

6. Unterrichtsentwurf

Themenkomplex: Stoffwechsel

Thema: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren

vorgelegt von Julia Neuse

1 Planungsgrundlagen

1.1 Curriculare Vorgaben

Die Behandlung des Themas „Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren“ ist in den Themenkomplex „Stoffwechsel“ einzuordnen und wird im ersten Schuljahr des dreijährigen Abiturs in dem Fach Biologie behandelt. Entsprechend des Berliner Rahmenlehrplanes ist es dem Basiskonzept „Stoff- und Energieumwandlung“ zuzuordnen.

Für den Themenkomplex „Stoffwechsel“ stehen laut dem schulinternen Stoffverteilungsplan insgesamt 15 Unterrichtseinheiten zur Verfügung. Das Thema „Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren“ dient als Grundlage für das weitere Verständnis des Fotosyntheseablaufes.

1.2 Planungszusammenhang

Die SchülerInnen erarbeiten sich theoretisches Wissen über verschiedene Umweltfaktoren, die einen direkten Einfluss auf die Fotosyntheseleistung haben.

Datum	Thema	Inhalt/Schwerpunktsetzung
12.02.10	Die Fotosynthese – der Stoffwechselweg, der uns das Leben ermöglicht	Bedeutung der Fotosynthese (Priestley Versuch) Evolution der Fotosynthese Blattaufbau der Pflanze
19.02.10	Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren	Erarbeitung, Sicherung und Anwendung der drei Umweltfaktoren Licht, CO₂-Gehalt und Temperatur am Beispiel der kanadischen Wasserpest
26.02.10	Die Lichtreaktion – biochemisch betrachtet	Fotolyse des Wassers → Sauerstoffbildung Lichtreaktion I und II
05.03.10	Die lichtunabhängige Reaktion – Bildung der Glucose	Reduktion des CO ₂ → Calvin-Zyklus Zusammenfassung der Lichtreaktion und der lichtunabhängigen Reaktion

1.3 Spezielle Voraussetzungen/Besonderheiten

Ein Großteil der SchülerInnen ist sehr interessiert an biologischen Vorgängen. Sie sind bestrebt ihr theoretisches und praktisches Vorwissen zu vertiefen. Die Klasse zeigt bezüglich des Vorwissens zu der Fotosynthese eine sehr heterogene Verteilung. Durch die lehrerbestimmte Zuordnung der Gruppen während der arbeitsteiligen Erarbeitungsphase soll es allen Lernenden ermöglicht werden, ihren Teil der Aufgaben zu lösen und ergebnisorientiert arbeiten zu können.

Da der Raum der Klasse 4094 sehr klein ist, wird der Unterricht an diesem Tag in den Raum 2.1.26 erfolgen. Dadurch ist es möglich, dass einige der Lernenden zu spät kommen könnten.

1.4 Aspekte individueller Kompetenzentwicklung des Lehrenden

In dieser Unterrichtseinheit soll auf ein angemessenes fachliches Niveau bezüglich der Lerngruppe geachtet werden. Weiterhin möchte ich versuchen, die SchülerInnen durch gezielte Frage- und Impulstechniken zu einem aussagekräftigen Handlungsprodukt zu führen.

2 Lerngruppe

2.1 Statistische Angaben

Die Klasse 4094 setzt sich aus 25 Lernenden, davon 10 Schülerinnen und 15 Schüler, zusammen.

Tabelle 1: Altersstruktur der Lernenden

Alter	16	17	18	19
gesamt	9	11	4	1

Tabelle 2: Herkunft der Lernenden nach der Schulform

abgehende Schulform	OG	H	O	OR
Anzahl der Schüler	3	1	4	17

OG: Gymnasium; **H:** Hauptschule; **O:** Gesamtschule; **OR:** Realschule

2.2 Kompetenzstand/-profil

2.2.1 Sachkompetenz

Bezüglich des aktuellen Stundenthemas wissen die Lernenden, dass:

- Wasserpflanzen Fotosynthese betreiben.
- Wasserpflanzen Lichtenergie und Kohlenstoffdioxid (CO₂) benötigen, um Fotosynthese betreiben zu können.
- der Fotosynthese-Stoffwechselweg Enzyme benötigt, Enzyme temperaturabhängig sind und bei höheren Temperaturen ihre Struktur verändern.
- bei der Fotosynthese die Produkte Glucose und Sauerstoff entstehen.

- die Summenformel der Fotosynthese $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$ lautet.
- eine Temperaturkurve ein Optimum/Maximum aufweist und damit Optimum-/Maximumkurve genannt wird.
- Kurven, die zunächst ansteigen und sich anschließend einem Grenzwert nähern als Sättigungskurven bezeichnet werden.

2.2.2 Methodenkompetenz

Bezüglich des aktuellen Stundenthemas:

- lesen und bearbeiten die SchülerInnen problemlos in Einzelarbeit Arbeitsblätter.
- arbeiten die Lernenden meist zielorientiert mit ihrem Partner und innerhalb ihrer Gruppe zusammen.
- üben sich die Lernenden in der Anfertigung, der Beschreibung und Interpretation von Diagrammen.
- präsentiert ein Teil der Lernenden selbstständig erarbeitete Ergebnisse schon gut mithilfe zusammen entwickelter Aufzeichnungen.
- üben die Lernenden selbst erarbeitete Ergebnisse auf andere problemorientierte Aufgaben anzuwenden.

2.2.3 Sozial- und Personalkompetenz

Bezüglich des aktuellen Stundenthemas:

- sind die meisten SchülerInnen motiviert und zeigen eine hohe Lernbereitschaft bei der Erarbeitung biologischer Sachverhalte.
- arbeiten viele Lernende in Einzelarbeit schon selbstständig und ergebnisorientiert.
- halten die Lernenden während der Gruppen- und Partnerarbeit Kommunikationsregeln ein und gehen miteinander tolerant und umsichtig um.
- weist ein Teil der Lernenden Führungsfähigkeiten innerhalb der Gruppe auf und zeigt Verantwortungsbewusstsein für die Gruppenmitglieder.
- bei Präsentationen vor der Klasse üben die SchülerInnen sich offen und selbstbewusst zu geben.

3 Didaktische Entscheidungen

3.1 Relevanz der Thematik

Gegenwartsbedeutung

Nur den Pflanzen ist es möglich mithilfe der Lichtenergie (Sonnenenergie), aus dem energiearmen Kohlenstoffdioxid und temperaturabhängigen Enzymen, die vor allem die chemischen Vorgänge der lichtunabhängigen Reaktion bestimmen, Sauerstoff und chemische Energie herzustellen, die wir Menschen benötigen, um Stoffwechsel betreiben zu können. Die Fotosynthese stellt somit die Basis aller lebensnotwendigen Vorgänge auf der Erde dar.

