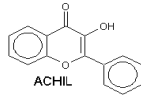




LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse
Service de coordination de la recherche
et de l'innovation pédagogiques
et technologiques

ABIOL
Association des Biologistes
Luxembourgeois



**Fonds National de la
Recherche Luxembourg**

10. Lëtzebuerger Naturwëssenschaftsolympiad

Finalrunde: Donnerstag, den 16. Februar 2017

Lycée Michel-Rodange, Luxembourg



Aufgabenbogen

Vorsichtsmaßnahmen

1. Tragt Laborkittel und Schutzbrillen während des gesamten Aufenthalts im Labor.
2. Beim Arbeiten mit dem Bunsenbrenner müssen längere Haare mit einem Band nach hinten zusammengefasst werden.
3. Bei der Arbeit mit Chemikalien sollen Einweghandschuhe getragen werden.
4. Essen und Trinken im Labor ist nicht gestattet.
5. Wenn Material zerbricht, sofort einem Jurymitglied Bescheid geben.
6. Den Anweisungen der Jurymitglieder ist immer Folge zu leisten.

Hinweise zu den Aufgaben

1. Ihr könnt die Aufgaben in jeder beliebigen Reihenfolge, individuell oder als Gruppe bearbeiten. Aufgrund der Zeitbeschränkung ist es ratsam, die Arbeit aufzuteilen.
2. Material, was allen Gruppen zur Verfügung steht, muss **sofort** nach Gebrauch an seinen ursprünglichen Platz zurückgebracht werden.
3. Der Arbeitsplatz muss genau so verlassen werden wie er vorgefunden wurde.
4. Alle Ergebnisse müssen in den **Antwortbogen** eingetragen werden.
5. Am Ende darf nur ein einziger Antwortbogen abgegeben werden.
6. **Punkteverteilung** für die einzelnen Aufgaben:

Versuch I: Energie aus der Nuss (32 P.)

Versuch II: Mikro-Algen als Energielieferanten (32 P.)

Versuch III: Die Windkraft - bewährte Energiequelle (32 P.)

Arbeitsablauf, Sauberkeit, Organisation, Teamfähigkeit: (4 P.)

Gesamtpunktzahl: (100 P.)

Zukunftstechnologien zur Energiegewinnung

Fossile Energieträger wie Erdöl und Erdgas werden in Zukunft knapp. Dazu kommt, dass Erdöl ein wertvoller Rohstoff für die Industrie ist und deshalb nicht weiter als Treibstoff oder Heizöl genutzt werden sollte.

Demnach gilt es Alternativen zu finden.

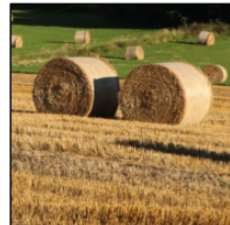
Das Forschungsinstitut **LIST** (Luxembourg Institute of Science and Technology), welches intensiv im Bereich alternative Energiegewinnung arbeitet, bittet die Schüler der NWO als Forschungsassistenten an ihren Versuchen teil zu nehmen.

In folgenden Bereichen ist eure Mitarbeit gefragt:

Festbrennstoffe als Energiequellen?

Vierorts wird Biomasse als nachwachsende Energie genutzt. Es gibt sehr unterschiedliche ‚Bioenergieträger‘, grundsätzlich gilt jedoch immer: Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie.

Als Festbrennstoffe werden hierzulande genutzt: Holz und Holzreste aus der Durchforstung, Energieholz (schnellwachsende Baumarten wie Pappeln usw.), landwirtschaftliche Reststoffe (z. B. Stroh), oder speziell angebaute Energiepflanzen (z. B. Chinaschilf).



Energie aus Mikro-Algen

Mikro-Algen rücken zunehmend in den Blickpunkt des Interesses. Sie finden Anwendung in der Lebensmittel-, Pharma- und Kosmetikindustrie.

Als Energielieferanten sind sie prinzipiell auch einsetzbar.



Bioreaktoren mit Mikroalgen
(www.novagreen-microalgae.de)

Mikro-Algen als sogenannter Biotreibstoff der dritten Generation oder als Wasserstoffproduzenten werden weltweit erforscht.

Leider ist es bislang jedoch noch nicht gelungen, die Produktion von Kraftstoff aus Mikroalgen wirtschaftlich zu betreiben. Die hohen Kosten und das Fehlen von großtechnischen Verfahren sind eine Herausforderung für Wissenschaft und Technik!



Pflanzenproteine aus Mikroalgen



Haus mit einer Algenbioreaktorfassade
(Int. Bauausstellung, Hamburg)

Windenergie



Windkraftanlagen sind auch in Luxemburg weit verbreitet. Es gilt jedoch weiterhin, diese Anlagen zu verbessern, vor allem was die Energieausbeute anbelangt.

Also, an die Arbeit!

Versuch I: Energie aus der Nuss

Bei der Energiegewinnung aus Festbrennstoffen kommt es vor allem auf den Energiegehalt oder Brennwert des Materials an, wenn man dieses industriell nutzen möchte. Jedem von uns ist bekannt, dass Nüsse einen hohen Energiegehalt besitzen. Im Modellversuch werden die Teilnehmer der NWO den Energiegehalt von Nüssen bestimmen.



Hintergrundinformationen: Energie bei chemischen Reaktionen

Bei chemischen Reaktionen können verschiedene Formen von Energie **aufgenommen oder abgegeben werden**. Die häufigste Form ist die **thermische Energie, die Wärme**. Zwei weitere Energieformen sind die **Lichtenergie** (Bsp.: Leuchtstab, SOS-Signal, Glühwürmchen, Fotosynthese) oder die **elektrische Energie** (Bsp.: Batterien, Akkus, Elektrolyse des Wassers). Ein Teil der Reaktionsenergie kann später in **kinetische Energie** (Bewegungsenergie) umgewandelt werden (Bsp.: in Motoren oder bei Explosionen).

I.1 Bestimmung des Fettgehaltes in den Nüssen

Hintergrundinformationen: Die Extraktion

Die **Extraktion** (aus dem Lateinischen „extrahere“: „herausziehen“) ist ein Trennverfahren bei dem ein Bestandteil aus einem Stoffgemisch in einem Lösungsmittel gelöst wird und so dem Rest des Gemisches entzogen werden kann. Dieses Lösungsmittel wird auch *Extraktionsmittel* genannt. Im Extraktionsmittel sollte sich nur der abzutrennende Stoff lösen, aber kein anderer Bestandteil des Stoffgemisches. Das Gemisch aus extrahiertem Stoff und Lösungsmittel nennt man *Extrakt*. Beispiel: Teezubereitung: Das Wasser löst aus den Teeblättern wasserlösliche Geschmack-, Geruch- und Farbstoffe heraus, dabei handelt es sich um eine Extraktion.

Arbeitsanweisungen: Bestimmung des Fettgehaltes in den Nüssen

Ziel:

Ziel dieses Versuchs ist es, das Fett aus den Nüssen zu extrahieren und so den Fettgehalt in den Nüssen zu bestimmen. Fett ist sehr gut in Pentan löslich, während die anderen Inhaltsstoffe der Nuss sich fast gar nicht in Pentan auflösen.

Material und Chemikalien

Labormaterial:

Waage, Mörser und Pistill, 1 Faltenfilterpapier, Becherglas (100 mL), Heizplatte (unter dem Abzug), Messzylinder (50 mL), Filtriergestell, großer Trichter

Chemikalien:

Pekannüsse, Pentan



Versuchsdurchführung:

1. Wiegt eine ganze Pekannuss (2 Hälften) präzise ab und notiert die Masse im Antwortbogen (Tabelle 1.1).
2. Zerreibt die Nuss mithilfe des Pistills im Mörser so fein wie möglich.

