. Richard in Michaux fil.)

Untergetauchte, schwimmende oder kriechende Wasserpflanze, deren Spross mäßig bis stark verzweigt sein kann. Die Pflanze erreicht eine Sprosslänge von 30 – 300 cm. Die Blätter sind sitzend, im unteren Sprossbereich gegenständig, klein und eilanzettlich. Im oberen Sprossabschnitt gehen die Blätter in einen quirligen Blattstand über.

Vorkommen:
Einheimisch in Nordamerika, seit 1836 auch in Europa nordwärts bis zum Polarkreis vorkommend. Elodea findet man in stehenden und fließenden, basen- und nährstoffreichen Gewässern, vor allem in Teichen, langsam fließenden Bächen, Gräben und Tümpeln. Sie kann bis zu einem gewissen Grade auch Wasserverschmutzungen vertragen.
Diese Pflanze ist für die nachfolgend beschriebenen Versuche besonders geeignet.

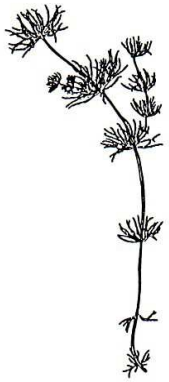
Dichtblättrige Wasserpest (Elodea densa Caspary)

Untergetauchte Pflanze mit reicher Verzweigung, Spross dicht beblättert. Anordnung der Blätter quirlig, Bau linealisch bis lanzettlich, dünn und hellgrün.

Vorkommen:
Im warm gemäßigten Südamerika heimisch, heute in viele Länder verschleppt, so auch nach Europa. Häufig ist die Pflanze in stehenden oder langsam fließenden warmen Gewässern zu finden. Diese Pflanze ist eine beliebte Aquarienpflanze für Warmwasserbecken.

Familie der Hornblattgewächse (*Ceratophyllaceae)*
Eine Wasserpflanze ohne Wurzeln, daher freischwimmend anzutreffen, kann aber auch mit farblosen Rhizoiden am Boden verankert sein. Sie ist immer untergetaucht und ausdauernd. Hornkräuter sind weltweit verbreitet.

Gemeines Hornkraut (Ceratophyllum demersum L.)



Untergetauchte, einhäusige, wurzellose Pflanze mit quirligen, dunkelgrünen und gabelteiligen Blättern. Die gestreckte Sprossachse ist oft reich verzweigt. Die vegetative Vermehrung erfolgt fast ausschließlich.

Vorkommen:
In ganz Europa verbreitet, im Mittelmeergebiet seltener. Man findet die Pflanze in stehenden aber auch langsam fließenden Gewässern, wie Gräben, Bächen, Teichen oder Altgewässern. Eine optimale Entwicklung kann man in flachen, sommerwarmen, nährstoff- und basenreichen Gewässern beobachten.

Familie der Seebeerengewächse (*Halorrhagidaceae*)
Ausdauernde Kräuter oder Halbsträucher, aquatisch, amphibisch oder terrestrisch lebend. Blätter wechsel-, gegen oder quirlständig, ungeteilt oder einfach gegliedert. Blüten gewöhnlich klein und unansehnlich.

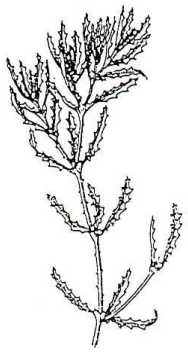
Quirlblättriges Tausendblatt (Myriophyllum verticillatum L.)

Untergetauchte, ausdauernde, flutende Wasserpflanze, deren Sprosse nur mäßig verzweigt sind. Häufig ragt ein fertiler Spitzenteil über den Wasserspiegel hinaus. Die Blätter sind feingliedrig und am Spross quirlig angeordnet.

Vorkommen:
In Europa weit verbreitet, in Südeuropa seltener.
Die Pflanze findet man in ruhigen, vor Wellengang geschützten Seebuchten, in Weihern, Altwgewässern, Tümpeln und Gräben mit stehendem bis leicht fließendem Wasser.

Familie der Nixkrautgewächse (*Najadaceae*)
Zu dieser Familie gehören einjährige oder ausdauernde Pflanzen, die ständig untergetaucht und reich verzweigt sind. Gefunden werden sie in Brack- und Süßwasser. Die Stängel der Pflanzen sind dünn und an den unteren Knoten bilden sich kleine Wurzeln aus. Die Blätter sind gegenständig, schmal lanzettlich, sitzen manchmal auch quirlständig.

Großes Nixkraut (Najas maritima L.)



Einjährige, untergetauchte Pflanze mit grob gewellten, gegenständigen, breit linealischen Blättern.

Vorkommen:
Weltweit verbreitet, vor allem in der nördlichen Hälfte des Globus bis zum Polarkreis, im Mittelmeergebiet seltener.
Die Pflanze findet man in stehenden oder langsam fließenden Gewässern, die basen- und meist nährstoffreich sind. Sie kommen in seichten Gewässern, z.B. in ruhigen Seebuchten oder Altgewässern, in Teichen zwischen lockerem Röhricht, manchmal auch in Kanälen, vor.

3. Praktischer Teil

Im praktischen Teil werden einige Möglichkeiten aufgezeigt, wie im Experiment der Vorgang der Photosynthese beobachtet werden kann. Dazu werden Versuchsanordnungen vorgestellt, die man im Verlaufe einer Unterrichtsstunde entweder als Lehrerdemonstrationsversuche oder aber besser als Schülerversuche durchführen kann. Beim Lehrerdemonstrationsversuch kann als Lichtquelle auch der Overheadprojektor verwendet werden. Dazu wird das Becherglas mit dem Trichter und dem Auffanggefäß einfach auf den Tageslichtprojektor gestellt. Beim Schülerversuch sollte der Dreifuß, an welchem die Lampe zur Beleuchtung befestigt wird, eingesetzt werden. Im Folgenden werden die Schülerversuche ausführlich beschrieben.

