

European Union Science Olympiad



Jahresbericht 2012/13

Mag. Sabine Seidl
Fachdidaktikzentrum für Naturwissenschaften
Pädagogische Hochschule Kärnten Viktor Frankl Hochschule

Vom
bm:uk Bundesministerium für
Unterricht, Kunst und Kultur

gefördert



European Union Science Olympiad

Science for Tomorrow

Die EUSO ist ein naturwissenschaftlicher Teamwettbewerb der Europäischen Union für Biologie, Chemie und Physik. Österreich war 2013 zum sechsten Mal mit zwei Teams bei der EUSO, die heuer in Luxemburg stattfand, vertreten.

EUSO Philosophie

- begabten SchülerInnen die Möglichkeit geben, ihre Talente zu entfalten und somit das Interesse an Wissenschaft zu wecken bzw. zu fördern
- durch die Eindrücke und Erfahrungen der EUSO auf eine mögliche Teilnahme an einer Internationalen Olympiade vorzubereiten

Ziel des Wettbewerbs

- das öffentliche Interesse auf die naturwissenschaftliche Ausbildung lenken
- die Ermittlung der besten SchülerInnen der Europäischen Union im naturwissenschaftlichen Bereich
- eine Anerkennung des Wertes der Wissenschaft unter der breiteren Gemeinschaft anregen
- die Zusammenarbeit zwischen europäischen Bildungssystemen zu intensivieren
- gelungene Ideen und Konzepte innerhalb der gesamten Europäischen Union zu verbreiten
- Vorbereitung europäischer SchülerInnen auf die Internationalen Olympiaden



Mehr dazu unter: www.euso2013.lu
Videotrailer: <http://vimeo.com/62614020>

Inhaltsverzeichnis

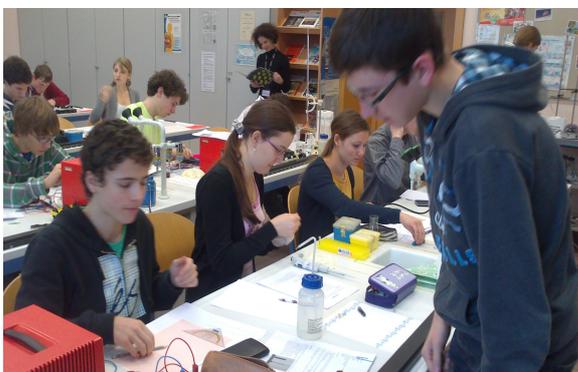
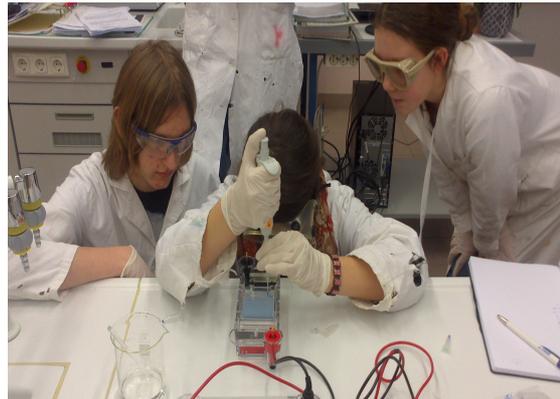
Vorbereitungswoche Klagenfurt	4
TeilnehmerInnenliste	5
Team A und B für Luxemburg	6
Betreuungsteam	7
Aufgabenstellungen	8
Wettbewerbsergebnisse	47
Medaillenspiegel	48
Resumee	49
Sponsoring	50

Vorbereitungswoche Klagenfurt

Für das Training wurden 23 SchülerInnen aus sechs Bundesländern von insgesamt fünf TrainerInnen eine Woche lang, vom 12.01. - 18.01. 2013 am BG/BRG Mössingerstraße und im Nawizentrum der Pädagogischen Hochschule Kärnten auf den Teamwettbewerb in Luxemburg vorbereitet.

Sechs von ihnen schafften die Qualifikation. Der Kurs wurde von Mag. Peter Holub und Mag. Sabine Seidl, Fachdidaktikzentrum für Naturwissenschaften an der Pädagogischen Hochschule Kärnten in Kooperation mit dem Fachdidaktikzentrum für Physik Graz organisiert. An dieser Stelle sei Herrn Direktor Prof. Mag. Harald A. Kuchler, Leiter des BG/BRG Mössingerstraße, herzlich für das zur Verfügungstellen der Trainingsräumlichkeiten gedankt.