3. Messt 30 mL Pentan in einem Messzylinder ab und gebt dieses in den Mörser zu der Nuss und mörsert 5 Minuten.
4. Schreibt mit einem wasserfesten Stift eure Initialen auf ein leeres Becherglas (100 mL), wiegt es anschließend ab und notiert seine Masse im Antwortbogen (Tabelle 1.1).
5. Benutzt ein Filtriergestell, einen großen Trichter und ein großes Faltenfilterpapier um das Gemisch in das abgewogene Becherglas abzufiltrieren.
6. Spült den Mörser und das Pistill mit 10 mL Pentan und filtriert dieses Restgemisch ebenfalls in das Becherglas.
7. Erhitzt die Lösung im Becherglas auf der Heizplatte (100°C) **unter dem Abzug** bis das Pentan vollständig verdampft ist und nur Öl übrigbleibt.
8. Wiegt das Becherglas mit dem Rückstand nach dem Abkühlen und notiert die Masse im Antwortbogen (Tabelle 1.1).

Aufgabenstellung

1.2. Beobachtungen beim Versuch

- a. Was beobachtet ihr beim Mörsern?
- b. Beschreibt das Extrakt.
- c. Um welche Art von Stoffgemisch handelt es sich bei
 - dem Nuss-Pentan-Gemisch?
 - dem Extrakt?

1.3. Berechnungen (Gebt jedes Mal den Rechenweg mit an)

- a. Berechnet die Masse an Fett, die in eurem Stück Nuss enthalten war.
- b. Berechnet den Massenanteil an Fett in den Nüssen in Prozent, wenn man davon ausgeht, dass die Extraktionsausbeute 100% beträgt.
- c. Vergleicht und kommentiert das unter b) erhaltene Ergebnis mit dem Etikett:

Conditionné sous atmosphère protectrice/ Verpakt onder beschermende atmosfeer.	
Valeurs nutritionnelles moyennes pour 100g/ Gemiddelde voedingswaarde per 100g:	
Energie:	2912 kJ / 697 kcal
Matières grasses / Vetten:	71 g
- dont acides gras saturés / - waarvan verzadigde vetzuren:	6,2 g
Glucides/ Koolhydraten:	5,1 g
- dont sucres/ waarvan suikers:	4,0 g
Fibres alimentaires / Vezels:	9,5 g
Protéines / Eiwitten:	9,2 g
Sel / Zout:	0 g

- 1.4. Nussöl enthält vor allem ungesättigte Fettsäuren, davon sind ungefähr 60 % Linolsäure. Linolsäure ist ein wichtiger Nährstoff und ihre Summenformel lautet $C_{18}H_{32}O_2$.
Berechnet die Masse an Linolsäure in 100 g Pekannüssen anhand eurer Messwerte.
- 1.5. Bei der Verbrennung von Linolsäure entstehen Wasser und Kohlenstoffdioxid. Formuliert die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Linolsäure. (das Ausgleichen nicht vergessen!)
- 1.6. Berechnet mithilfe der Gleichung und anhand eurer Messwerte, welche Masse an Wasser entsteht, bei der Verbrennung der Linolsäure aus 100 g Pekannüssen.

⇒ Antwortbogen

I.2 Bestimmung des Brennwertes von Nüssen

Die Verbrennung organischer Stoffe wie Erdöl, Erdgas oder auch z. B. Linolsäure setzt erhebliche Mengen an Energie in Form von Wärme frei.

In den Nüssen befinden sich neben der Linolsäure auch noch andere organische Stoffe, die bei ihrer Verbrennung ebenfalls Wärme freisetzen.

Im folgenden Versuch werden wir versuchen, die Gesamtwärmemenge zu bestimmen, die bei der Verbrennung von 100 g Nüssen freigesetzt wird.

? Frage

1.7. Wie nennt man eine chemische Reaktion, die Wärmeenergie freisetzt?

⇒ Antwortbogen

📖 Hintergrundinformationen: Brennwert

Die **Kalorie (cal)** ist eine Einheit für Energie, Arbeit und Wärmemenge. Sie wurde durch das **Joule (J)** abgelöst und ist seit dem 1. Januar 1978 keine zulässige Einheit der Energie. Trotzdem werden Brennwerte von Lebensmitteln weiterhin in Kalorien bzw. Kilokalorien (kcal) angegeben. **Mit einer Kalorie kann man ein Gramm Wasser um ein Grad Celsius erwärmen.**

1 kcal = 1000 cal

1 cal = 4,19 J

Die Energie, die der Körper zum Laufen, Sprechen und Denken benötigt, kommt aus den Lebensmitteln. Nicht alle Lebensmittel enthalten die gleiche Menge an gespeicherter Energie. Es sind auch nicht alle Lebensmittel gleichermaßen nahrhaft. Eine durchschnittliche Person sollte ein Minimum von 2000 kcal/Tag verbrauchen.

? Frage

1.8. Wie viel kJ sollte eine durchschnittliche Person am Tag verbrauchen?

⇒ Antwortbogen

Auf den meisten Lebensmittelverpackungen findet man eine Nährwerttabelle mit Brennwertangaben. In unserem Körper wird natürlich nichts verbrannt, auch wenn das im allgemeinen Sprachgebrauch so genannt wird. Beim Verbrennen denkt man an offene Flammen, aber im Körper finden zum oxidativen Abbau von Nährstoffen Prozesse statt, bei denen die Energie zum Teil als Wärme und zum Teil als chemische Energie (gespeichert als ATP) freigesetzt wird. Letztere kann zum Aufbau und Umbau anderer biochemischer Substanzen genutzt werden.

Der **physiologische Brennwert** von Lebensmitteln gibt die spezifische Energie an, die bei deren Verstoffwechselung (Zellatmung) im Körper eines Organismus verfügbar gemacht werden kann. Der energetische Aufwand, den der Körper hierfür andererseits betreiben muss, bleibt dabei unberücksichtigt; es handelt sich also um Bruttowerte. Der physiologische Brennwert ist im Allgemeinen geringer als der **physikalische Brennwert** bei der vollständigen Verbrennung des Lebensmittels, den ihr heute bestimmen werdet.

Der Brennwert (Energiegehalt) wird bei Lebensmitteln in kJ pro 100 g Lebensmittel angegeben.

Hintergrundinformationen: Wärmebestimmung durch Kalorimetrie

Man kann den Energiegehalt von Lebensmitteln messen, indem man eine gewisse Portion davon verbrennt und mit der freigesetzten Wärme eine bestimmte Wassermenge erwärmt. Dieses Verfahren heißt **Kalorimetrie**. Einige Lebensmittel sind brennbar, sodass die Bestimmung ihres Brennwertes keinen großen Aufwand erfordert. Deshalb werdet ihr heute den Brennwert von Nüssen bestimmen. Diese enthalten viel Fett, welches gut entzündlich ist.