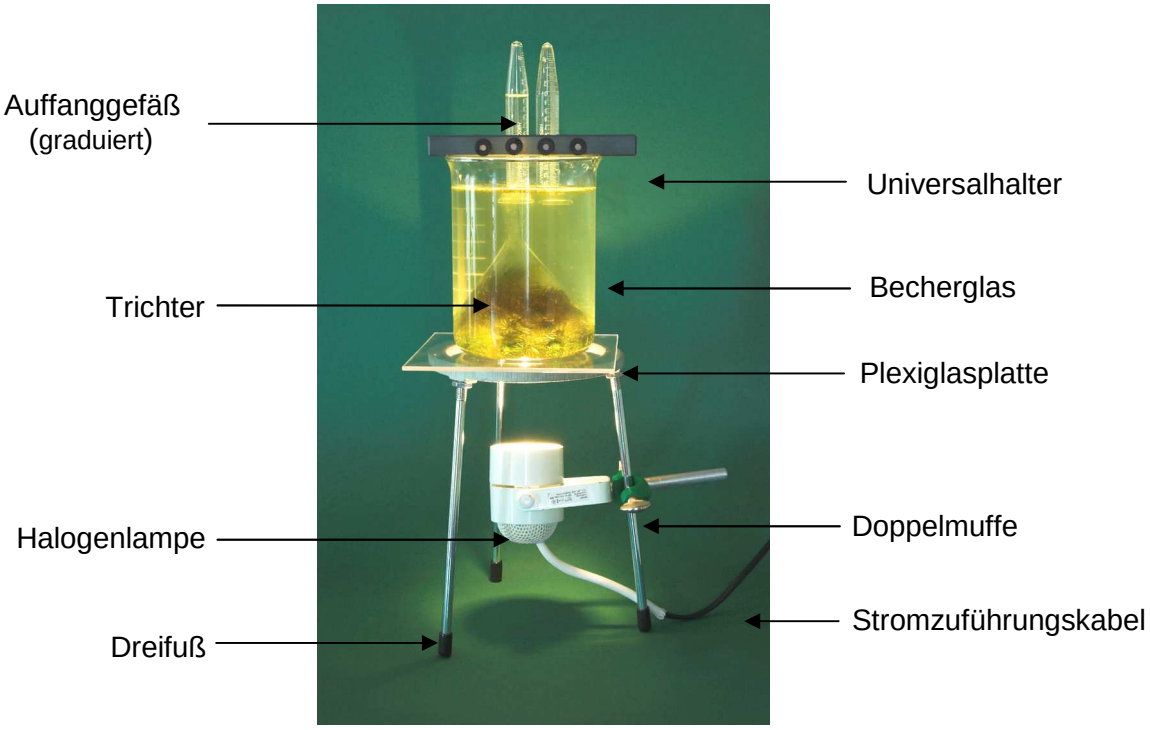
Die Ergebnisse der Sauerstoffproduktion der Pflanze können sehr stark variieren, was zurückzuführen ist auf die Pflanzenart, die Jahreszeit der Ernte der Pflanze, das Alter der Pflanze und die Zeit zwischen Ernte und Versuch. Es empfiehlt sich jedoch nur frisch geerntete Pflanzen einzusetzen. Die in den Tabellen der verschiedenen Versuche angeführten Werte zur Sauerstoffproduktion können daher nur Richtwerte sein. Damit sich die Gasbläschen nicht an den Glaswandungen festsetzen, sollten die Glasteile mit einem Spülmittel gut entfettet werden.

Zu jedem Schülerversuch ist ein Auswertungsblatt (Schülerblatt, Protokoll), welches von den Schülern zu bearbeiten ist, vorgegeben. Dieses Auswertungsblatt enthält immer die Versuchsanleitung, einen Bereich, in welchem die Beobachtungen während des Versuches einzutragen sind und eine Tabelle zum Eintragen der Messwerte.

Jeweils 3 - 4 Versuchsvarianten zu einem Grundthema werden beschrieben, die von den Schülern parallel in 4 Arbeitsgruppen in einer Unterrichtsstunde zu bearbeiten sind. Die Versuchsergebnisse sollten nach Abschluss der Versuche von den einzelnen Arbeitsgruppen in einem kleinen Vortrag vorgestellt werden. Somit erhalten alle Schüler einen guten Überblick über die Ergebnisse der unterschiedlichen Versuchsbedingungen.

Zu den Versuchen werden pro Arbeitsgruppe folgende Geräte benötigt:

1. Gerätesatz "Photosynthese" (113.3071)
2. Beleuchtungseinrichtung zum Gerätesatz "Photosynthese (113.3072)
   (alternativ: andere Durchleuchtungseinrichtung, wie z.B. Overhead-Projektor)

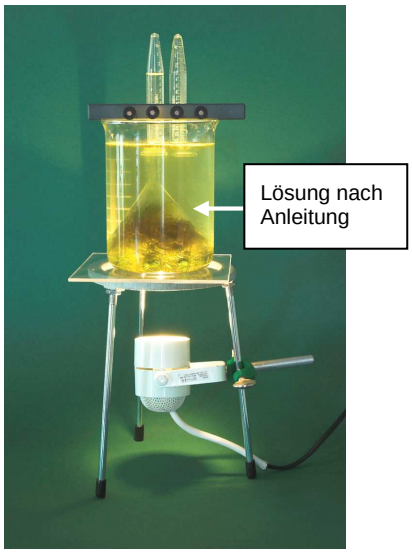


Grundaufbau für die Versuche zur Photosynthes

1. Versuchsreihe mit 4 Versuchen zur:

3.1 Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxidgehalt des Wassers

<u>Arbeitsgruppe 1:</u> Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit Leitungswasser



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
3. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0,1
nach 15 Minuten	0,2
nach 20 Minuten	0,3
nach 25 Minuten	0,4
nach 30 Minuten	0,5

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach ungefähr 5 Minuten die ersten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasblasen werden hauptsächlich an den Schnittenden abgegeben, nur sehr wenige über die Blätter, da das Widerstand für das sich bildende Gas an den Schnittenden sehr viel geringer ist, als an den Blättern. Nach 30 Minuten hat sich 0,5 ml Gas gebildet.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxidgehalt des Wassers

Arbeitsgruppe 1: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit Leitungswasser

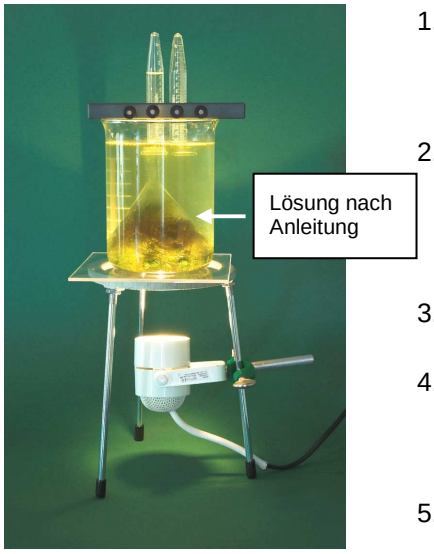
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
3. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxidgehalt des Wassers

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit abgekochtem Wasser



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das das Becherglas mit abgekochtem Wasser, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen. Das Wasser sollte eine Temperatur von 18 - 20 °C haben.
2. In das mit abgekochtem Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
3. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit abgekochtem Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

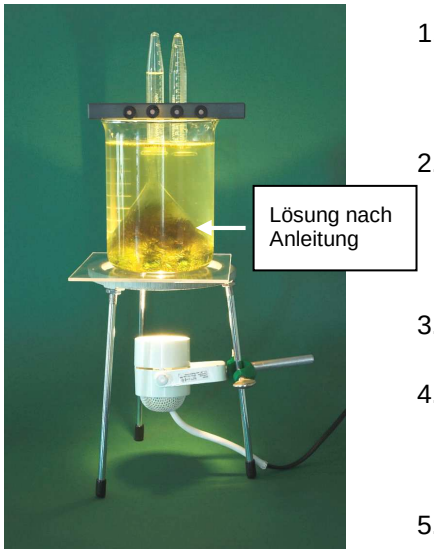
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0
nach 15 Minuten	0
nach 20 Minuten	0
nach 25 Minuten	0
nach 30 minuten	0

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass keine Gasbildung einsetzt. Durch das Abkochen des Wassers wird das vorhandene Kohlenstoffdioxid aus dem Wasser entfernt. Da aber eine Pflanze ohne Kohlenstoffdioxid nicht in der Lage ist zu Assimilieren, kann auch kein Sauerstoff gebildet werden. Die Pflanze würde in einem solchen Wasser absterben.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxid-gehalt des Wassers