Impressionen vom Training 2013



TeilnehmerInnen 2013

Müller	Marie-Theres	K	Biologie
Viehauser	Christof	W	Biologie
Piso	Julius	W	Chemie
Koinig	Johanna	St	Biologie
Pauritsch	Christian	St	Biologie
Funk	Nikolaus	NO	Biologie
Jusner	Simon	K	Physik
Peev	Martin	W	Chemie
Edtmaier	Oliver	K	Physik
Reiner	Patrick	K	Chemie
Kullnig	Kerstin	K	Chemie
Lachner	Katharina	St	Biologie
Trif	Roxana	St	Biologie
Pfliegler	Michal	Sa	Biologie
Dschulnigg	Nathalie	Sa	Chemie
Brennsteiner	Daniel	Sa	Chemie
Rokvic	Jelena	St	Biologie
Roller	Clara Antonia	St	Biologie
Pally	Daniel	St	Chemie
Poier	Luca	St	Chemie
Demol	Laura	W	Chemie
Marangon	Francesco	St	Biologie
Pferschy	Matthias	St	Physik
Scherounigg	Christoph	St	Physik
Diez	Matthias	St	Physik
Zepic	Armin	St	Physik
Weber	Konstantin	W	Physik

BETREUUNGSTEAM

Mag. Dieter Winkler

Bischöfliches Gymnasium Graz

Mag. Georg Begusch

BG/BRG Lichtenfelsgasse Graz

Mag. Silke Guggenberger

Europagymnasium Klagenfurt

Mag. Christine Ottowitz

BG/BRG Villach St. Martin

Dr. Christina Morgenstern

Nawizentrum der Pädagogische Hochschule Kärnten

Mag. Sabine Seidl

Nawizentrum Pädagogische Hochschule Kärnten

EUSO 2013 in Luxemburg

Die Olympiade fand vom 17.03. -22.03. 2013 in Luxemburg statt.

Die SchülerInnen und BetreuerInnen waren im gleichen Hotel untergebracht.

Die Organisation der Gastgeber war hervorragend und eröffnete vor allem den SchülerInnen neben der immensen Arbeit einen eindrucksvollen Einblick in die Gegenwart und Vergangenheit von Luxemburg. Die Aufgabenstellungen wurden von mehreren Teams der Universität Luxemburg vorbereitet und waren anspruchsvoll und kreativ.

Österreichische Teams für Luxemburg

Team A:

Marie-Theres Müller, BG/BRG Villach St. Martin (Biologie)

Julius Piso, Sir Karl Popper Schule Wien (Chemie)

Oliver Edtmair, BG/BRG Villach St. Martin (Physik)



Team B

Clara Roller, Akademisches Gymnasium Graz (Biologie)

re:Martin Peev, Sir Karl Popper Schule Wien (Chemie)

li: Matthias Diez, Bischöfliches Gymnasium Graz (Physik)



Das BetreuerInnenteam für Luxemburg

Delegationsleitung: Mag. Peter Holub (o. re.)

Biologie: Mag. Christine Ottowitz (o. li.)

Chemie: Mag. Sabine Seidl (unten mitte)

Physik: Mag. Dieter Winkler (unten li.) und Mag. Georg Begusch (unten re.)



*Zusätzliche Trainerinnen bei der Vorbereitungswoche in Klagenfurt:



Dr. Christina Morgenstern* (Biologie)

Mag. Silke Guggenberger* (Chemie)

Aufgabenstellungen EUSO Luxemburg



Aufgabe 1



Eine Geschichte über Silicium

Silicium, mit dem Elementsymbol **Si** ist das am achthäufigsten vorkommende Element im Universum. Über 90% der Erdkruste besteht aus Silikat-Mineralien, welche aus verschiedenen Formen von Siliciumdioxid (SiO_2) gebildet werden. Die häufigste Form ist **Quarz**. Man kann es überall auf der Welt an Stränden finden in Form von Quarzsand, Quarzkristallen im Sandstein, als Granit oder anderen Felsgesteinen. Beispielsweise ist der Austragungsort der EUSO 2013, Luxemburg auf Sandstein gebaut, der einen hohen Prozentsatz an Quarz enthält.

Wird SiO_2 schnell abgekühlt, kristallisiert es nicht, sondern erstarrt zu Glas. Dieser Prozess wird traditionell verwendet, um Natrium-Quarzglas, Fensterglas, Borosilikat-Glas oder Fiberglas herzustellen.