Kalorimeter sind Apparaturen, die die gesamte Wärme einer Reaktion aufnehmen sollen, ohne etwas davon an die Umgebung abzugeben. Die Reaktionswärme wird auf das Gefäß des Kalorimeters und eine darin befindliche Flüssigkeit, meist Wasser, übertragen. Die vom gesamten Kalorimeter (Gefäß + Wasser) aufgenommene und experimentell bestimmbare Wärme entspricht der **Reaktionswärme Q**. Allerdings mit dem entgegengesetzten Zeichen, d. h. die vom Kalorimeter (Gefäß + Wasser) aufgenommene Wärme wurde von der Reaktion abgegeben und umgekehrt, deshalb haben diese Wärmen unterschiedliche Vorzeichen. Die vom Kalorimeter aufgenommene Wärme setzt sich aus der vom Wasser aufgenommenen Wärme $Q(W)$ und der vom Gefäß aufgenommenen Wärme $Q(K)$ zusammen:

Reaktionswärme: $Q = -(Q(K) + Q(W))$

Die Wärme Q für einen bestimmten Stoff berechnet man mit der folgenden Formel:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

m : Masse des Stoffes, der erwärmt oder abgekühlt wird in g

$\Delta T = T_f - T_0$: Endtemperatur-Anfangstemperatur in K (Kelvin)

c : spezifische Wärmekapazität für einen Stoff in $J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$

$c(\text{Wasser}) = 4,19 J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ und $c(\text{Aluminium}) = 0,896 J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$

Im Alltag messen wir die Temperatur in $^{\circ}C$, aber damit physikalische Berechnungen möglich sind muss diese in Kelvin (K) nach folgendem Schlüssel umgerechnet werden: $0^{\circ}C = 273,15 K$. (z. B. Wasser siedet also dann bei $100+273,15 = 373,15 K$)

? Frage

- 1.9. Für eure Berechnungen könnt ihr einfach die Werte in $^{\circ}C$ benutzen und eine Umrechnung in Kelvin ist nicht nötig. Wieso?**
 ⇒ Antwortbogen

Arbeitsanweisungen: Bestimmung des Brennwertes von Nüssen

Material und Chemikalien

Labormaterial:

Waage, Gasbrenner, Gasanzünder, Getränkedose aus Aluminium, Stativ, 2x Stativklammer, 2x Doppelmuffe, Porzellanschale, Tiegelzange, digitales Thermometer, Lineal

Chemikalien:

Pekannüsse, destilliertes Wasser

Versuchsdurchführung:

1. Wiegt die leere und trockene Getränkedose aus Aluminium ab und notiert den genauen Wert auf dem Antwortbogen (Tabelle 1.10). Die Getränkedose wird bei diesem Versuch als Kalorimeter benutzt ($m(K)$).
2. Gebt etwa 75 g destilliertes Wasser ($m(W)$) in die Getränkedose und notiert den genauen Wert auf dem Antwortbogen (Tabelle 1.10).
3. Befestigt die Getränkedose mithilfe einer Stativklammer an einem Stativ, aber nicht zu fest sonst wird die Dose zerdrückt! Der untere Rand der Dose soll sich etwa 3 cm über dem Stativboden befinden.

4. Befestigt über der Getränkedose ein digitales Thermometer ebenfalls am Stativ so, dass, der Temperaturfühler sich im Wasser befindet, aber nicht die Gefäßwände berührt.

Lasst den Versuchsaufbau von einem Jurymitglied bewerten. (Antwortbogen 1.11)

5. Bestimmt und notiert die Temperatur des Wassers (T_0) (Tabelle 1.10).
6. Bestimmt die Masse einer Viertel Pekannuss (Hälfte einer Hälfte) und notiert den genauen Wert auf dem Antwortbogen ($m(N)$) (Tabelle 1.10).
7. Entzündet den Gasbrenner (siehe Erklärung unten) und haltet die Pekannuss mithilfe einer Tiegellange von beiden Seiten in die Flamme, damit die Pekannuss sich entzündet. Sobald diese „selbstständig“ brennt, muss sie schnell auf die Porzellanschale gelegt werden und diese unter die Dose geschoben werden.
8. Dann wird im Abstand von 15 Sekunden die Temperatur des Wassers gemessen und auf dem Antwortbogen vermerkt (Tabelle 1.10).
9. Nach dem Erlöschen der Flamme, wird die Temperatur noch etwa drei Minuten lang gemessen und notiert.
10. Bestimmt die Masse der abgekühlten Nussreste ($m(NR)$) (Tabelle 1.10).

Hintergrundinformationen: Anzünden des Gasbrenners

1. Haare zurückbinden, Laborkittel und Schutzbrille anziehen und hinderliche Kleidungsstücke, wie z. B. einen Schal, ablegen.
2. Tisch aufräumen und Gasbrenner stabil in die Tischmitte stellen.
3. Schraube zur Luftregulierung am Brennerrohr schließen sowie Gashahn ebenfalls schließen.
4. Gasanzünder (Feuerzeug) zünden und die Flamme an die Brenneröffnung halten.
5. Den Gashahn öffnen.
6. Das ausströmende Gas SOFORT entzünden.
7. Schraube zur Gasregulierung langsam aufdrehen und die gewünschte Flammenhöhe mithilfe der Schraube einstellen.
8. Die Luftzufuhr dann so regeln, dass eine rauschende (nicht leuchtende, blaue) Flamme entsteht.

Aufgabenstellung

- 1.12. Erstellt ein Temperatur-Zeit-Diagramm auf mm-Papier.
- 1.13. Die Punkte der Abkühlkurve werden durch eine Ausgleichsgerade (frz. droite de régression) verbunden und durch Extrapolation dieser Gerade wird der Schnittpunkt mit der Ordinate (frz. axe des ordonnées) ermittelt, so erhält man die Endtemperatur T_f .
- 1.14. Berechnet die bei der Verbrennung freigesetzte Wärme in kJ.
- 1.15. Berechnet, wie viel Wärme pro Gramm verbrannter Nuss freigesetzt wurde.
- 1.16. Wie viel beträgt der Brennwert von 100 g Pekannüssen? Berechnet den Wert anhand eurer Messwerte in kJ und in kcal.
- 1.17. Um wie viel Grad könnte man 1 L Wasser erhitzen mit dem von euch ermittelten Brennwert von 100 g Pekannüssen?
- 1.18. Siehe das Etikett S.5: 100 Gramm Pekannüsse bringen es auf rund 700 Kilokalorien. Damit gehört die Pekannuss zu den kalorienreichsten Nüssen überhaupt und sollte nur in geringen Mengen verzehrt werden. Berechnet den Wärmeverlust bei diesem Versuch in Prozent.
- 1.19. Wo liegen die Fehlerquellen bei diesem Versuch?
- 1.20. **Zusatzaufgabe: Nährwerttabelle**

⇒ Antwortbogen

Versuch II: Mikro-Algen als Energielieferanten

II.1 Mikro-Algen unter dem Mikroskop

Hintergrundinformationen

Mikro-Algen sind Photosynthese betreibende Organismen, welche die Energie der Sonne in chemische Energie umwandeln, die dann zur Herstellung von komplexer Biomasse genutzt wird. Die Mikro-Algen werden in einem sogenannten geschlossenen System (Photobioreaktor) gezüchtet. Die heranwachsenden Algen nutzen das ihnen zur Verfügung gestellte CO_2 und Sonnenlicht, um Photosynthese zu betreiben.

Aufgabenstellung

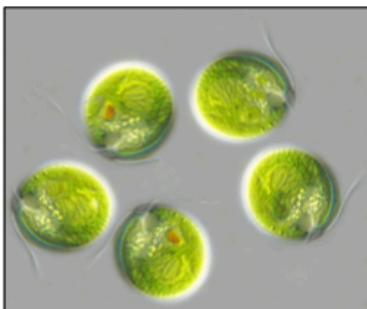
Ihr werdet heute lediglich Versuche mit einer bestimmten Algen-Art durchführen. Bevor ihr euch jedoch näher mit dem Stoffwechsel dieser Mikro-Algen beschäftigt, sollt ihr anhand der nachfolgenden Abbildungen die Alge, um die es sich hier handelt, bestimmen! Des Weiteren sollt ihr die Größe der Algen feststellen.