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit abgekochtem Wasser



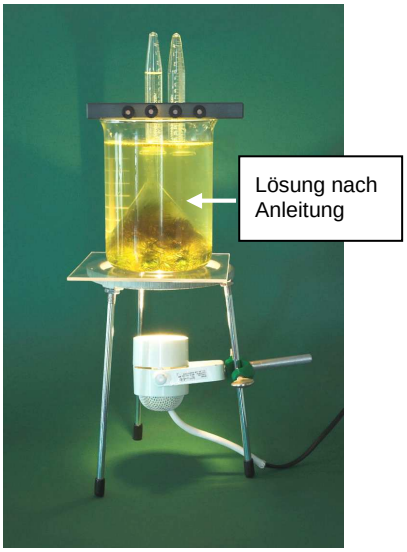
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das das Becherglas mit abgekochtem Wasser, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen. Das Wasser sollte eine Temperatur von 18 - 20 °C haben.
2. In das mit abgekochtem Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
3. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit abgekochtem Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxidgehalt des Wassers

Arbeitsgruppe 3: **Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit Wasser, welchem Sprudelwasser zugesetzt worden ist.**



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen.
2. Zunächst 90 ml Sprudelwasser in das Becherglas geben und danach das Becherglas mit 900 ml Leitungswasser auffüllen. **Achtung!** Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass das Kohlenstoffdioxid nicht während des Versuches freigesetzt wird und in das Auffanggefäß aufsteigt!
3. Das Wassergemisch sollte eine Temperatur von 18 - 20 °C haben.
4. In das mit dem Wassergemisch gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
5. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
6. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
7. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
8. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

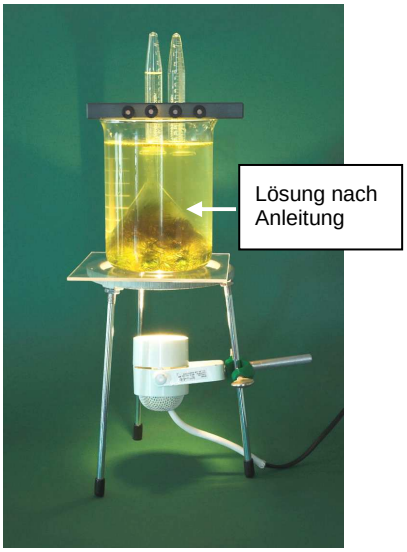
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0
nach 15 Minuten	0,05
nach 20 Minuten	0,1
nach 25 Minuten	0,15
nach 30 Minuten	0,2

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass auf Grund der Zugabe von Sprudelwasser die Gasproduktion keinesfalls, wie eventuell zu vermuten, zunimmt. Erst nach 10 min beginnt die Sauerstoffproduktion langsam. Aufsteigende Gasblasen beginnen sich erst nach 15 min im Auffanggefäß zu sammeln. Allerdings ist die produzierte Sauerstoffmenge so gering, dass nur einige wenige Gasblasen im Auffanggefäß gemessen werden können. Der Grund hierfür dürfte das Kohlenstoffdioxid sein, welches in gasförmigem Zustand im Wasser vorhanden ist und so von der Wasserpflanze nicht aufgenommen werden kann. Durch das sich an den Blättern absetzende Kohlenstoffdioxid ist die Aufnahme des im Wasser gelösten CO_2 der Pflanze stark herabgesetzt.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxidgehalt des Wassers

<u>Arbeitsgruppe 3:</u> Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit Wasser, welchem Sprudelwasser zugesetzt worden ist.



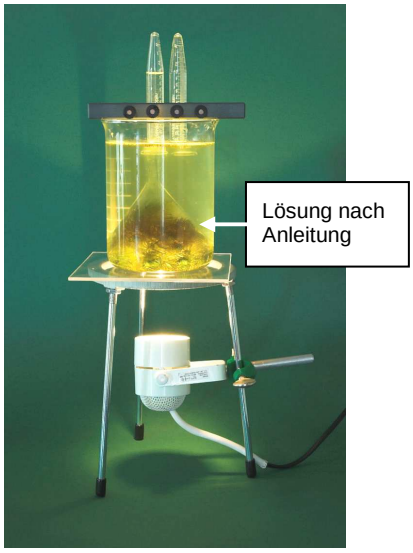
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen.
2. Zunächst 90 ml Sprudelwasser in das Becherglas geben und danach das Becherglas mit 900 ml Leitungswasser auffüllen. **Achtung!** Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass das Kohlenstoffdioxid nicht während des Versuches freigesetzt wird und in das Auffanggefäß aufsteigt!
3. Das Wassergemisch sollte eine Temperatur von 18 - 20 °C haben.
4. In das mit dem Wassergemisch gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
5. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
6. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
7. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
8. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxidgehalt des Wassers

Arbeitsgruppe 4: **Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit Wasser, welchem 2 g Natriumhydrogencarbonat ($NaHCO_3$) zugesetzt worden ist.**



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit Leitungswasser, welchem 2 g Natriumhydrogencarbonat zur Erhöhung des Kohlenstoffdioxidgehaltes zugegeben worden ist, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen. Das Wasser mit dem $NaHCO_3$ sollte eine Temperatur von 18 - 20 °C haben.
2. In das mit diesem so vorbereiteten Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
3. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
4. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

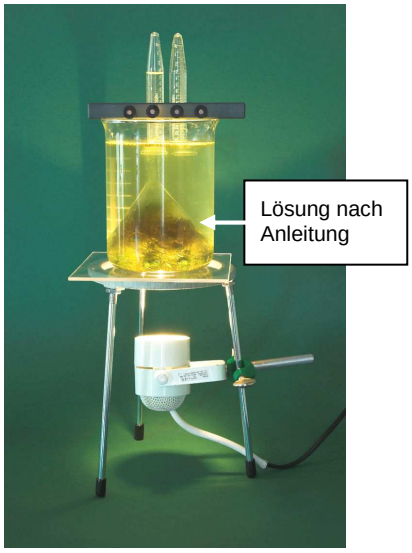
	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0,2
nach 15 Minuten	0,3
nach 20 Minuten	0,4
nach 25 Minuten	0,55
nach 30 minuten	0,7

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass auf Grund der Zugabe von Natriumhydrogencarbonat die Gasproduktion mit zunehmender Zeit mehr und mehr gesteigert wird, was auf die Menge des durch das Natriumhydrogencarbonat zugeführten Kohlenstoffdioxids zurückzuführen ist. Da die Photosynthese abhängig von der Kohlenstoffdioxidkonzentration ist, kann man eine etwas stärkere Gasbildung beobachten als bei Leitungswasser. Allerdings nimmt bei stärkerer Zugabe von Natriumhydrogencarbonat die Gasbildung der Pflanze wieder ab, was durch den zunehmend basischer werdenden pH-Wert und damit der starken Zunahme an Kohlenstoffdioxid im Wasser erklärt werden kann.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlichem Kohlenstoffdioxidgehalt des Wassers

<u>Arbeitsgruppe 4:</u> Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit Wasser, welchem 2 g Natriumhydrogencarbonat ($NaHCO_3$) zugesetzt worden ist.