Bedeutend für die Fotosyntheseleistung sind die Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur.

Lichtenergie

Auch wenn Kohlenstoffdioxid mit 0,03% nur als „Spurengas“ in der Luft enthalten und im Wasser dissoziiert oder als gelöste Carbonate verfügbar ist, beruht auf ihm die Fotosynthese. Es stellt praktisch die einzige Kohlenstoffquelle der Lebewesen dar. Die Absorption des Lichtes und seine Umwandlung in chemische Energie (Glucose) zeigen den zentralen Teil des Fotosynthesevorganges

von dem heterotrophe Organismen und Lebewesen profitieren. Der Faktor Temperatur findet zudem gleichermaßen Beachtung, da Stoffwechselprozesse, wie die Fotosynthese, dadurch schneller ablaufen können. Die Lernenden werden durch die verschiedenen Jahreszeiten regelmäßig damit konfrontiert und können die Auswirkungen der Umweltfaktoren auf das Pflanzenwachstum beobachten. Weiterhin wird sich der Einfluss der Faktoren Kohlenstoffdioxid und Temperatur in der Landwirtschaft schon seit vielen Jahren zu Nutze gemacht, um die Herstellung von pflanzlichen Lebensmitteln zu optimieren. Auch Obst- und Gemüsesorten von anderen Kontinenten werden auf dem Weg nach Deutschland durch Temperatur- und Kohlenstoffdioxidregelungen in ihren Reifungsprozessen gesteuert.

Die genannten Faktoren stellen für die SchülerInnen die Grundlage dar, sich die gesamte Fotosynthese als wichtigsten Stoffwechselweg auf der Erde zu erschließen.

Zukunftsbedeutung

Auch in naher und weiter Zukunft sind die SchülerInnen direkt von der Fotosynthese und ihren Produkten betroffen. Ohne sie ist ihnen das Atmen nicht möglich und es können auch keine lebensnotwendigen Nährstoffe aufgenommen werden.

Nach der Einführungsphase werden die Lernenden im Kurssystem (Ökologie) erneut auf die Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur treffen und sich intensiv mit den Auswirkungen auseinandersetzen. Für den globalen Temperaturanstieg wird nach dem heutigen Kenntnisstand der CO₂- Anstieg verantwortlich gemacht. Eine Auseinandersetzung mit diesen beiden Umweltfaktoren ist daher gerade für SchülerInnen, die eine umfassende biologische Grundbildung erhalten von großer Bedeutung, denn von diesen SchülerInnen wird später erwartet, dass sie sich fachlich kompetent an Diskussionen zum Klimawandel beteiligen können.

Exemplarische Bedeutung

Die Abhängigkeit der Fotosynthese von den verschiedenen Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur wird am Beispiel der kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*) erarbeitet, da bei dieser Pflanze diesbezüglich wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt wurden und somit fundierte Messwerte für die Erarbeitung im Unterricht vorliegen.

3.2 Didaktische Reduktion und inhaltliche Strukturierung

Horizontale Reduktion

Innerhalb des Themas „Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren“ gibt es viele Wege den Biologieunterricht zu gestalten. In dieser Unterrichtseinheit sollen sich die Lernenden grundlegendes Wissen zu den abiotischen Faktoren

Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur erarbeiten, da diese die Fotosyntheseleistung direkt beeinflussen und für die weitere Behandlung des Themas Fotosynthese unverzichtbar sind, sowohl im theoretischen als auch im praktischen Unterricht. Andere Umweltfaktoren, wie die Mineralstoffkonzentration des Bodens und der Einfluss des Wassers weisen nur einen indirekten Einfluss auf die Fotosyntheseleistung auf und sind zudem schwer bestimmbar und in der Auswertung komplexer nachzuvollziehen. Darauf wird jedoch in der Kursphase in der Ökologie näher eingegangen. Die Erarbeitung der oben genannten Umweltfaktoren erfolgt exemplarisch an der kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*). Zum einen existieren wissenschaftliche Messwerte, die es den Lernenden ermöglicht hierfür ein Diagramm anzufertigen. Zum anderen werden anhand der gut untersuchten Wasserpest (in vielen Aquarien vorzufinden) Experimente im praktischen Unterricht durchgeführt und den SchülerInnen ist es somit möglich auf ihr Vorwissen zurückzugreifen und Sachverhalte besser miteinander zu verknüpfen. Zudem ist die kanadische Wasserpest eine heimische Pflanze und in unseren Seen in und um Berlin seit Mitte des 19. Jahrhunderts eingebürgert.

Vertikale Reduktion

Die Lernenden erhalten neben einem kurzen Informationstext für die Erarbeitung der Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von den Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur wissenschaftliche Messwerte, die sie in ein Diagramm übernehmen sollen. Auf eine Durchführung der Experimente wurde verzichtet, da im Theorieunterricht noch keine Versuche durchgeführt wurden und nicht in den Praxisunterricht vorgegriffen werden soll. Diese zur Verfügung gestellten Messwerte ermöglichen es den Lernenden, ergebnisorientierte und aussagekräftige Diagramme zu gestalten, die anschließend ausführlich interpretiert und analysiert werden können. Die Fotosyntheseleistung wird als Luftbläschen pro Minute angegeben. Auch wenn in der Luft andere Elemente außer Sauerstoff enthalten sind, soll dies Angabe für die Lernenden als Vereinfachung dienen. Für die Auswertung der Diagramme sollen die Lernenden mit einem Leitfaden (Leitfaden zur Arbeit mit Diagrammen) arbeiten, da ein Großteil der Lernenden immer noch Schwierigkeiten hat ohne diesen zu arbeiten. Diesen haben sie in einer vorangegangenen Stunde ausgehändigt bekommen. Da es auch mit dem Leitfaden für einige SchülerInnen nicht einfach ist, fachlich ausführliche Interpretationen zu den Kurvenverläufen der einzelnen Umweltfaktoren zu geben, sind auf den Arbeitsblättern Informationen aufgeführt, auf die sich die Lernenden beziehen sollen.

Inhaltliche Strukturierung

Zunächst sollen die Lernenden Faktoren nennen, die zu einem unterschiedlichen Wachstum der kanadischen Wasserpest geführt haben könnten. Anschließend stellen die Lernenden Vermutungen

an, wie die Fotosyntheseleistung gemessen wird und die Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur an der kanadischen Wasserpest untersucht werden können.