Arbeitsanweisungen: Bestimmung der Mikro-Algen

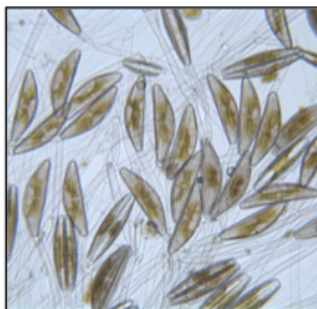
Entnehmt zur mikroskopischen Beobachtung mit einer Pasteurpipette einen Tropfen der Algensuspension und tragt ihn auf einen Objektträger auf. Deckt das Präparat mit einem Deckgläschen ab.

Untersucht das Präparat unter dem Lichtmikroskop. Beobachtet zuerst mit dem Objektiv 10x, dann mit dem Objektiv 40x und schließlich mit dem 63x - Objektiv.

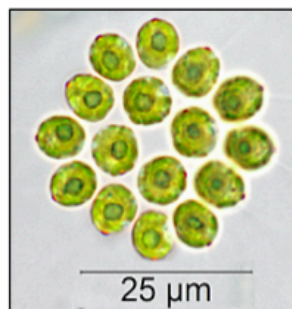
Vergleicht nun die mikroskopische Untersuchung mit einer der nachfolgenden Abbildungen!



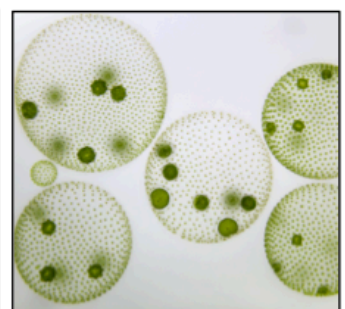
Chlamydomonas sp.



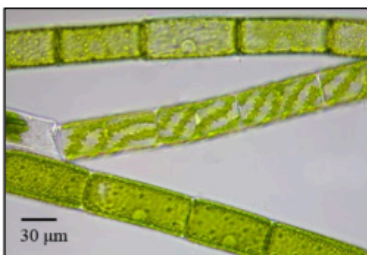
Navicula sp. u.a.



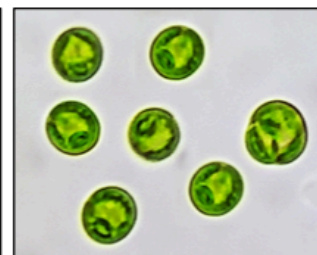
Gonium sp.



Volvox sp.



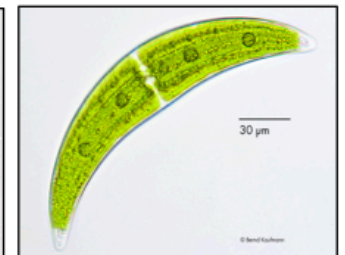
Spirulina sp. u.a.



Chlorella sp.



Scenedesmus sp.



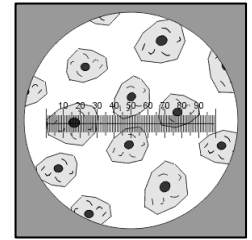
Closterium sp.

2.1. Um welche Algen handelt es sich?

⇒ Antwortbogen

✂ Arbeitsanweisungen: Größenbestimmung

Bei der Größenbestimmung von einzelligen Algen benutzt man ein Messokular mit Okularmikrometer. Dabei muss jedoch der Abbildungsmaßstab der Objektive berücksichtigt werden! Da der Abbildungsmaßstab der verschiedenen Objektive (10x, 40x, 63x) unterschiedlich ist, wurde eine Eichung des Okularmikrometers vom Laborpersonal vorgenommen. Ihr könnt die Größe der Algen sofort mit Hilfe der Skala im Okular und der Eichentabelle am Arbeitsplatz ermitteln.



Zählt die Anzahl an Strichen im Messokular. Bestimmt danach **anhand der Eichentabelle** die Größe der Zellen!

Durch Messung von 10 zufällig ausgewählten **ausgewachsenen Algenzellen** wird ein Mittelwert für den Durchmesser der Zellen ermittelt.

2.2. Gemittelter Durchmesser der Algen?

⇒ Antwortbogen

II.2 Ermittlung der Photosynthese-Rate der Mikro-Algen

📖 Hintergrundinformationen

Die Algenzellen führen unter Lichtexposition Photosynthese durch, da sie chlorophyllhaltige Chloroplasten besitzen. Die Photosynthese-Rate hängt eng mit der Belichtungsintensität zusammen.

Wenn man Mikroalgen als Energielieferanten in großem Maßstab züchten möchte, sollte vorab geklärt werden, unter welcher Belichtungsintensität eine maximale Photosynthese-Rate erzielt werden kann.



✍ Aufgabenstellung

Kann man durch Intensität der Beleuchtung die Photosynthese-Rate erhöhen?

Ihr sollt nun im Laborversuch die Photosynthese-Rate der Algen in Abhängigkeit von der Belichtungsintensität ermitteln. Ihr werdet die Änderung des pH-Wertes einer Natrium-Hydrogencarbonat-Lösung (NaHCO_3) bestimmen, um den CO_2 -Verbrauch der Algen abzuschätzen. **Ein hoher pH-Wert entspricht dabei einer hohen Photosynthese-Rate!** Um die Anzahl der Algen im Experiment einzugrenzen, werden die Algenzellen vorher in Alginat-Kügelchen eingeschlossen (immobilisiert).

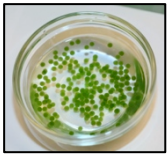
Lösungen, Geräte und Material:

- Algen – Kultur (Suspension) von NOVAgreen
- Natrium-Alginat Lösung (NaALG)
- 100 mL 0,15 M (0,15 mol/L) Calciumchlorid-Lösung (CaCl_2)
- 100 mL 1 mM (1 mmol/L) Natriumhydrogencarbonat Lösung (NaHCO_3)
- 5 mL 0,5 M (0,5 mol/L) EDTA-Lösung in einem 15 mL Plastikröhrchen
- 100 mL Becher für die Calciumchlorid-Lösung, Spritze (ohne Nadel, 10 mL Volumen) für Alginat -Gemisch, 50 mL Becher zum Mischen für Algen und Alginat, Messzylinder (10 mL)
- 5x Glasfläschchen mit Plastikverschluss (zur Photosynthesereaktion)
- pH-Meter
- Holzkasten mit Abdeckplatte und LED-Lampe
- 10 mL Pipette für Algen, Pinzette, Glasstab, 2x Plastik-Pasteurpipetten, Reagenzglasständer, Stoppuhr, Teesieb, Abfallbehälter, Petrischale zum Aufbewahren der Alginat-Kügelchen, Aluminiumfolie

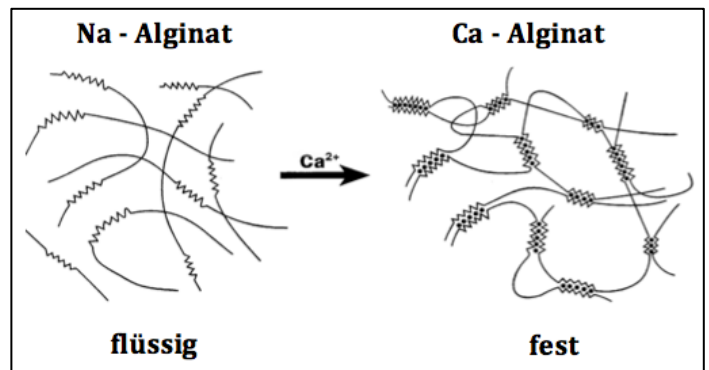


✂ Arbeitsanweisungen: Herstellung immobilisierter Alginat-Kügelchen

Um die Photosynthese-Rate abschätzen zu können, ist es notwendig, die Anzahl der Algenzellen im Experiment durch Fixierung (Immobilisierung) zu begrenzen.