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit Leitungswasser, welchem 2 g Natriumhydrogencarbonat zur Erhöhung des Kohlenstoffdioxidgehaltes zugegeben worden ist, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen. Das Wasser mit dem $NaHCO_3$ sollte eine Temperatur von 18 - 20 °C haben.
2. In das mit diesem so vorbereiteten Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
3. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
4. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

2. Versuchsreihe mit 3 Versuchen zur:

3.2 Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlicher Lichtintensität

<u>Arbeitsgruppe 1:</u> Untersuchung der Photosyntheseaktivität ohne Graufilter

1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen.
2. Das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hinein geben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
4. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
5. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0,1
nach 15 Minuten	0,1
nach 20 Minuten	0,2
nach 25 Minuten	0,3
nach 30 Minuten	0,4

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach ungefähr 5 Minuten die ersten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasblasen werden hauptsächlich an den Schnittenden abgegeben, nur sehr wenige über die Blätter, da der Widerstand für das sich bildende Gas an den Schnittenden sehr viel geringer ist, als an den Blättern. Nach 30 Minuten hat sich 0,4 ml Gas gebildet.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlicher Lichtintensität

Arbeitsgruppe 1: Untersuchung der Photosyntheseaktivität ohne Graufilter

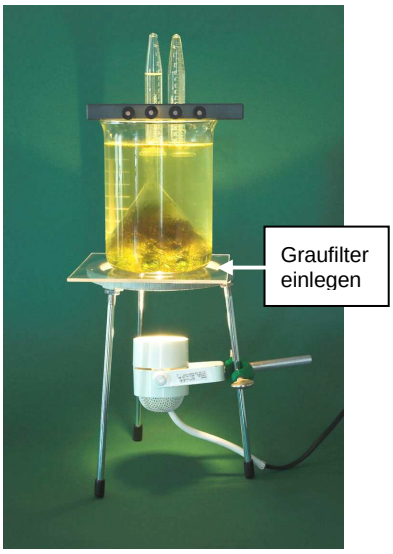
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen.
2. Das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hinein geben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
4. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
5. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlicher Lichtintensität

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit einem Graufilter



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas zum Abschwächen des Lichtes einen Graufilter legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
4. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
5. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

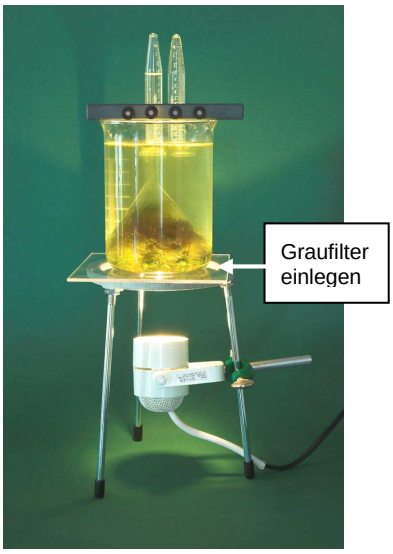
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0
nach 15 Minuten	0
nach 20 Minuten	0
nach 25 Minuten	0,1
nach 30 Minuten	0,15

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich an den Pflanzensprossen nach 15 Minuten nur wenige Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aber so gering sind, dass nur einige wenige in das Auffanggefäß aufsteigen. Damit zeigt sich, dass die Lichtintensität bei den Wasserpflanzen neben dem Kohlenstoffdioxid von ausschlaggebender Bedeutung ist. Bereits bei gering abgeschwächtem Licht ist die Pflanze nicht mehr in der Lage, die Photosynthese in ausreichendem Maße durchführen zu können. Außerdem muss hier ausgesagt werden, dass die Menge der Sauerstoffproduktion abhängig ist von der Art der eingesetzten Wasserpflanze.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlicher Lichtintensität

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit einem Graufilter



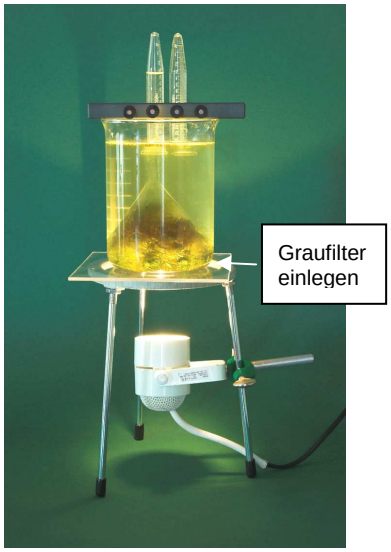
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas zum Abschwächen des Lichtes einen Graufilter legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden.
4. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
5. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlicher Lichtintensität

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit zwei Graufiltern



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas zum Abschwächen des Lichtes zwei Graufilter legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

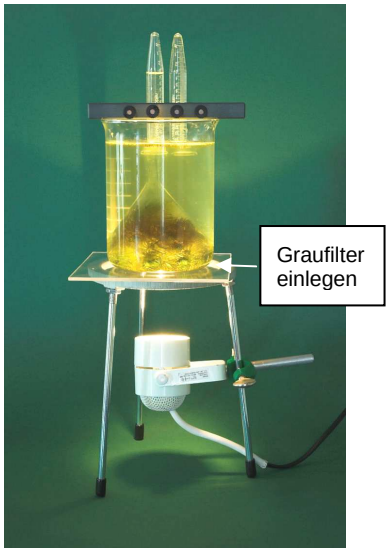
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0
nach 15 Minuten	0
nach 20 Minuten	0
nach 25 Minuten	0
nach 30 Minuten	0

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich keine Gasblasen an den Schnittenden mehr bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln können. Die Lichtabschwächung mit zwei Graufiltern ist so stark, dass die Pflanze keinerlei Photosyntheseaktivität mehr zeigt.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei unterschiedlicher Lichtintensität

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit zwei Graufiltern



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas zum Abschwächen des Lichtes zwei Graufilter legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

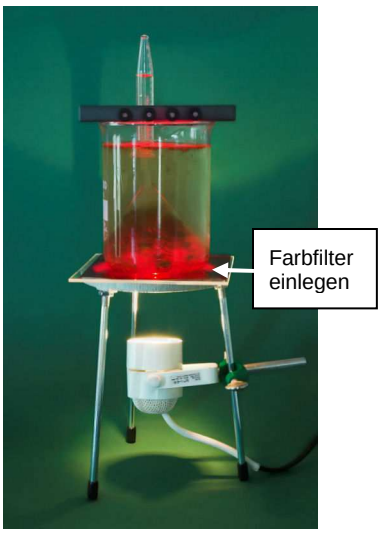
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

3. Versuchsreihe mit 4 Versuchen zur:

3.3 Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

<u>Arbeitsgruppe 1:</u> Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit rotem Farbfilter



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen roten Farbfilter (ca. 665 nm) legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
5. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

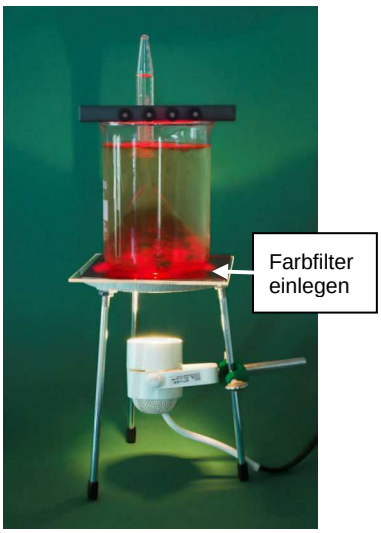
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0,1
nach 15 Minuten	0,2
nach 20 Minuten	0,4
nach 25 Minuten	0,5
nach 30 Minuten	0,6

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich beim Einsatz eines Rotfilters nach ca. 4 Minuten erste Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln können. Der Rotfilter mit einer Wellenlänge von ca. 665 nm liegt in einem Bereich, der für die Photosynthese bedeutungsvoll ist. Bereits 1881 erkannte ENGELMANN, der die Wirkung der Spektralfarben auf die Photosyntheseaktivität von Elodea hinsichtlich der Sauerstoffproduktion untersuchte, dass der Rotanteil für die Photosynthese bei grünen Pflanzen von entscheidender Bedeutung ist. Allerdings muss gesagt werden, dass das Licht aus dem roten Spektralbereich nur dann richtig wirkungsvoll ist, wenn zusätzlich aus dem Spektralbereich Licht mit kürzeren Wellenlängen zur Verfügung steht. Daher sind auch die gemessenen Volumina der Sauerstoffproduktion beim Einsatz eines roten Farbfilters niedriger, als bei dem Einsatz des Lichtes ohne jeglichen Filter.