Danach erarbeiten sich die Lernenden Informationen zu dem Einfluss der Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur auf die Fotosyntheseleistung an der kanadischen Wasserpest. Zuletzt wenden die SchülerInnen ihr neu erworbenes Wissen an und schlussfolgern, in welchem Zusammenspiel die drei erarbeiteten Umweltfaktoren zueinander stehen.

3.3 Didaktisches Konzept

Als didaktisches Konzept dient das exemplarische Lernen. Das Ziel der Stunde ist der naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinn des Einflusses der Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur auf die Fotosyntheseleistung am Beispiel der kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*). Zu Beginn der Unterrichtseinheit werden die SchülerInnen mit dem Problem (Folie 1) konfrontiert, dass die kanadische Wasserpest ein unterschiedliches Wachstum bei zunächst gleichen Anzuchtbedingungen aufweist. Hierzu sollen die Lernenden mögliche Einflussfaktoren in einem Lehrer-Schüler-Gespräch benennen. Dadurch ist es anschließend möglich in das Thema der Stunde „Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren“ tiefer einzudringen. Danach werden den Lernenden die Umweltfaktoren bekannt gegeben und begründet, zu denen sie sich weitere Informationen erarbeiten sollen. Über die gesamte Unterrichtseinheit wird zum größten Teil induktiv (am Beispiel der Wasserpest) vorgegangen, da die Lernenden den Weg des Wissenschaftlers, wenn auch theoretisch, nachvollziehen sollen.

Nachdem den SchülerInnen bekannt ist, dass die Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur einen direkten Einfluss auf die Fotosyntheseleistung ausüben, sollen sie sich in die Situation eines Wissenschaftlers versetzen und Vermutungen anstellen, wie die Fotosyntheseleistung gemessen und der Einfluss der einzelnen Umweltfaktoren bei der Wasserpest näher untersucht werden könnte. Diese Hinführung zur Erarbeitungsphase erfolgt mündlich in arbeitsteiliger Gruppenarbeit und wird an der Tafel für eine bessere Transparenz festgehalten. Üblich wäre es jetzt, die Lernenden Experimente zu den einzelnen Umweltfaktoren durchführen zu lassen. Da das jedoch im Praxisunterricht in einer ähnlichen Form erfolgt, erarbeiten sich die SchülerInnen zunächst in Einzelarbeit theoretische Informationen zu einem Umweltfaktor mithilfe eines Arbeitsblattes und interpretieren anschließend in der arbeitsgleichen Gruppe ihre Ergebnisse.

Die Gruppen werden von mir vor der Stunde bestimmt, da die Lernenden bezüglich der fachlichen Erschließung teilweise sehr heterogen sind und der Umweltfaktor Kohlenstoffdioxid einen höheren Schwierigkeitsgrad in der Erarbeitung aufweist.

In der Gruppenarbeit ist es besonders wichtig, dass die Lernenden zielorientiert miteinander arbeiten, weil sie ihre Ergebnisse danach vor der Klasse präsentieren werden und die nicht präsentierenden Gruppen eine Bewertung vornehmen sollen. Die Zusammenarbeit erfordert daher untereinander ein hohes Maß an Kooperation und Teamfähigkeit.

Nach der Präsentation der Ergebnisse von drei Gruppen (Vorstellung der drei Umweltfaktoren) werden die Lernenden in einem Lehrer-Schüler-Gespräch aufgefordert, die Auswertung der Zusatzaufgaben vorzustellen (falls diese in der vorgegebenen Erarbeitungszeit von den schnelleren Gruppen bearbeitet werden konnten). Diese Aufgaben verdeutlichen den Lernenden, welchen Einfluss die Umweltfaktoren besitzen und weshalb es wichtig für sie ist, grundlegende Kenntnisse zu deren Auswirkungen zu erhalten. Da sich jeder Lernende nur mit einem Umweltfaktor auseinandergesetzt hat, wird im letzten Teil der Stunde eine Anwendungsaufgabe zu den drei Umweltfaktoren Kohlenstoffdioxid, Licht und Temperatur gestellt, die die Lernenden in Partnerarbeit lösen sollen. Diese Anwendungsaufgabe bezieht sich auf Landpflanzen und stellt somit eine Übertragung der induktiven (exemplarisch an der kanadischen Wasserpest) auf die deduktive Vorgehensweise (das Allgemeine – an den Landpflanzen) dar.

3.4 Längerfristig angestrebter Kompetenzzuwachs

Ziel des Themenkomplexes „Stoffwechsel“:

Die SchülerInnen eignen sich fundamentale Kenntnisse über die wichtigsten Stoffwechselfvorgänge in der Zelle an. Sie wenden dabei ihr aus der Zellbiologie bekanntes Wissen auf die einzelnen Stoffwechselprozesse in den Zellorganellen an.

3.5 Kompetenzentwicklung im aktuellen Lehrvorhaben mit Indikatoren

Ziel des Stundenthemas „Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren“:

Die SchülerInnen erarbeiten sich grundlegende Kenntnisse über den Einfluss der drei Umweltfaktoren CO₂, Licht und Temperatur auf die Fotosyntheseleistung der kanadischen Wasserpest. Sie stellen fest, dass die genannten Umweltfaktoren die Fotosyntheseleistung direkt beeinflussen und diese anhand der Sauerstoffproduktion gemessen werden kann. Die Lernenden erkennen zum einen, dass die Fotosyntheseleistung temperaturabhängig ist und bei optimalen Temperaturen eine hohe Fotosyntheserate erzielt werden kann. Zum anderen erfassen sie, dass die Fotosyntheseleistung zunächst durch eine stärkere Beleuchtung und einer Erhöhung des CO₂-Gehalt bis zu einem Sättigungspunkt gesteigert werden kann. Daraus schlussfolgern die Lernenden, dass die Fotosyntheseleistung der Pflanzen von den genannten Umweltfaktoren abhängig ist. Zuletzt

lernen die SchülerInnen, dass sich jeder einzelne Umweltfaktor limitierend auf die Fotosyntheseleistung auswirken kann und somit das Pflanzenwachstum minimiert.