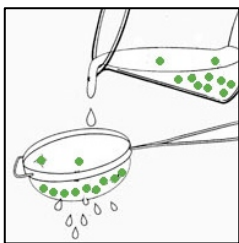
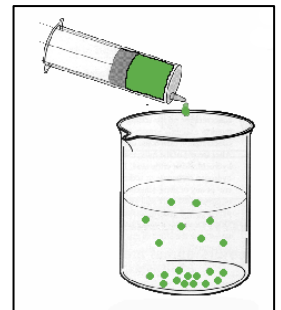


Die Fixierung ist leicht durch Natrium-Alginat zu erreichen, ein Polysaccharid, das aus Meeresalgen gewonnen wird. Wenn Natrium-Ionen durch Calcium-Ionen ausgetauscht werden, binden sich die Calcium-Ionen an benachbarte Alginatketten, und es entsteht ein halbfestes Gel. Zellen oder große Moleküle werden so im Gel eingeschlossen, während kleinere Moleküle (z. B. O_2 , CO_2) einfach hindurch diffundieren.



Herstellung der Alginat-Kügelchen mit den immobilisierten Algen:

1. Nehmt den 100 mL Becher und füllt 50 mL der Calciumchlorid-Lösung hinein.
2. Schwenkt das Röhrchen mit den Algen vorsichtig mehrere Male, um die Algenzellen wieder vollständig in Suspension zu bringen.
3. Bereitet im 50 mL Becher 10 mL einer Mischung vor, bestehend aus 5 mL Algensuspension und 5 mL Natrium-Alginatlösung. Benutzt die Spritze für die Natrium-Alginatlösung und eine 10 mL Pipette für die Algensuspension.
4. Benutzt den Glasstab, um durch Rühren eine gleichmäßige Verteilung der Algenzellen in dem Algen-Alginat-Gemisch zu erreichen
5. Benutzt die 10 mL Spritze, um die Mischung vollständig aufzuziehen (siehe nebenstehende Abb.).
6. Haltet die Spritze ungefähr 5 cm über das Becherglas mit der Calciumchlorid-Lösung und lasst das Algen-Alginat-Gemisch tropfenweise in die Calciumchlorid Lösung fallen. Dabei entstehen dann feste Calcium-Alginat-Kügelchen. Belasst die Kügelchen nun zur Aushärtung für weitere 10 Minuten in der Calciumchlorid-Lösung.



7. Sammelt die entstandenen Gel-Kügelchen in einem Teesieb und wäscht sie mit Leitungswasser (beides soll über eurem Abfallbehälter durchgeführt werden). Füllt die Gel-Kügelchen nun in eine Petrischale und bedeckt sie vollständig mit destilliertem Wasser.

Aus der großen Anzahl an Gel-Kügelchen werdet ihr mindestens 110 gleichgroße Gel-Kügelchen für die nachfolgenden Experimente benötigen. Um verlässliche Messergebnisse zu erhalten, verwendet unbedingt nur gleich große, runde Gel-Kügelchen ohne Luftblasen. Diese müssen in Wasser aufbewahrt werden, bis ihr

weiterarbeitet.

8. Lasst euch die Gel-Kügelchen von einem Jury-Mitglied bewerten!

⇒ Antwortbogen (2.3)

✂ Arbeitsanweisungen:

Ermittlung der Photosynthese-Rate immobilisierter Algen in Abhängigkeit von der Beleuchtungsintensität.

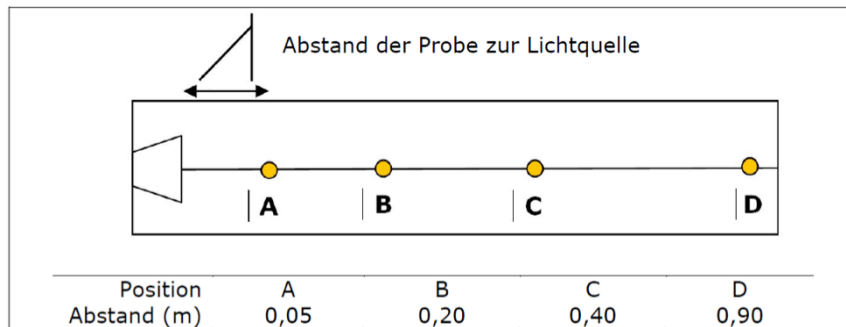
1. Beschriftet 5 Fläschchen mit A, B, C, D und 0.
2. Füllt mit Hilfe der Pasteurpipette in jedes Fläschchen 5 mL der Natriumhydrogencarbonat-Lösung.
3. Gebt jeweils 20 möglichst gleich große Alginat-Kügelchen in jedes Fläschchen. Stellt sicher, dass die Kügelchen am Boden der Fläschchen keine Luftblasen einschließen.



Hinweis!

Zur **Vorbereitung des Versuchs II.3**, müssen noch weitere 10 Alginat-Kügelchen aufbewahrt werden!

4. Verschließt die Fläschchen sehr vorsichtig, aber dicht mit dem Stopfen
5. Verwendet das Fläschchen „0“ als Kontrolle, d. h. in Alu-Folie verpackt und so vor Licht geschützt!
6. Stellt die Fläschchen A-D entsprechend dem folgenden Schema mit den angegebenen Abständen (von der Lichtquelle aus gemessen) in die Box. Legt den Deckel der Box auf.



NB: Die Glühlampe emittiert einen schmalen Lichtkegel. Die Fläschchen müssen also auf einer Geraden direkt vor der Lichtquelle platziert werden! Absorption und Brechung werden keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse haben.

7. **Lasst den Versuchsaufbau von einem Jury-Mitglied überprüfen!**
8. Schaltet die Lichtquelle an, und lasst eure Proben **30 Minuten** lang bestrahlen. Nach 15 Minuten müsst ihr die Fläschchen einmal kopfüber umdrehen, um den Inhalt der Fläschchen zu vermischen.

Hinweis! Ihr solltet während der Wartezeit den Versuch II.3 durchführen.

9. **Lasst euch vor der pH-Messung die Handhabung des pH-Meters von einem Jury-Mitglied erklären!**
 Messt nach 30 Minuten den pH-Wert jeder Lösung A-D und der Lösung 0 mit dem pH-Meter.
 Messt außerdem den pH-Wert der ursprünglichen Hydrogencarbonat-Lösung, um die pH-Änderung in den Fläschchen abschätzen zu können.
10. Tragt die Ergebnisse der pH-Wert-Messungen in die Tabelle 2.4 im **Antwortbogen** ein und erstellt ein Liniendiagramm. Bei welcher Distanz zur Lichtquelle ist die Photosynthese-Rate am höchsten?
 ⇒ Antwortbogen (2.4, 2.5, 2.6, 2.7)