3.3 Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

Arbeitsgruppe 1: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit rotem Farbfilter



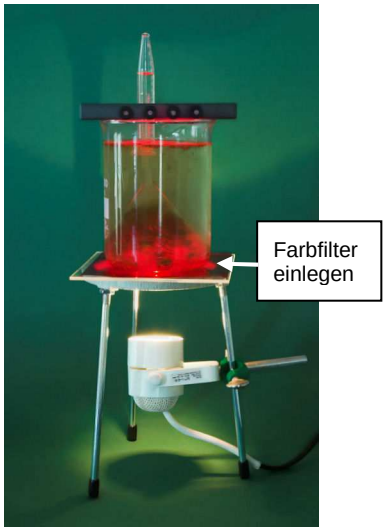
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen roten Farbfilter (ca. 665 nm) legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen.
5. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit gelbem Farbfilter



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen gelben Farbfilter (ca.600 nm) legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

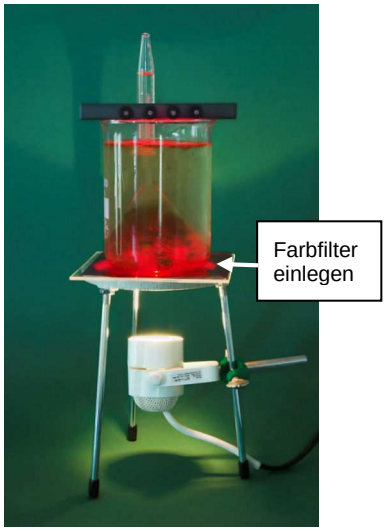
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,0
nach 10 Minuten	0,0
nach 15 Minuten	0,1
nach 20 Minuten	0,2
nach 25 Minuten	0,3
nach 30 Minuten	0,4

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich beim Einsatz eines Gelbfilters fast ähnlich viele Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln können, wie beim Rotfilter. Der Gelbfilter mit einer Wellenlänge von ca. 600 nm liegt in einem Bereich, der für die Photosynthese eine noch günstige Bedeutung besitzt. Man erkennt aber schon hier, dass mit abnehmender Wellenlänge des eingesetzten Farbfilters die Photosyntheseaktivität der Pflanzen zunächst abnimmt.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit gelbem Farbfilter



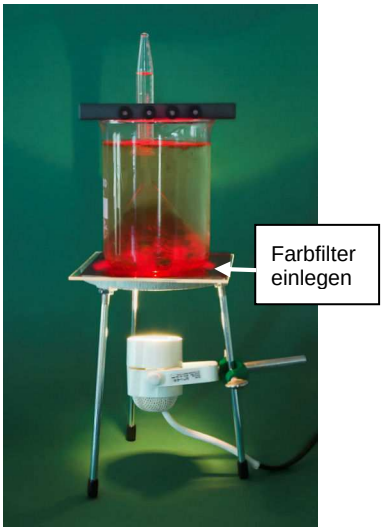
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen gelben Farbfilter (ca.600 nm) legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit grünem Farbfilter



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen grünen Farbfilter (ca. 540 nm) legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

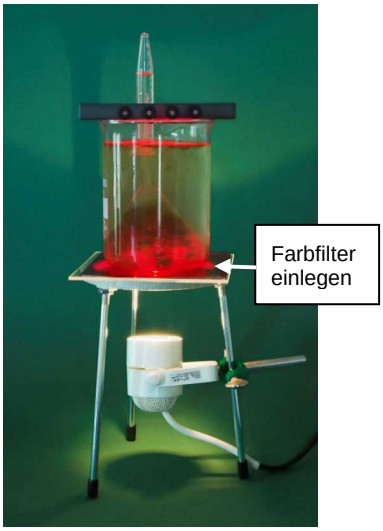
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,0
nach 10 Minuten	0,0
nach 15 Minuten	0,0
nach 20 Minuten	0,0
nach 25 Minuten	0,0
nach 30 Minuten	0,1

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich beim Einsatz eines Grünfilters so gut wie keine Gasblasen an den Schnittenden bilden. Der Grünfilter mit einer Wellenlänge von ca. 540 nm liegt in einem Bereich, der für die Photosynthese keine Bedeutung besitzt (Grünlücke). Dass die Pflanzen uns grün erscheinen, liegt daran, dass der Grünanteil des weißen Sonnenlichts fast völlig reflektiert wird. Absorbiert werden dagegen die Anteile am Rande des Spektrums: rot und blau.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit grünem Farbfilter



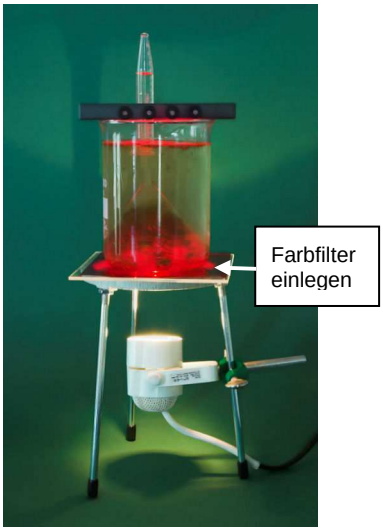
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen grünen Farbfilter (ca. 540 nm) legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

Arbeitsgruppe 4: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit blauem Farbfilter



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen blauen Farbfilter legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

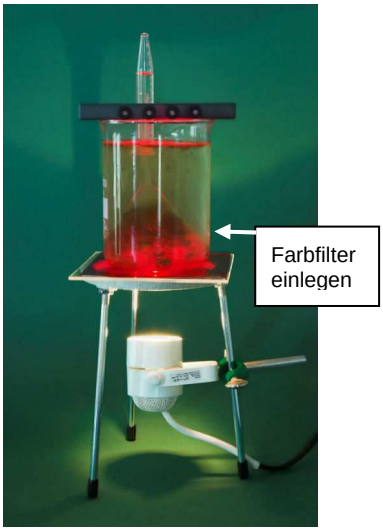
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,0
nach 10 Minuten	0,1
nach 15 Minuten	0,2
nach 20 Minuten	0,25
nach 25 Minuten	0,3
nach 30 Minuten	0,4

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich beim Einsatz eines Blaufilters wieder mehr Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln können. Der Blaufilter mit einer Wellenlänge von ca. 480 nm liegt im Bereich eines zweiten Absorptionsmaxiums (neben rot), welches für die Photosynthese ebenfalls von Bedeutung ist.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit vier verschiedenen Farbfiltern

Arbeitsgruppe 4: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit blauem Farbfilter



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen. Unter das Becherglas einen blauen Farbfilter legen.
2. Nun das Becherglas mit Leitungswasser von 18 - 20 °C, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
3. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
4. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
5. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
6. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
7. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

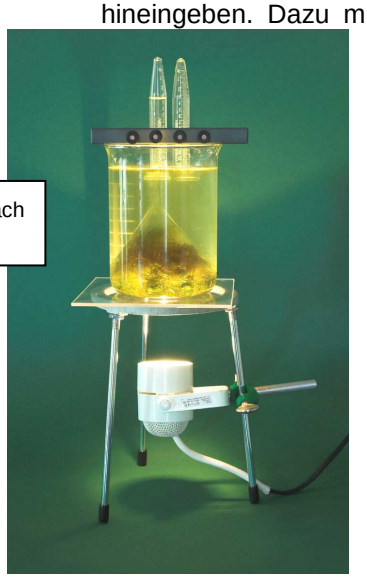
Beobachtung und Auswertung:

4. Versuchsreihe mit 4 Versuchen zur:

3.4 Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 1: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 18 °C warmem Wasser

1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.