Phase	Prozessbezogene Indikatoren	Produktbezogene Indikatoren
I	Die SchülerInnen... ...beschreiben zwei Abbildungen (Folie 1), die das Wachstum der kanadischen Wasserpest aufzeigen und benennen mögliche Faktoren, die zu einem unterschiedlichen Wachstum geführt haben können (LSG).	OHF I
II	... stellen in einem LSG Vermutungen an, wie die Fotosyntheseleistung gemessen werden + wie der Einfluss der einzelnen Umweltfaktoren (Licht, CO ₂ -Konzentration, Temperatur) bei der Wasserpest näher untersucht werden kann.	TB
III	...zeichnen und beschreiben ein Diagramm mithilfe von vorgegebenen Messwerten in arbeitsteiliger Einzelarbeit zu einem Umweltfaktor auf ihrem AB I, vergleichen und interpretieren in der arbeitsgleichen Gruppe anschließend ihre Ergebnisse und notieren ihre gemeinsame Lösung auf der Folie 2, die sie vor dem Plenum präsentieren.	OHF II der Gruppen I-III (wird kopiert und nachgereicht)
+ IV	... überprüfen die anderen Präsentationen gemeinsam in der Gruppe mithilfe eines Kontrollbogens und führen jeweils im Plenum anschließend eine mündliche Bewertung durch.	
V	... wenden ihr neu erlerntes Wissen an und bearbeiten in Partnerarbeit das AB II.	AB II

Legende: Fettdruck = **Hauptlernaktion**

4 Medien

4.1 Unterrichtsmedien

Medien	Didaktische Funktion
<i>OHF I</i> : Einstiegsfolie → Wachstum der kanadischen Wasserpest	Aktivierung von Vorwissen, Motivation
<i>Tafelbild</i> : Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren	Hinführung zur Erarbeitung
<i>AB I</i> : Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren (Gruppe I-III, doppelt besetzt)	Erarbeitung
<i>OHF II</i> : Präsentationsfolie	Präsentation, Sicherung
<i>Kontrollbögen</i> : Kontrollbögen für die Diagramme mit den Außenfaktoren CO ₂ , Licht und Temperatur	Bewertung der Methode <i>Diagrammauswertung</i>
<i>AB II</i> : Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von den Umweltfaktoren Temperatur und Beleuchtungsstärke	Anwendung

4.2 Literatur

Bücher:

Prof. Weber, U.: Biologie Oberstufe Gesamtband, 1. Auflage, 10. Druck 2008/06, Cornelsen Verlag Berlin 2001, Berlin

Scharf, K.-H.; Weber, W.: Stoffwechselfysiologie, Materialien für die Sekundarstufe II, Schroedel Schulbuchverlag GmbH 1995, Hannover

Andere Literaturquellen:

Materialien vom bscw-Server

Helmich, U.: Abbildung: Wasserpestversuch

Internet:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/ElodeaCanadensis.jpg/300px-ElodeaCanadensis.jpg>

5 Anhang

OHF I: Einstiegsfolie → Wachstum der kanadischen Wasserpest

Antizipiertes Tafelbild → Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren

AB I → Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von verschiedenen Umweltfaktoren

→ Gruppe I-III: Abhängigkeit der Fotosynthese von dem Außenfaktor CO₂, Licht, Temperatur

OHF II → Präsentationsfolie

Kontrollbögen → Kontrollbögen für die Diagramme mit den Außenfaktoren CO₂, Licht und Temperatur

AB II → Übung zur Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von den Umweltfaktoren Temperatur und Beleuchtungsstärke

OHF I

In den Abbildungen 1 und 2 ist das Wachstum der Kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*) zu einem bestimmten Zeitpunkt dargestellt. Beide Pflanzen waren bei der Anzucht gleich groß.



Abb. 1: Wasserpest A

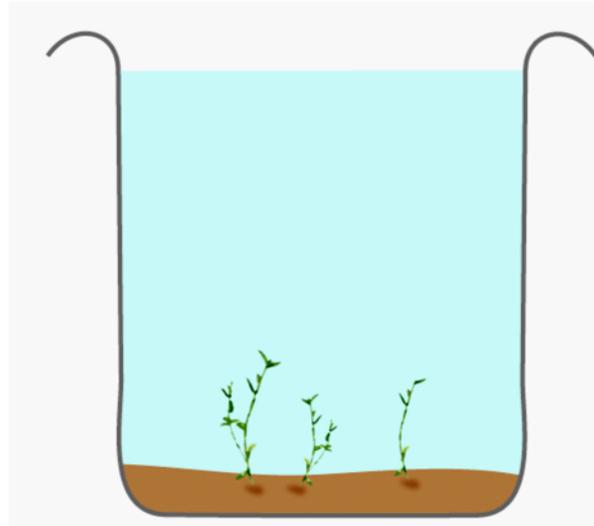


Abb. 2: Wasserpest B

Antizipiertes Tafelbild

Messung der
Fotosyntheseleistung

- Messung der Sauerstoffproduktion
- Messung der Trockenmasse der Pflanze
- Messung der Ausgangsstoffe

**Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von
verschiedenen Umweltfaktoren**

Untersuchung der Umweltfaktoren

Licht:

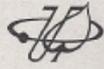
- Wasserpest abdunkeln + bei verschiedenen Lichteinwirkungen aussetzen, wie z. B. Zimmerbeleuchtung

Temperatur:

- unterschiedliche Wassertemperaturen, sehr kaltes bis sehr warmes Wasser

CO₂:

- mit verschiedenen CO₂-Konzentrationen begasen, Wasser mit einem hohen CO₂-Gehalt (Mineralwasser) zugeben



Lise-Meitner Schule
OSZ für Chemie, Physik
und Biologie

AB I: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung
von verschiedenen Umweltfaktoren

Datum:
Name:
Lehrerin: Neuse

Gruppe 1: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von dem Außenfaktor CO₂

Wasserpflanzen, wie die Kanadische Wasserpest, können das im Wasser gelöste Kohlenstoffdioxid sowie gelöste Carbonate (Salze der Kohlensäure) als Kohlenstoffquelle für die Fotosynthese nutzen. In der folgenden Tabelle sind die Versuchsergebnisse zur Fotosyntheseleistung der Kanadischen Wasserpest dargestellt. Dabei wurden verschiedene Versuchsanordnungen bei optimalen Temperatur- und Lichtverhältnissen durchgeführt. Die Fotosyntheseleistung wurde dabei über die Bildung von Sauerstoffbläschen pro Minute ermittelt.

Aufgaben: (Zeitvorgabe: 20 min.)