II.3 Dichte der Algensuspension – Bestimmung der Algen-Anzahl

Aufgabenstellung

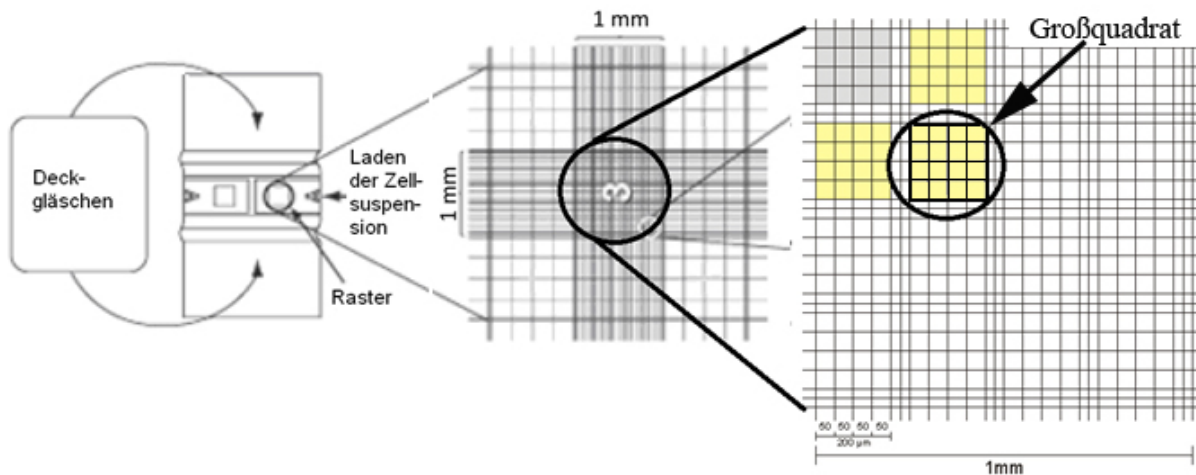
Ziel dieses Versuchs ist es festzustellen, wie viele Algenzellen in einem Alginat-Kügelchen, respektive pro mL Algensuspension enthalten sind. Hierzu verwendet man ein Mikroskop und eine spezielle Zählkammer (Cytometer), welche einem stark verdickten Mikroskop-Objektträger ähnelt.

Ihr könnt somit die Ausbeute der Energieproduktion in einem großen Bioreaktor abschätzen.

Material

Die **Zählkammer** des Objektträgers aus Spezialglas weist zentral zwei plane, rechteckige Vertiefungen (0,1 mm) auf, in welche ein Raster aus 16 Großquadraten eingätzt ist.

Jedes dieser Großquadrate ist wiederum in 16 Kleinquadrate aufgeteilt. Die Großquadrate sind durch Dreifachlinien getrennt, von denen die mittlere Linie die Abgrenzung darstellt.



Zwischen Deckgläschen und Objektträger befindet sich demnach ein Raum mit einer Kammertiefe von **0,1 mm**.

Die **Seitenlänge** eines Großquadrates beträgt **0,25 mm**.

Das Volumen eines Großquadrates beträgt **0,00625 mm³**.

Weiter benötigtes Material:

- Mikropipette
- Destilliertes Wasser
- Lichtmikroskop (630 x Vergrößerung)
- Algen-Suspension aus 10 Alginat-Kügelchen

Arbeitsanweisungen

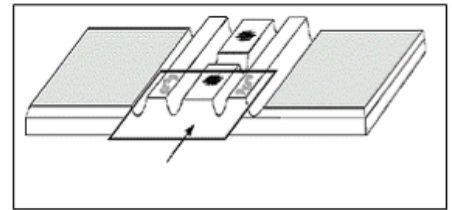
1. Algensuspension herstellen:

Geht 10 Alginat-Kügelchen in einen Messzylinder und füllt diesen bis zur 5 mL Markierung mit EDTA -Lösung auf. Überführt diese Suspension in ein Fläschchen, schraubt das Gefäß zu und schüttelt es, bis sich die Alginat-Kügelchen vollständig gelöst haben. **Das wird eine Weile dauern!**

2. Aufbringen des Deckplättchens

Haucht die Oberfläche der Zählkammer an und platziert das Deckglaschen auf der Kante wie in der Abbildung gezeigt. Das Deckglas wird dann mit sanftem Druck von vorn auf die Zählkammer aufgeschoben.

Die Ausbildung von farbigen Interferenz-Linien (Newton'sche Ringe) zwischen Außenstegen und Deckglas zeigt, dass das Deckglas richtig aufgesetzt ist.

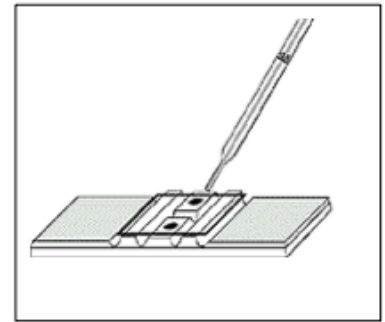


3. Befüllen der Zählkammer

Mischt die Algensuspension gut durch und gebt anschließend mit der Pipette einen Tropfen der Probe an die Kante des Zählrasters.

Durch Kapillarwirkung füllt sich der Spalt zwischen Deckglas und Kammerboden. Sind Luftblasen sichtbar oder ist die Flüssigkeit über die Ränder in die Rinnen übergequollen, so muss die Kammer gereinigt und erneut beschickt werden.

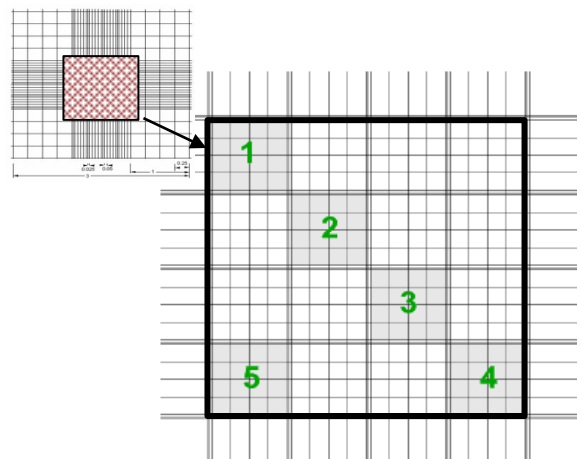
Befülle auf die gleiche Weise beide Seiten der Zählkammer.



4. Auszählen der Zellen

Um ein möglichst genaues Ergebnis zu erzielen, ist es wichtig jeweils **fünf Großquadrate** auszuzählen (in den beiden Zählkammern). Die Auswahl der Großquadrate erfolgt standardisiert nach dem nebenstehenden Schema. Gezählt werden die Zellen, welche über vier Quadrate diagonal angeordnet sind, sowie die eines fünften Großquadrates links unten.

Es werden pro Zählung also insgesamt 5 Großquadrate mit jeweils 16 Kleinquadraten ausgezählt.



Anschließend wird der **Mittelwert der Zellzahl eines Großquadrates** berechnet. Anhand des Mittelwertes und des bekannten Volumenanteils eines Großquadrates wird die Zellzahl von Algen in der Gesamtprobe bestimmt.

! Aufgepasst beim Auszählen!

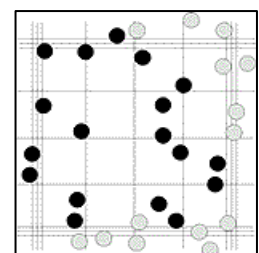
Beim Auszählen gilt es folgende Regeln zu beachten:

Damit Zellen, die auf oder an Begrenzungslinien liegen, nicht doppelt gezählt oder bei der Zählung übergangen werden, gilt folgende Grundregel: Mitgezählt werden alle Zellen **im** Quadrat, sowie Zellen die **an oder auf der linken und oberen Linie eines Quadrates liegen** (schwarz eingefärbt). Die Zellen an oder auf der rechten und unteren Linie werden nicht mitgezählt (weiß gefärbt).

Auswertung

- Anzahl an Algen pro Großquadrat.
- Anzahl an Algen pro mL Probelösung.
- Anzahl an Algen pro Alginat-Kügelchen.

⇒ Antwortbogen (2.8, 2.9, 2.10)



☺ Joker

Falls ihr zur Durchführung oder Beantwortung einer Frage Hilfe benötigt, könnt ihr diese bei einem Jurymitglied beantragen. Das kostet euch aber zwei Strafpunkte.

II.4 Algen als Energielieferanten

🔪 Aufgabenstellung

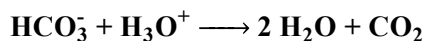
Ob Algen einen effizienten Energielieferanten darstellen können oder nicht, sollt ihr mit Hilfe folgender Hintergrundinformationen herausfinden.