3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0,2
nach 15 Minuten	0,3
nach 20 Minuten	0,4
nach 25 Minuten	0,55
nach 30 Minuten	0,7

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach einigen Minuten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung ist stark und gleichmäßig. Die bei dem Versuch eingestellte Temperatur des Wassers entspricht der, die in natürlichen Gewässern im Sommer angetroffen wird. Zu dieser Jahreszeit und bei dieser Temperatur ist die Photosyntheseaktivität der Pflanze auf ihren Höhepunkt.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 1: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 18 °C warmem Wasser

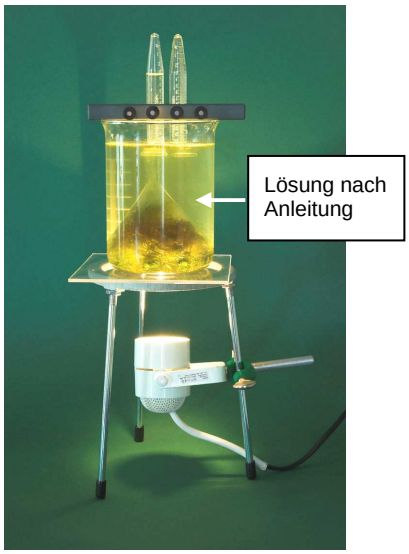
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 25 °C warmem Wasser



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 25 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

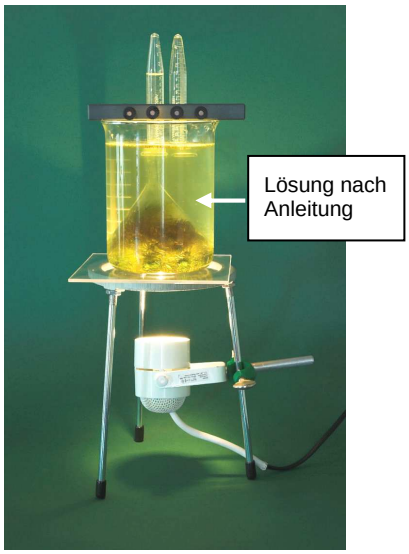
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,05
nach 10 Minuten	0,3
nach 15 Minuten	0,5
nach 20 Minuten	0,65
nach 25 Minuten	0,8
nach 30 Minuten	1,0

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach etwa 2 - 3 Minuten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung ist deutlich stärker als bei einer Temperatur von 18 °C. Das bedeutet, dass mit zunehmender Temperatur des Wassers auch die Photosyntheseaktivität der Pflanze zunimmt, da die Bedingungen von Seiten der Temperatur besser geworden sind.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 25 °C warmem Wasser



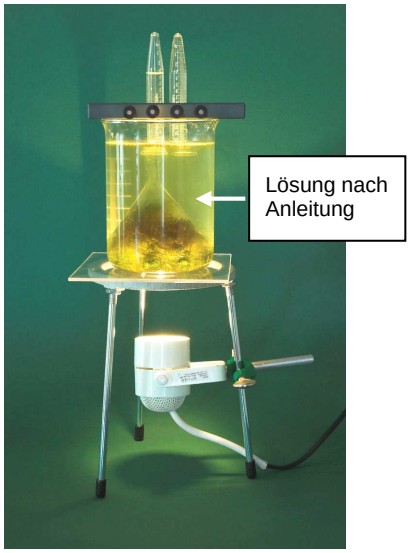
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 25 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 30 °C warmem Wasser



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 30 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

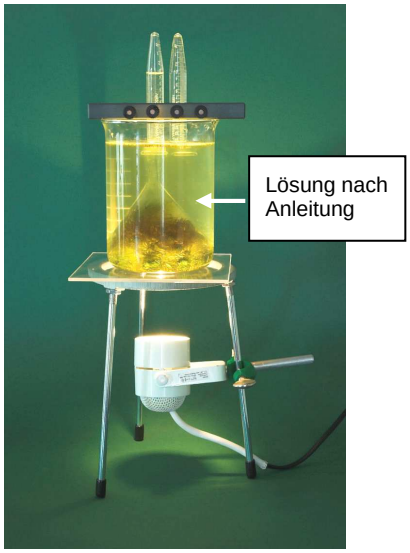
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,1
nach 10 Minuten	0,3
nach 15 Minuten	0,5
nach 20 Minuten	0,8
nach 25 Minuten	1,0
nach 30 Minuten	1,4

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass die Sauerstoffproduktion sehr deutlich ist und sich viele Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung ist auch bei 30 °C warmem Wasser sehr stark. Das bedeutet, dass die Photosyntheseleistung der Pflanze mit zunehmender Temperatur auch bei einer Wassertemperatur von 30 °C noch sehr gute Ergebnisse zeigt. 30 °C Wassertemperatur erscheint als optimale Bedingung für die Photosyntheseaktivität von Wasserpflanzen zu sein.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 30 °C warmem Wasser



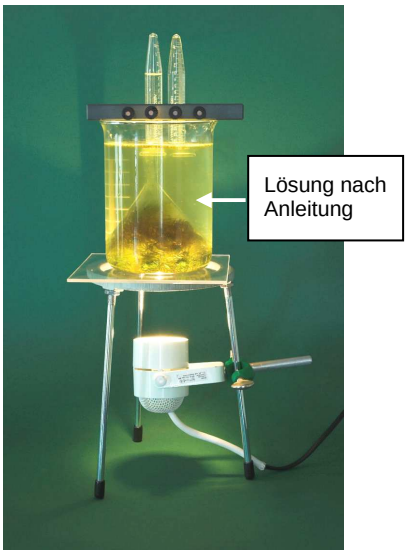
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 30 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 4: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 35 °C warmem Wasser



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 35 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

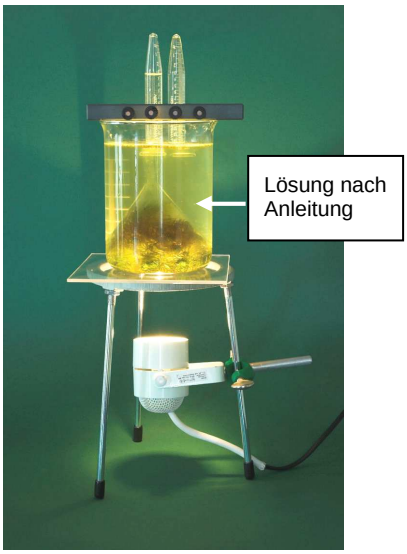
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,1
nach 10 Minuten	0,3
nach 15 Minuten	0,4
nach 20 Minuten	0,5
nach 25 Minuten	0,6
nach 30 Minuten	0,65

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich fast keine Gasblasen an den Schnittenden mehr bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung wird fast völlig eingestellt. Die Photosyntheseaktivität der Pflanze bei einer Wassertemperatur von 35 °C ist kaum noch sichtbar, was den Schluss zulässt, dass eine Wasserpflanze bei diesen Temperaturen nach und nach absterben wird, da zu wenig der Assimilate, die zum Leben erforderlich sind, gebildet werden können.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität bei verschiedenen Wassertemperaturen