Einzelarbeit

1. Zeichnen Sie anhand der im Versuch ermittelten Werte den Kurvenverlauf in das Koordinatensystem auf Seite 2 ein.

Versuchsgefäß mit	Luftbläschen /min (= Fotosyntheseleistung)	
1. Destilliertem Wasser	0	
2. Leitungswasser	6	
3. Leitungswasser/Mineralwasser (1:1)	12	
4. Leitungswasser/Mineralwasser (1:2)	16	
5. Leitungswasser/Mineralwasser (1:3)	17	
6. Mineralwasser	17	

2. Finden Sie eine Überschrift für den Kurvenverlauf und beschreiben Sie die Kurve in kurzen Stichpunkten. *Hinweis: Beachten Sie das Methodenblatt „Leitfaden zur Arbeit mit Diagrammen“*

Gruppenarbeit

3. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse von Aufgabe 1 und 2 in der Gruppe und interpretieren Sie gemeinsam den Kurvenverlauf.

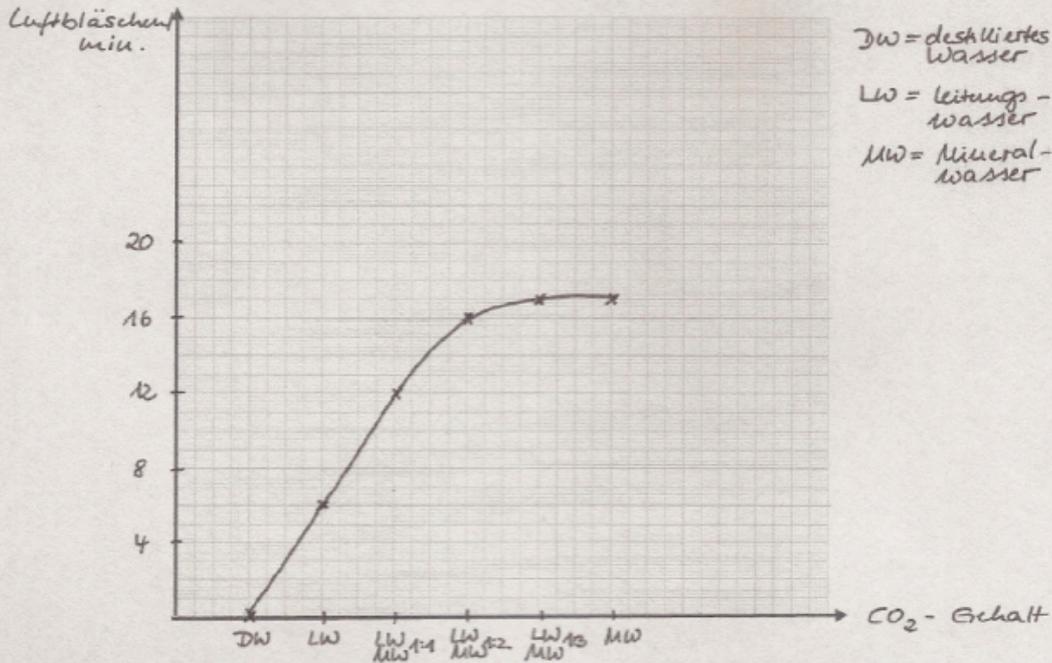
Gehen Sie dabei darauf ein, welche Fotosyntheserate in natürlicher Umgebung (Leitungswasser) erreicht wird und was passiert, wenn der unterschiedliche Mineralwasser-Gehalt erhöht oder destilliertes Wasser für den Versuch verwendet wird.

4. Bereiten Sie sich gemeinsam auf eine fünfminütige Präsentation Ihrer Ergebnisse mithilfe der Ihnen zur Verfügung gestellten Folie vor.

Zusatzaufgabe: Überlegen Sie, wie der Einfluss des CO₂-Gehalts in der Landwirtschaft genutzt wird.

- durch CO₂-Begasung in Gewächshäusern gelingt es, die Obst- und Gemüseerträge zu steigern (ca. auf das Dreifache)

Zunahme der Fotosyntheseleistung in Abhängigkeit von dem CO₂-Gehalt

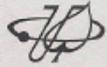


Beschreibung der Kurve für den Außenfaktor CO₂:

- x-Achse: CO₂-Gehalt; y-Achse: Fotosyntheseleistung in Luftbläschen/min. (Messbereich von 0 bis 17 Luftbläschen)
- in dest. Wasser = keine Luftbläschen/min., in Leitungswasser = sechs Luftbläschen/min., in Leitungswasser/Mineralwasser 1:1 = 12 Luftbläschen/min., in Leitungswasser/Mineralwasser 1:2 = 16 Luftbläschen/min., in Leitungswasser/Mineralwasser 1:3 = 17 Luftbläschen/min., in Mineralwasser = 17 Luftbläschen/min.
- Sättigungskurve → steigt von dest. Wasser bis Leitungswasser/Mineralwasser 1:2 stark an und von Leitungswasser/Mineralwasser 1:2 bis Leitungswasser/Mineralwasser 1:3 schwach an (Höchstwert der Luftbläschen/min.); von Leitungswasser/Mineralwasser 1:3 bis Mineralwasser bleibt Kurve konstant

Interpretation der Kurve für den Außenfaktor CO₂:

- Gesamtaussage: je mehr CO₂ im Wasser enthalten ist, desto mehr Luftbläschen werden zunächst produziert bis es zu einer Sättigung der Aufnahme kommt (Enzym → RubisCo, das an der Fotosynthese beteiligt ist, ist dann mit dem Substrat CO₂ gesättigt = nicht von der Lerngruppe verlangt, da Vorkenntnisse fehlen)
- DW: keine Luftbläschenproduktion, da Wasser deionisiert ist, d.h. keine Carbonat oder CO₂ im Wasser enthalten ist
- LW: Luftbläschenproduktion, da im Wasser ein natürlicher Gehalt an CO₂ enthalten ist; aber kann noch gesteigert werden
- LW/MW im Verhältnis 1:1, 1:2 und 1:3: Luftbläschenproduktion erhöht sich mit gleichzeitiger Erhöhung des MW-Gehalts, da im MW mehr CO₂ enthalten ist als im Leitungswasser
- MW: Luftbläschenproduktion ist gleich dem Verhältnis LW/MW 1:3, da nicht mehr CO₂ aufgenommen werden kann (Enzyme sind gesättigt, die das Substrat CO₂ umsetzen)



Lise-Meitner Schule
OSZ für Chemie, Physik
und Biologie

**AB I: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung
von verschiedenen Umweltfaktoren**

Datum:
Name:
Lehrerin: Neuse

Gruppe 2: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von dem Außenfaktor Licht

Wasserpflanzen, wie z. B. die Kanadische Wasserpest, sind ideale Versuchsobjekte, um den Einfluss von Außenfaktoren zu ermitteln, da ihre Fotosyntheserate direkt durch die Bildung von Sauerstoffbläschen pro Minute ermittelt werden kann. In der folgenden Tabelle sind die Versuchsergebnisse zur Fotosyntheseleistung der Kanadischen Wasserpest dargestellt. Dabei wurden verschiedene Versuchsanordnungen bei optimalen Temperatur- und CO₂-Verhältnissen durchgeführt.