Heute hat Silicium einen hohen Einfluss auf moderne Technologien. **Glasfaser-Optiken**, basierend auf Glasfasern, die aus Silicium hergestellt werden, finden ihren Einsatz in modernen Kommunikationssystemen. Als flexible optische Faser fungieren Glasfasern als Wellenleiter, um Licht über lange Distanzen zwischen den beiden Enden zu übertragen. Gebündelt können Glasfasern auch für Faser-Laser eingesetzt werden. Silicium ist auch ein essentieller Teil der Computerindustrie, da **Silicium-Halbleiter** in jedem **Mikrochip** aus Quarz bestehen. Quarz wurde lange Zeit als **Oszillator** in Uhren und anderen elektronischen Produkten verwendet. Die Solarzellen-Technologie beruht auf Quarzit-Sand (SiO_2), welches genutzt wird, um reines kristallines Silicium zu erhalten, welches geschnitten und poliert als Silicium-Wafer bezeichnet wird. Es ist ein Schlüsselement der **Photovoltaik**.

Silicium ist auch ein wichtiges Element in der Biologie. Silifizierung in und durch Zellen ist über Milliarden Jahre ein allgemeines Prinzip in der Biologie. Silicium ist ein wichtiges **Biomaterial**, welches in Bakterien, Einzellern, Pflanzen und Tieren vorkommt. Beispielsweise benötigen Mikroorganismen, wie Diatomeen Silicium, um ihre schützende Zellwand aufzubauen. In der Nanotechnologie können Silicium-Partikel als **Nanovektor** zur gezielten Freisetzung von Medikamenten genutzt werden und somit die Grundlage für den Durchbruch in der personalisierten Medizin bilden.

Im nachfolgenden Test sollen verschiedene Probleme über Silicium in der Natur und den modernen Technologien durch euer EUSO 2013 Team bearbeitet werden.

- **Aufgabe 1: Bestimmung von SiO_2 in Wasser**
- **Aufgabe 2: Diatomeen leben in einer Kieselsäurebox**
- **Aufgabe 3: SiO_2 in Solarzellen**

Aufgabe 1: Bestimmung von SiO₂ in Wasser

Hintergrundinformationen

Silicium kommt in der Natur nicht in seiner ursprünglichen Form, aber als freies Silikat (SiO₂) in kristallinen (Quarz, Rosenquarz, Amethyst, etc.) und mikrokristallinen (Flintstein, Hornstein, Jaspis) Formen vor, die den Hauptbestandteil von Sand und Sandstein ausmachen.

Silicium wird normalerweise als Silikat (SiO₂) gemessen, wenn Steine, Sedimente, Böden und Wasser analysiert werden. Die durchschnittliche Häufigkeit in verschiedenen Gesteinstypen ist zwischen 7 und 80% und in typischen Böden 50 bis 80%. Typische Konzentrationen in Oberflächenwasser sowie Grundwasser liegen zwischen 10 und 20 mg/L.

Silikate und Phosphate reagieren bei pH 1,3 mit Ammoniummolybdat unter Bildung von Heteropolysäuren. Um die Molybdokieselsäure zu isolieren, wird Weinsäure (tartaric acid) der Lösung zugesetzt, welche die Molybdophosphorsäure zersetzt. Borsäure (boric acid) wird der Lösung zugesetzt, um Fluorid-Interferenzen zu vermeiden. Der Molybdokieselsäure-Komplex färbt die Lösung schwach gelb. Die Färbung ist nicht stabil und deswegen für die Messung ungeeignet. Deshalb wird die Molybdokieselsäure mit Ascorbinsäure (ascorbic acid) reduziert, was zu einer Blaufärbung führt. Dieser Schritt führt zu einer erhöhten Sensitivität der Methode und ermöglicht eine genauere Bestimmung von SiO₂ in Leitungs- und Mineralwasser. Die gebildete Färbung ist direkt proportional zur SiO₂ Konzentration in der Lösung und kann mit einem Photometer bei einer Wellenlänge von 800 nm gemessen werden. Die Messung ist möglich da ein Teil des Lichts durch die Lösung absorbiert wird. Der Grad der Absorption ist eine Funktion der Wellenlänge des eingestrahnten Lichtes und der Konzentration.

In einer vorgegebenen Konzentrationsspanne ist die Beziehung zwischen Konzentration der Lösung und der Absorption linear. Die Beziehung wird durch das Gesetz von Lambert-Beer beschrieben:

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c$$

A entspricht dabei der Absorption, die mit dem Photometer gemessen wird. ε ist der molare Absorptionskoeffizient der farbigen Substanz, l ist die Distanz, die der Lichtstrahl zurücklegen muss (der Absorptionsweg, welcher vereinfacht der Dicke der Küvette entspricht) und c die molare Konzentration. Das bedeutet für eine gegebene Analyten in einer Küvette, dass:

$A = K \cdot c$ oder $A = K \cdot \gamma$, wobei γ der Massenkonzentration entspricht und K einer Konstanten.