Arbeitsgruppe 4: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 35 °C warmem Wasser



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 35 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben. Dazu muss die Wasserpflanze mit einer scharfen Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

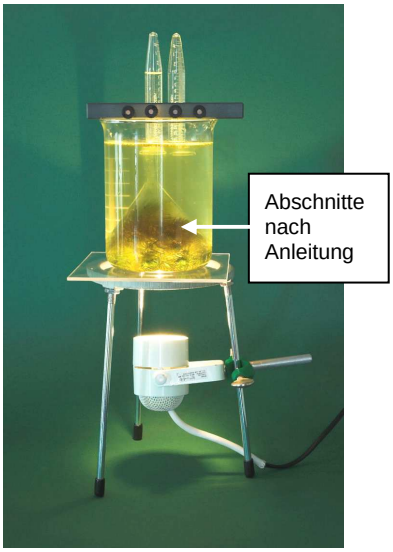
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

5. Versuchsreihe mit 4 Versuchen zur:

3.5 Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 1: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 12 Sprossabschnitten



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas sieben Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

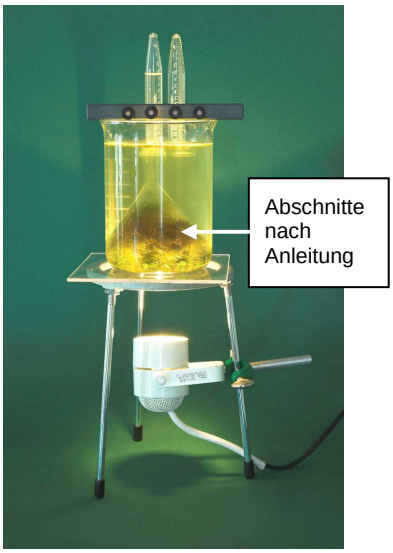
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0,2
nach 15 Minuten	0,4
nach 20 Minuten	0,6
nach 25 Minuten	0,8
nach 30 Minuten	0,9

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach 5 Minuten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung der Pflanze wird immer intensiver, bis sie stark und gleichmäßig den Sauerstoff abgibt. Bei 7 Abschnitten werden nach 30 Minuten 0,9 ml Sauerstoff gebildet.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 1: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 12 Sprossabschnitten



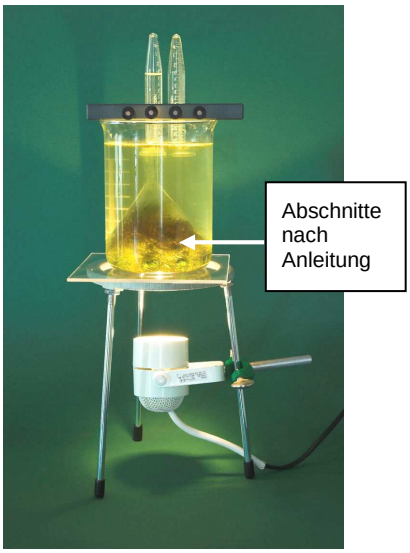
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas sieben Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Zwölf dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 12 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 14 Sprossabschnitten



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas acht Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Vierzehn dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 14 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

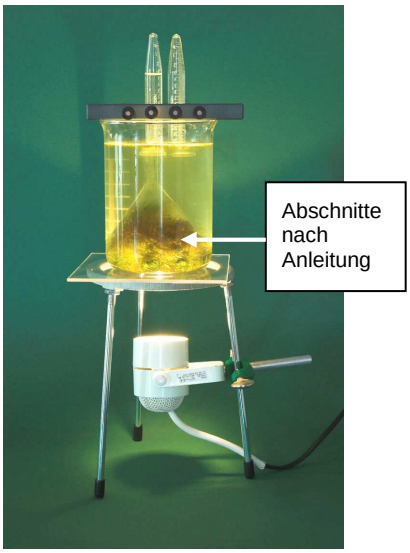
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0
nach 10 Minuten	0,2
nach 15 Minuten	0,4
nach 20 Minuten	0,6
nach 25 Minuten	0,8
nach 30 Minuten	1,0

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach 5 Minuten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung der Pflanze wird immer intensiver, bis sie stark und gleichmäßig den Sauerstoff abgibt. Bei 8 Abschnitten werden nach 30 Minuten 1,0 ml Sauerstoff gebildet.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 2: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 14 Sprossabschnitten



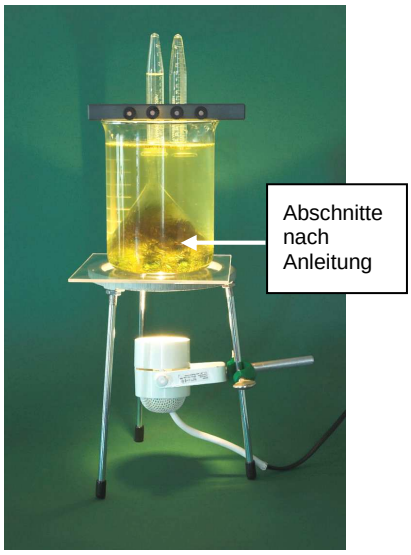
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas acht Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Vierzehn dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 14 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 16 Sprossabschnitten



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas neun Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Sechzehn dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 16 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

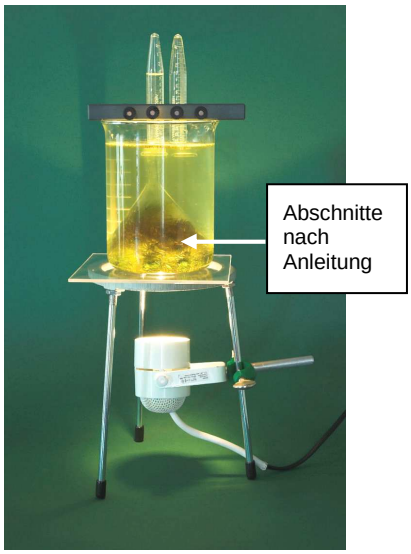
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,1
nach 10 Minuten	0,3
nach 15 Minuten	0,5
nach 20 Minuten	0,7
nach 25 Minuten	0,9
nach 30 Minuten	1,1

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach einigen Minuten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung ist stark und gleichmäßig. Bei 9 Abschnitten werden nach 30 Minuten 1,1 ml Sauerstoff gebildet. Teilweise wird das gebildete Gas in den Pflanzen festgehalten und steigt damit nicht in das Auffanggefäß auf.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 3: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 16 Sprossabschnitten



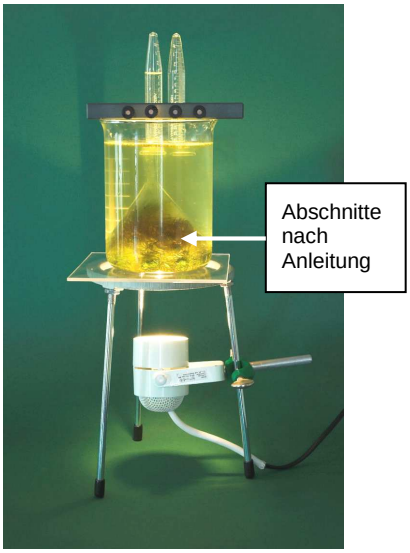
1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas neun Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Sechzehn dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 16 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 4: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 18 Sprossabschnitten