Aufgaben: (Zeitvorgabe: 20 min.)

Einzelarbeit

1. Zeichnen Sie anhand der im Versuch ermittelten Werte den Kurvenverlauf in das Koordinatensystem auf Seite 2 ein.

Lichteinwirkung	Luftbläschen /min (= Fotosyntheseleistung)	
1. Dunkelheit	0	
2. Zimmerbeleuchtung	6	
3. Bedeckter Sommertag	17	
4. Heller Sonnentag	17	

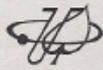
2. Finden Sie eine Überschrift für den Kurvenverlauf und beschreiben Sie die Kurve in kurzen Stichpunkten. *Hinweis: Beachten Sie das Methodenblatt „Leitfaden zur Arbeit mit Diagrammen“*

Gruppenarbeit

3. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse von Aufgabe 1 und 2 in der Gruppe und interpretieren Sie gemeinsam den Kurvenverlauf.
Gehen Sie dabei darauf ein, welche Fotosyntheserate in natürlicher Umgebung (bedeckter Sommertag) erreicht wird und was passiert, wenn für die Wasserpest die Sonne scheint.
4. Bereiten Sie sich gemeinsam auf eine fünfminütige Präsentation Ihrer Ergebnisse mithilfe der Ihnen zur Verfügung gestellten Folie vor.

Zusatzaufgabe: Überlegen und begründen Sie, warum Kräuter in einem Wald wachsen können.

- *Kräuter sind an die geringere Lichteinwirkung auf dem Waldboden angepasst → Lichtsättigung tritt früher ein*

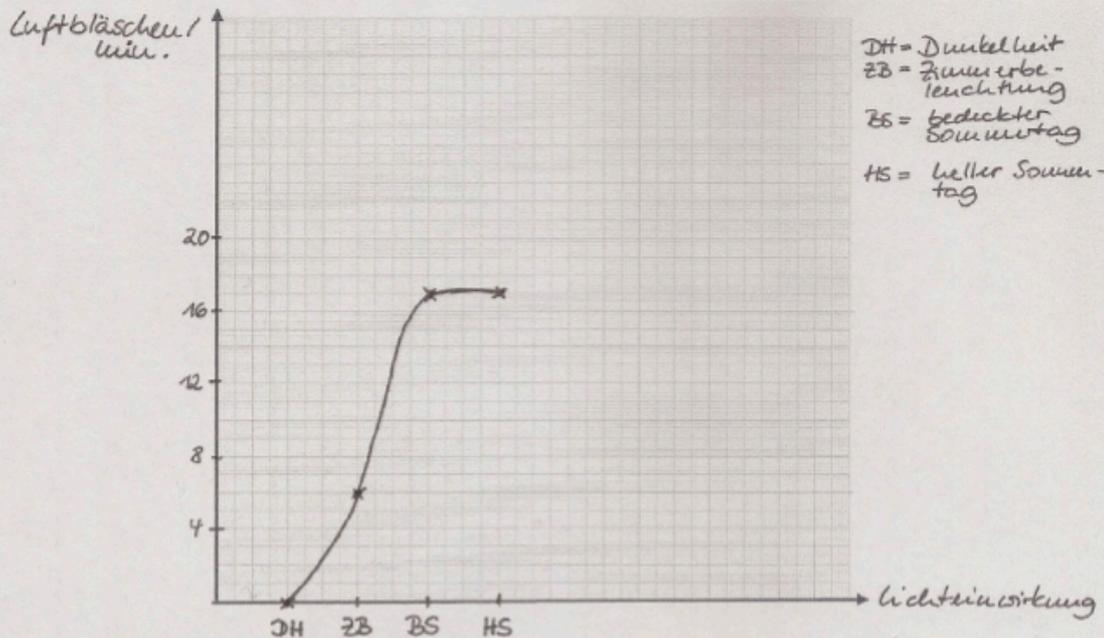


Lise-Meitner Schule
OSZ für Chemie, Physik
und Biologie

AB I: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung
von verschiedenen Umweltfaktoren

Datum:
Name:
Lehrerin: Neuse

Zunahme der Fotosyntheseleistung in Abhängigkeit von der Lichteinwirkung



Beschreibung der Kurve für den Außenfaktor Licht:

- x-Achse: Lichteinwirkung; y-Achse: Fotosyntheseleistung in Luftbläschen/min. (Messbereich von 0 bis 17 Luftbläschen)
- in Dunkelheit = keine Luftbläschen/min., in Zimmerbeleuchtung = sechs Luftbläschen/min., bei bedecktem Sommertag = 17 Luftbläschen/min., bei hellem Sommertag = 17 Luftbläschen/min.
- Sättigungskurve → steigt von Dunkelheit bis bedecktem Sommertag stark an und vom bedeckten Sommertag (Höchstwert der Luftbläschen/min.) bis zum hellen Sommertag bleibt Kurve konstant

Interpretation der Kurve für den Außenfaktor Licht:

- Gesamtaussage: je stärker die Lichteinwirkung ist, desto mehr Luftbläschen werden zunächst produziert bis es zu einer Sättigung der Aufnahme der Lichtenergie kommt („Lichtpigmente“ → die an der Fotosynthese beteiligt sind, sind dann mit der Lichtenergie gesättigt = nicht von der Lerngruppe verlangt, da Vorkenntnisse fehlen)
- DH: keine Luftbläschenproduktion, da Lichtenergie für die Fotosynthese benötigt wird
- ZB: Luftbläschenproduktion, da Lichtenergie (gering) vorhanden ist, um Fotosynthese betreiben zu können
- BS: stärkere und zugleich maximale Luftbläschenproduktion, da mehr Lichtenergie als bei Zimmerbeleuchtung vorhanden ist und diese die maximale Lichtenergie für den Bedarf der Wasserpest deckt, um Fotosynthese betreiben zu können
- HS: Luftbläschenproduktion ist gleich der bei BS, da maximale Lichtenergie schon erreicht wurde für den Bedarf der Wasserpest bei BS, um Fotosynthese betreiben zu können („Lichtpigmente“ sind gesättigt, die die Lichtenergie aufnehmen können)