✂️ Arbeitsanweisungen

2.11. Gib die Gleichung der Photosynthese-Reaktion an!

⇒ Antwortbogen

Im Versuch ist die wässrige Natriumhydrogencarbonat-Lösung (NaHCO_3 -Lösung) in der die Alginat-Kügelchen in Suspension sind, die einzige Quelle anorganischen Kohlenstoffs für die Algenzellen! Das Freisetzen von CO_2 in der Lösung geschieht folgendermaßen:



Jedes Molekül CO_2 , welches entstanden ist, hat genau ein Oxonium-Kation (H_3O^+) verbraucht.

Der gemessene pH-Wert spiegelt demnach den direkten CO_2 -Verbrauch durch die Algen wieder, denn dieser ist abhängig von der Konzentration an H_3O^+ -Ionen.

Der Verbrauch an CO_2 ermöglicht uns ebenfalls herauszufinden, wie viel Traubenzucker gebildet wurde (Photosynthese-Reaktion).

Die Konzentration (c) von Oxonium-Kationen: $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-\text{pH}}$

Zusammenhang zwischen Konzentration und Stoffmenge: $c = \frac{n}{V} \Leftrightarrow n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{CO}_2) = c \cdot V$

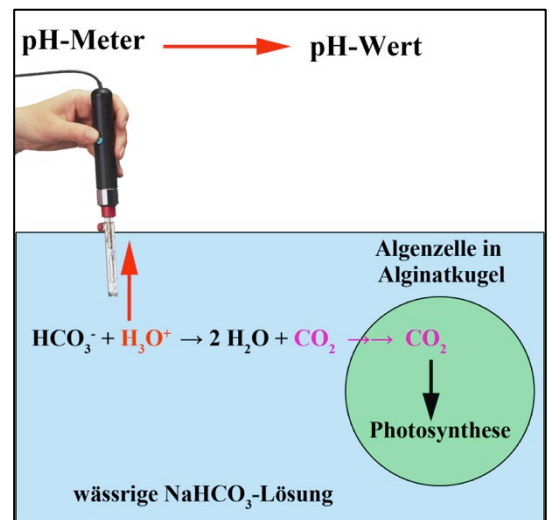
Beispiel: $\text{pH} = 9$, $V = 10 \text{ mL}$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{CO}_2) = 10^{-\text{pH}} = 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$\Rightarrow n(\text{CO}_2) = c \cdot V = 10^{-9} \text{ mol/L} \cdot 0,01 \text{ L} = 10^{-11} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m(\text{CO}_2) = n \cdot M = 10^{-11} \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 4,4 \cdot 10^{-10} \text{ g}$$

d. h. in 10 mL sind $4,4 \cdot 10^{-10} \text{ g CO}_2$ enthalten



- Übertragt die gemessenen pH-Wert Veränderungen aus Tabelle 2.4 in die dafür vorgesehene Tabelle im Antwortbogen (2.12)
- Ermittelt den gemessenen CO_2 -Verbrauch in der Probe!
- Anhand der Fotosynthesegleichung, könnt Ihr nun auch die theoretische Traubenzucker-Ausbeute errechnen.
- Zum Schluss sollt Ihr nun mit wissenschaftlichen Argumenten abschätzen, ob und inwiefern sich Mikro-Algen als Energie-Lieferanten der Zukunft eignen.

⇒ Antwortbogen (2.12, 2.13)

Versuch III: Windenergie

Einleitung: erneuerbare Energien

Die Windenergie wird seit Jahrtausenden vom Menschen für seine Zwecke genutzt. Sie gilt heute aufgrund ihrer weltweiten Verfügbarkeit, ihrer niedrigen Kosten sowie ihres technologischen Entwicklungsstandes als eine der vielversprechendsten regenerativen Energiequellen. Aus diesen Gründen und passend zum Thema der erneuerbaren Energien wollen wir heute die Leistung und die Effizienz eines solchen Windrades experimentell bestimmen.

Materialliste



Zur Verfügung steht euch dabei folgendes Material:

- a. Windrad (als Generator **G**) mit 6 identischen Flügeln,
- b. 3-Stufen-Ventilator,
- c. Stativ-Fuß für Windrad,
- d. Winkelscheibe,
- e. 2 Multimeter Fluke 115,
- f. Schiebewiderstand **R** (0 bis 330 Ω),
- g. Verbindungskabel,
- h. Klebeband,
- i. Klappmeter,
- j. Lichtschranke mit Zeitmessgerät

Ein zusätzlicher Versuch auf dem Lehrerpult ist nur 1-mal vorhanden. Diese Messung muss jede Gruppe selbst durchführen, das Material dazu müsst ihr also mit den anderen Gruppen teilen.

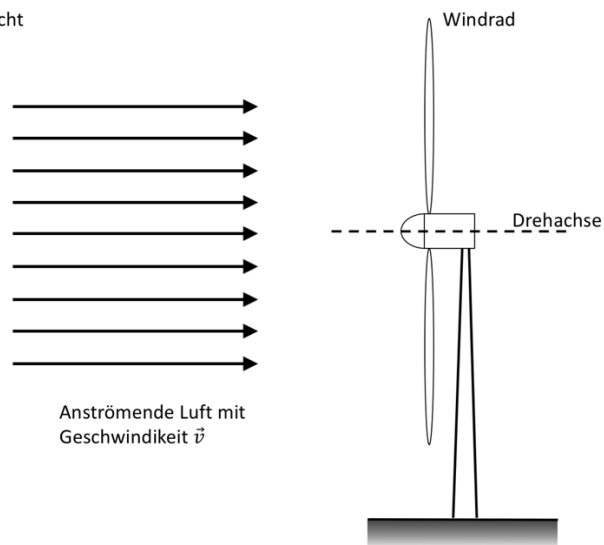
✂ Arbeitsanweisungen: Versuchsaufbau:

Den Versuch sollt ihr nun wie unten abgebildet aufbauen. Zu beachten gilt:

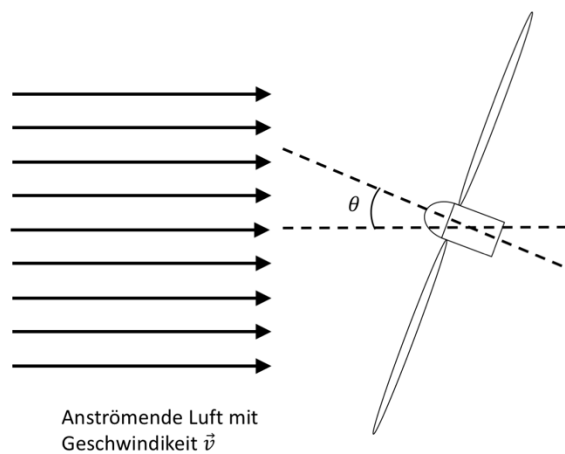
- a. Die beiden Drehachsen vom Windrad und Ventilator müssen exakt auf einer Höhe liegen.
- b. Das Windrad soll exakt 30 cm vom Ventilator entfernt stehen. (Distanz Spitze Windrad bis Gitter Ventilator)
- c. Der Schiebewiderstand wird auf 100 Ω eingestellt. Benutzt dazu eines der beiden Multimeter: Eingänge COM und Ω , Drehregler auf die Position Ω stellen.
- d. Für den restlichen Verlauf des Versuchs wird einer der beiden Multimeter nun als Gleichstrom-Voltmeter (Buchsen COM und V, Position **V** ) eingesetzt, das andere als Gleichstrom-Amperemeter (Buchsen COM und A, Position **A** )