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas zehn Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Achtzehn dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 18 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

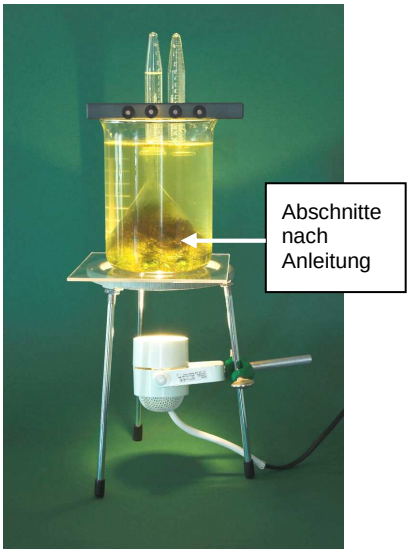
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	0,1
nach 10 Minuten	0,3
nach 15 Minuten	0,5
nach 20 Minuten	0,7
nach 25 Minuten	0,9
nach 30 Minuten	1,1

Beobachtung und Auswertung:

Es kann beobachtet werden, dass sich nach 5 Minuten Gasblasen an den Schnittenden bilden, die aufsteigen und sich im Auffanggefäß sammeln. Die Gasbildung ist stark und gleichmäßig. Bei 10 Abschnitten werden nach 30 Minuten 1,1 ml Sauerstoff gebildet.
Das Ergebnis der Versuchsreihe zeigt, dass, wie zu erwarten ist, die Anzahl der Sprossabschnitte, die im Untersuchungsbehälter vorhanden sind, für die Menge an gebildetem Sauerstoff verantwortlich sind. Da bei 10 Sprossabschnitten im Becherglas die Menge an Sauerstoff gegenüber 9 Sprossabschnitten nicht größer wird, liegt daran, dass die Pflanzenabschnitte sich gegenseitig beschatten und somit keine größere Sauerstoffproduktion zu beobachten ist.

Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit unterschiedlich vielen Sprossabschnitten

Arbeitsgruppe 4: Untersuchung der Photosyntheseaktivität mit 18 Sprossabschnitten



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welches 2 g $NaHCO_3$ enthält, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit Wasser gefüllte Becherglas zehn Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Achtzehn dieser Abschnitte sollten in das Becherglas gegeben werden. Nun den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 18 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten.
6. Im Abstand von 5 Minuten die jeweils produzierte Gasmenge in die untenstehende Tabelle eintragen.

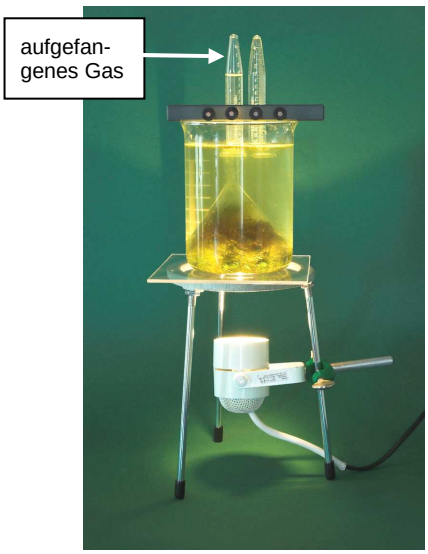
Minuten	gebildete Gasmenge in ml
nach 5 Minuten	
nach 10 Minuten	
nach 15 Minuten	
nach 20 Minuten	
nach 25 Minuten	
nach 30 Minuten	

Beobachtung und Auswertung:

3.6 Nachweis des gebildeten Sauerstoffs bei der Photosynthese

Wir empfehlen, diesen Versuch als Lehrerdemonstrationsversuch durchzuführen, da er experimentelle Erfahrung voraussetzt.
Der Versuch benötigt zur Durchführung des Sauerstoffnachweises genügend Sauerstoff (mindestens 2 ml), der erst nach etwa 60 Minuten ausreichend vorhanden ist. Daher muss der Versuch vor der Unterrichtsstunde gestartet werden.

Zusätzlich benötigte Geräte:
1 Brenner
1 Holzspan



1. Den Versuch, wie aus der Abbildung ersichtlich, aufbauen, danach das Becherglas mit 18 - 20 °C warmem Leitungswasser, welchem 2 g Natriumhydrogencarbonat zugegeben worden ist, bis etwa 2 cm unter den oberen Rand, füllen.
2. In das mit dieser Lösung gefüllte Becherglas vierzehn Abschnitte einer Wasserpflanze, z.B. Elodea densa, hineingeben, die mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell vorsichtig, ohne großen Druck, in Abschnitte von 1,5 cm Länge zerlegt werden.
3. Wenn die Abschnitte in das Becherglas gegeben worden sind, den Glastrichter so über die Wasserpflanzenabschnitte stülpen, dass sich anschließend alle 14 Abschnitte unter dem Trichter befinden.
4. Danach das mit Wasser gefüllte graduierte Auffanggefäß mit der Öffnung nach unten über das Glasrohr des Trichters stülpen. Das Auffanggefäß mit dem Universalhalter auf dem Becherglas fixieren. Dabei darf in das Auffanggefäß keine Luft eindringen.
5. Die Lampe 5 cm unter der Plexiglasscheibe positionieren, um die Wasserpflanze ausreichend mit Licht zu versorgen. Die Lampe einschalten und die Wasserpflanzenabschnitte ca. 30 min beleuchten. Beim Lehrerdemonstrationsversuch kann der Versuchsaufbau auch auf einen Overheadprojektor, zur Lichtversorgung, gestellt werden.
6. Das Auffanggefäß nun vom Universalhalter trennen und nach unten auf den Trichter setzen. Den Universalhalter entfernen und das Auffanggefäß noch unter Wasser mit einem kleinen Stopfen verschließen und es dann aus dem Wasser nehmen. **Achtung! Es darf keine Luft in das Auffanggefäß gelangen!**
7. Über einer Flamme einen Holzspan entzünden, einen Moment brennen lassen und danach die Flamme löschen. Der Holzspan glimmt. Den Stopfen vom Auffanggefäß entfernen und schnell den glimmenden Holzspan in das Gas im Auffanggefäß eintauchen.

Beobachtung und Auswertung:

Der glimmende Holzspan flammt in dem Gas, welches bei der Photosynthese von der Pflanze abgegeben worden ist, auf. Dieser Nachweis ist der Nachweis von Sauerstoff. Es kann eindeutig ausgesagt werden, dass bei der Photosynthese immer auch Sauerstoff produziert wird.
Pflanzen bilden daher für alle tierischen Lebewesen den für deren Leben notwendigen Sauerstoff.
Hier zeigt sich der Zusammenhang zwischen den Lebewesen. Ohne Pflanzen kein Sauerstoff für die Existenz der tierischen Lebewesen und ohne die tierischen Lebewesen kein Kohlenstoffdioxid, das für die Assimilation der Pflanzen von größter Bedeutung ist.

Literatur

O.V.S. Heath: Physiologie der Photosynthese. Georg thieme Verlag. Stuttgart 1972

Neil A. Campbell: Biologie. Spektrum Lehrbuch, 6. Auflage, Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin 2003

G. Vogel, H. Angermann: Taschenbuch der Biologie, Band I und II, VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1971

Strasburger: Lehrbuch der Botanik, 32. Auflage, VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1983

Brockhaus a b c der Biologie: VEB F.A. Brockhaus Verlag Leipzig 1967