Lise-Meitner Schule
OSZ für Chemie, Physik
und Biologie

**AB I: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung
von verschiedenen Umweltfaktoren**

Datum:
Name:
Lehrerin: Neuse

Gruppe 3: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von dem Außenfaktor Temperatur

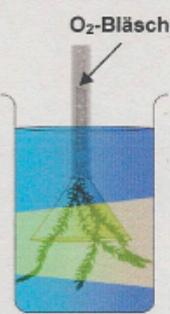
Wasserpflanzen, wie z. B. die Kanadische Wasserpest, sind ideale Versuchsobjekte, um den Einfluss von Außenfaktoren auf die Fotosynthese zu ermitteln, da Ihre Fotosyntheserate direkt durch die Bildung von Sauerstoffbläschen pro Minute ermittelt werden kann. In der folgenden Tabelle sind die Versuchsergebnisse zur Fotosyntheseleistung der Kanadischen Wasserpest dargestellt. Dabei wurden verschiedene Versuchsanordnungen bei optimalen Licht- und CO₂-Verhältnissen durchgeführt.

Aufgaben: (Zeitvorgabe: 20 min.)

Einzelarbeit

1. Zeichnen Sie anhand der im Versuch ermittelten Werte den Kurvenverlauf in das Koordinatensystem auf Seite 2 ein.

Temperatur in °C	Luftbläschen /min (= Fotosyntheseleistung)
1. 4 °C	0
2. 10 °C	4
3. 16 °C	10
4. 25 °C	18
5. 50 °C	0



2. Finden Sie eine Überschrift für den Kurvenverlauf und beschreiben Sie die Kurve in kurzen Stichpunkten. *Hinweis: Beachten Sie das Methodenblatt „Leitfaden zur Arbeit mit Diagrammen“*

Gruppenarbeit

3. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse von Aufgabe 1 und 2 in der Gruppe und interpretieren Sie gemeinsam den Kurvenverlauf.

Gehen Sie dabei darauf ein, welche Fotosyntheserate bei einer Umgebungstemperatur von 25°C erreicht wird und was passiert, wenn die Temperatur erhöht oder abgesenkt wird.

4. Bereiten Sie sich gemeinsam auf eine fünfminütige Präsentation Ihrer Ergebnisse mithilfe der Ihnen zur Verfügung gestellten Folie vor.

Zusatzaufgabe: Überlegen Sie, welche Auswirkung die globale Erderwärmung, bedingt durch den Klimawandel, auf das Pflanzenwachstum haben könnte.

- durch den Klimawandel bedingten Temperaturanstieg (ca. 2-5 °C) kann die Fotosyntheseleistung und damit das Wachstum der Pflanzen gesteigert werden, wenn gleichzeitig die Umweltfaktoren Licht und CO₂-Gehalt ein optimales Verhältnis aufweisen



Lise-Meitner Schule
OSZ für Chemie, Physik
und Biologie

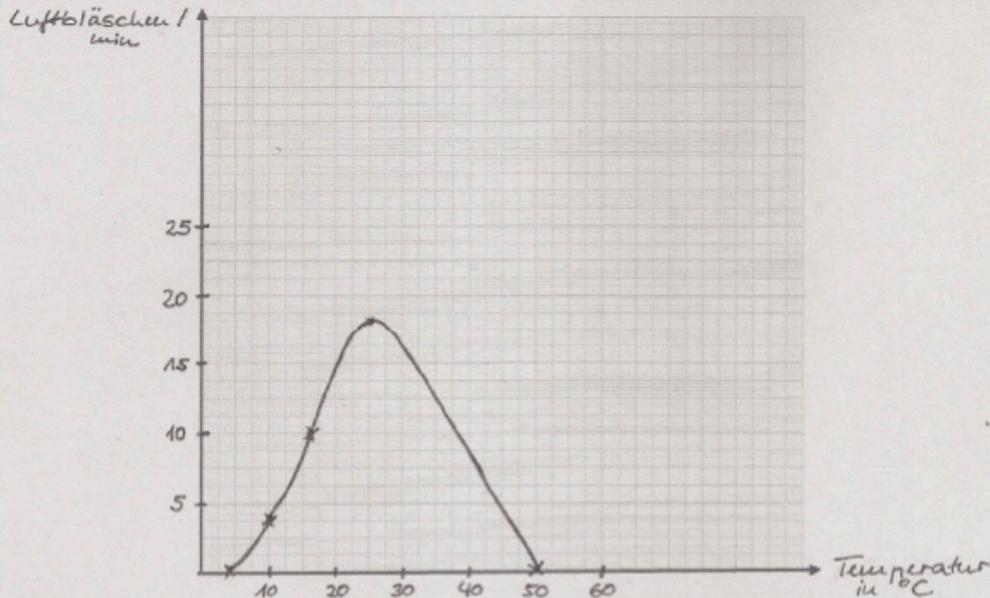
**AB I: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung
von verschiedenen Umweltfaktoren**

Datum:

Name:

Lehrerin: Neuse

Zunahme der Fotosyntheseleistung in Abhängigkeit von der Temperatur



Beschreibung der Kurve für den Außenfaktor Temperatur:

- x-Achse: Temperatur in °C (Messbereich von 4 bis 50 °C); y-Achse: Fotosyntheseleistung in Luftbläschen/min. (Messbereich von 0 bis 18 Luftbläschen)
- bei 4 °C = keine Luftbläschen/min, bei 10 °C = vier Luftbläschen/min., bei 16 °C = 10 Luftbläschen/min., bei 25 °C = 18 Luftbläschen/min., bei 50 °C = keine Luftbläschen/min
- Optimumkurve/Maximumkurve → steigt von 4 °C bis 25 °C (Optimum/Maximum) stark an und fällt ab 25 °C bis 50 °C auf keine Luftbläschen/min. zurück

Interpretation der Kurve für den Außenfaktor Temperatur:

- Gesamtaussage: bei einer Erhöhung der Temperatur bis 25 °C steigt die Luftbläschenproduktion stark an → erreicht hier Optimum, da die für die Fotosynthese benötigten Enzyme temperaturabhängig sind und die Wasserpest bei dieser Temperatur optimal Fotosynthese betreiben kann; bei einer weiteren Erhöhung der Temperatur über 25 °C geht die Produktion der Luftbläschen jedoch zurück und erreicht bei 50 °C den Nullpunkt → keine Luftbläschenproduktion, da die bei der Fotosynthese benötigten Enzyme bei diesen Temperaturen denaturieren und somit keine Fotosynthese stattfinden kann
- 4 °C: keine Luftbläschenproduktion, da die bei der Fotosynthese der Wasserpest benötigten Enzyme bei dieser Temperatur nicht arbeiten können (auch aufgrund der Brownschen Molekularbewegung der Teilchen → bewegen sich kaum)
- 10 °C: Luftbläschenproduktion, da die bei der Fotosynthese der Wasserpest benötigten Enzyme bei dieser Temperatur Fotosynthese betreiben können
- 16 °C: stärkere Luftbläschenproduktion als bei 10 °C, da die bei der Fotosynthese der Wasserpest benötigten Enzyme bei dieser Temperatur besser Fotosynthese betreiben können
- 25 °C: Optimum der Luftbläschenproduktion, da hier die temperaturabhängigen Enzyme der Fotosynthese bei der Wasserpest optimal Stoffwechsel betreiben können
- 50 °C: keine Luftbläschenproduktion, da die bei der Fotosynthese benötigten Enzyme bei dieser Temperatur denaturieren und somit keine Fotosynthese stattfinden kann

 <p>Lise-Meitner Schule OSZ für Chemie, Physik und Biologie</p>	<p>Kontrollbögen für die Diagramme mit den Außenfaktoren CO₂, Licht und Temperatur</p>	<p>Datum: Name: Lehrerin: Neuse</p>
--	--	---

Auswertungskriterien für die Arbeit mit Diagrammen

Methode der Diagrammauswertung für den Außenfaktor Temperatur (bitte ankreuzen)

	erfüllt	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
Überschrift benannt			
Beschreibung des Diagramms			
x- und y-Achse mit Einheiten sowie Messbereich			
Verlauf der Kurve z. B. steigt, fällt			
charakteristische Punkte des Kurvenverlaufs z. B. Maximum, Minimum			
typischer Kurvenverlauf z. B. Optimumskurve, Sättigungskurve			
Interpretation der Kurve			
Aussage der Kurve unter Verwendung von Fachbegriffen			

Auswertungskriterien für die Arbeit mit Diagrammen

Methode der Diagrammauswertung für den Außenfaktor CO₂ (bitte ankreuzen)

	erfüllt	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
Überschrift benannt			
Beschreibung des Diagramms			
x- und y-Achse mit Einheiten sowie Messbereich			
Verlauf der Kurve z. B. steigt, fällt			
charakteristische Punkte des Kurvenverlaufs z. B. Maximum, Minimum			
typischer Kurvenverlauf z. B. Optimumskurve, Sättigungskurve			
Interpretation der Kurve			
Aussage der Kurve unter Verwendung von Fachbegriffen			

Auswertungskriterien für die Arbeit mit Diagrammen

Methode der Diagrammauswertung für den Außenfaktor Licht (bitte ankreuzen)

	erfüllt	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
Überschrift benannt			
Beschreibung des Diagramms			
x- und y-Achse mit Einheiten sowie Messbereich			
Verlauf der Kurve z. B. steigt, fällt			
charakteristische Punkte des Kurvenverlaufs z. B. Maximum, Minimum			
typischer Kurvenverlauf z. B. Optimumskurve, Sättigungskurve			
Interpretation der Kurve			
Aussage der Kurve unter Verwendung von Fachbegriffen			



Lise-Meitner Schule
OSZ für Chemie, Physik
und Biologie

**AB II: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von den Umweltfaktoren
Temperatur und Beleuchtungsstärke**

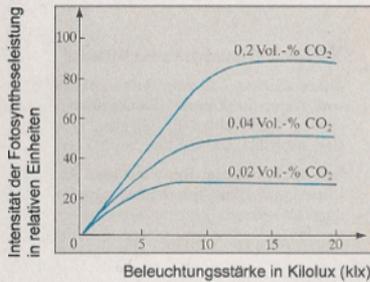
Datum:
Name:
Lehrerin: Neuse

Aufgaben: (Zeitvorgabe: 15 min.)

In den Abbildungen 1 und 2 ist der Einfluss der Faktoren Temperatur und Beleuchtungsstärke auf die Fotosyntheseleistung dargestellt.

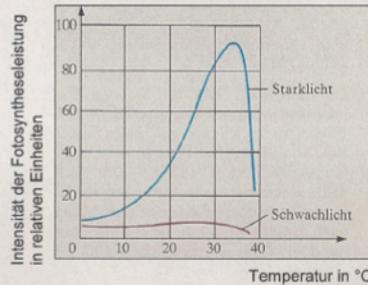
1. Beschreiben Sie sich mündlich in Partnerarbeit die abgebildeten Kurvenverläufe.
2. Interpretieren Sie in Partnerarbeit die Kurvenverläufe der Abbildungen 1 und 2 und notieren Sie Ihre Ergebnisse. Überlegen Sie anschließend, was Sie aus den beiden Diagrammen in Bezug auf den Einfluss der Umweltfaktoren CO₂-Gehalt, Licht und Temperatur schlussfolgern können.

Abb. 1: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von der Lichtintensität bei verschiedenen CO₂-Gehalten



*Kurzfassung der Gesamtaussage:
die Fotosyntheseleistung steigt bei einer Erhöhung des CO₂-Gehalts zunächst an bei gleich bleibender Beleuchtungsstärke; es tritt jedoch eine Sättigung der CO₂-Kurve bei unterschiedlichen Beleuchtungsstärken für die verschiedenen CO₂-Gehalte ein
→ CO₂-Gehalt ist der limitierende Faktor*

Abb. 2: Abhängigkeit der Fotosyntheseleistung von der Temperatur bei verschiedenen Lichtintensitäten



*Kurzfassung der Gesamtaussage:
die Fotosyntheseleistung steigt bei Starklicht im Vergleich zu Schwachlicht (= keine Erhöhung der Fotosyntheseleistung) bei gleich bleibenden Temperaturen zunächst stark an; bei zu hohen Temperaturen sinkt jedoch die Fotosyntheseleistung bei Starklicht sehr stark und bei Schwachlicht geringfügig ab
→ Temperatur hat nur einen Einfluss auf die Fotosyntheseleistung bei Starklicht, Lichtintensität ist der limitierende Faktor*

Quelle: verändert aus Stoffwechselfysiologie, Schroedel 1995