Schemas

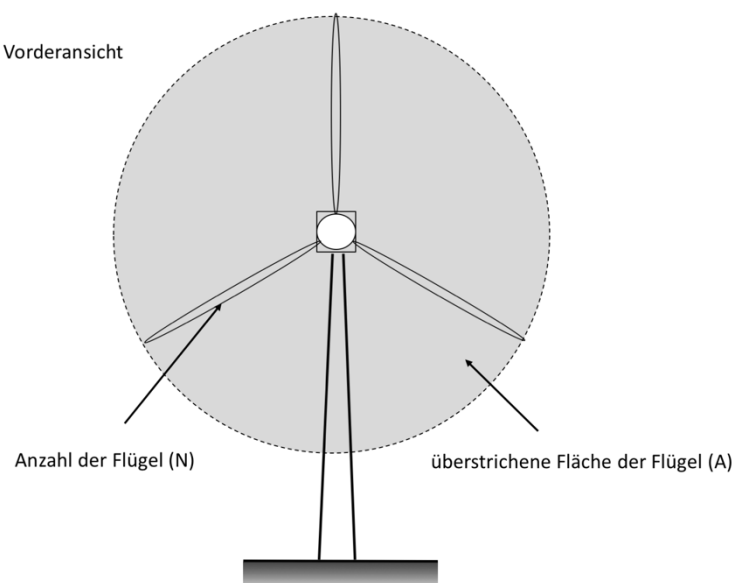
Seitenansicht



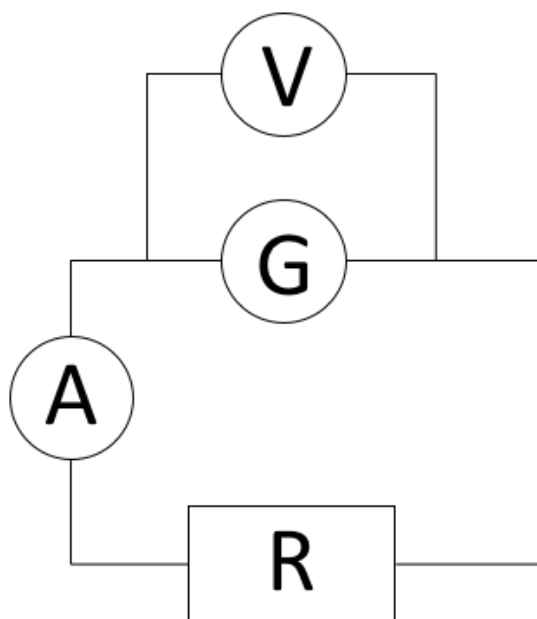
Draufsicht



Vorderansicht



Schaltkreis



Theoretische Grundlagen

Die abgegebene elektrische Leistung P (in W) eines Generators berechnet sich aus der am Generator anliegenden Spannung U (in V) und der Stromstärke I (in A) im Stromkreis anhand der Formel:

$$P_{ab} = U \cdot I$$

Die dem Windrad zugeführte Leistung berechnet sich anhand der Formel:

$$P_{zu} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

wobei ρ die Dichte und v die Geschwindigkeit der Luft darstellen. Die vom Flügel überstrichene Fläche ist A .

Der Wirkungsgrad einer Maschine wird wie folgt berechnet:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

und mit 100 multipliziert um ihn in % auszudrücken.

Die Drehzahl f eines sich um eine Achse rotierenden Körpers entspricht der Anzahl n an Umdrehungen welche der Körper in einer gewissen Zeit Δt vollführt.

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

Sämtliche Mess- und Rechenwerte werden stets mit einer Genauigkeit von 2 signifikanten Stellen angegeben.

✂ Messungen

0. Versuchsaufbau

- Baut zunächst den gesamten Versuch auf, und lasst ihn von einem Jury-Mitglied überprüfen.
⇒ Antwortbogen (3.1)

1. Abhängigkeit der Leistung vom Einstellwinkel θ

- Bestimmt die abgegebene Leistung des Windrades in Abhängigkeit des Winkels θ . Der Ventilator läuft dabei auf der höchsten Stufe.
- Tragt sämtliche Messungen und Resultate in die Tabelle 3.2 auf dem Antwortbogen ein.
- Erstellt ebenfalls ein Diagramm der Leistung in Abhängigkeit vom Winkel θ . (3.3)
- Berechnet dann für alle Winkel die Funktion Cosinus und notiert diese Werte in der Tabelle 3.2.
- Erstellt dann ein Diagramm der Leistung in Abhängigkeit von $\cos(\theta)$, und beantwortet sämtliche Fragen auf dem Antwortbogen (3.4, 3.5, 3.6). Beachtet dabei, dass die Winkel in $^\circ$ gemessen werden und euer Taschenrechner daher auch in $^\circ$ eingestellt sein muss um korrekte Werte zu erhalten.
- Überprüft bei welchem kleinstmöglichen Winkel θ das Windrad nicht mehr dreht.
⇒ Antwortbogen (3.7)

2. Einfluss der Flügelanzahl N auf die Leistung

- Bestimmt nun die abgegebene Leistung und die Drehzahl des Windrades in Abhängigkeit der Anzahl N an Flügel. Der Ventilator läuft dabei auf der höchsten Stufe und der Einstellwinkel soll 0° betragen. Hierbei sollen nur die gleichmäßigen Flügelstellungen analysiert werden.
- Auf dem Lehrerpult liegen noch weitere identische Flügel zur Verfügung, welche ihr euch mit den anderen Gruppen teilen müsst.
- Um die Drehzahl des Windrades zu ermitteln wird mittels einer Lichtschranke die Zeit bestimmt, welche zwischen dem Durchgang von zwei benachbarten Flügeln vergeht.
- Tragt sämtliche Messungen und Resultate in die Tabelle 3.8 auf dem Antwortbogen ein.
- Erstellt auch hier ein Diagramm der Leistung in Abhängigkeit von N , und beantwortet sämtliche Fragen auf dem Antwortbogen. (3.9, 3.10, 3.11)

3. Wirkungsgrad η des Windrades

In diesem Experiment soll der Wirkungsgrad η des Windrades bestimmt werden (Flügelanzahl $N=3$, Einstellwinkel $\theta=0^\circ$). Die Gleichung zur Bestimmung des Wirkungsgrades lautet:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

mit $P_{zu} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$

wobei ρ die Dichte und v die Geschwindigkeit der Luft darstellen. Die vom Flügel überstrichene Fläche ist A .

- Überlegt euch eine Möglichkeit wie ihr mit Hilfe des unten aufgelisteten Materials den Wirkungsgrad η des Windrades bestimmen könnt. Alle Messungen und Erklärungen sollen auf den Antwortbogen geschrieben werden. (3.12, 3.13)
- Der Wirkungsgrad soll für 3 unterschiedliche Windgeschwindigkeiten v (Stufen 1 bis 3 des Ventilators) bestimmt werden.
 \Rightarrow Antwortbogen (3.13, 3.14)

Maximale Windgeschwindigkeiten:

- Stufe 1: $v_1 = 8 \frac{km}{h}$
- Stufe 2: $v_2 = 10 \frac{km}{h}$
- Stufe 3: $v_3 = 12 \frac{km}{h}$

Ein Teil des benötigten Materials hierzu steht auf dem Lehrerpult zur Verfügung, und wird von allen Gruppen benötigt.

Zur Verfügung stehendes Material (auf dem Lehrerpult):

- Digitalwaage (Präzision 0,1 g)
- Gaswägekugel mit 2 Verschlussähnen
- Vakuumpumpe und Schutzbrille

Info

Verschließt man eines der beiden Ventile der Gaswägekugel, so kann man, wenn man eine Pumpe am anderen Ventil anschließt, in der Kugel ein Vakuum erzeugen.

Achtung: die Vakuumpumpe nicht länger als 10 Sekunden laufen lassen! Für diesen Versuch muss eine Schutzbrille getragen werden.