Ein Photometer ist ein Gerät, welches Licht bei einer definierten Wellenlänge emittiert. Dieses Licht durchleuchtet einen definierten Raum in dem eine Küvette steht. Die Küvette beinhaltet die Lösung, deren Absorption gemessen wird. Ein Teil des Lichtes wird absorbiert und die Abnahme der Lichtintensität durch einen Detektor auf der gegenüberliegenden Seite der Küvette gemessen.

Materialien

- Stift, Millimeterpapier, Stoppuhr
- Mikropipette 100 μ l (verstellbar)
- Mikropipette 1000 μ L (verstellbar)
- Pipettenspitzen (blau und gelb)
- 3 Plastikpipetten 5 mL und Pipettierhilfe
- Eppendorfgefäße 2mL
- Gestell für Eppendorfgefäße
- Plastikgefäße 15 mL (Falcon)
- Küvetten (Plastik, Makro) für das Photometer
- Destilliertes Wasser
- Siliziumlösung für das Kalibrieren (1000mg/L Si) beschriftet mit "Si"
- Borsäure (4g in 100 mL) beschriftet mit "Boric Acid"
- Ammoniummolybdat (5 g in 100 mL H₂O) beschriftet mit "Molybdate"
- Weinsäure (20 g in 100 mL) beschriftet mit "Tartaric Acid"
- Ascorbinsäure (5 g in 100 mL) beschriftet mit "Ascorbic Acid"
- Schwefelsäure (5 g (1,84 g/mL) in 100 mL) beschriftet mit "Sulfuric Acid"
- 3 vorbereitete Lösungen unbekannter SiO₂ Konzentrationen beschriftet mit "Unknown 1", "Unknown 2" und "Unknown 3"

Am Hauptisch des Labors:

- Photometer mit der Filterposition 800 nm

Arbeitsablauf

Um die SiO₂-Konzentration der 3 unbekanntenen Proben zu bestimmen, ist es notwendig, zuerst die Absorption bekannter Konzentrationen von Standardlösungen zu messen. Um die entsprechenden Absorptionen zu messen und eine Kalibrationskurve abzuleiten, müssen verdünnte Lösungen der Stammlösung hergestellt werden (1000 mg/L Si). Über Interpolation der Absorptionen der Kalibrationskurve kann die Konzentration der unbekanntenen Proben bestimmt werden.

Aufgabe 1.1: Erstellen der Kalibrierlösungen (8 Punkte)

- Berechnet die SiO_2 Konzentration der ausgegebenen Stammlösung in mg/L. ☞
Antwortbogen
- Stellt 10 mL einer 50-fachen Verdünnung der vorhandenen Stammlösung her.
Berechnet das Volumen der Silicium-Stammlösung, die für diese Verdünnung benötigt wird und notiert es in den ☞ Antwortbogen. Um das Verwenden von Glaspipetten zu vermeiden, arbeitet ihr mit Plastikpipetten. Pipettiert 10 mL destilliertes Wasser in ein 15 mL Falcon Gefäß. Von diesen 10 mL entnehmt das vorher berechnete Volumen mit der geeigneten Mikropipette und verwerft dieses Volumen destillierten Wassers und ersetzt es durch die ausgehändigte Silicium-Stammlösung. Beschriftet diese Lösung mit Standardlösung B. ☞ Antwortbogen
- Stellt die Kalibrierlösungen mit Standardlösung B her. Beschriftet die 2 mL Eppendorfgefäße mit 1 bis 6. Gefäß 1 (Blank) beinhaltet nur ein adäquates Volumen an Wasser und Reagenzien und dient zur Einstellung des Photometers auf null-Absorption. Mit einer geeigneten Mikropipette und geeigneten Spitzen bereitet ihr jedes Gefäß mit der Menge an destilliertem Wasser und Standardlösung B nach Tabelle 1.1. vor.
- Berechnet die Konzentrationen der einzelnen Lösungen ☞ Antwortbogen.

	SiO_2 Lösun g B (mL)	Wasser (mL)
1	0	2
2	0,1	1,9
3	0,2	1,8
4	0,4	1,6
5	0,8	1,2
6	1,6	0,4

Tabelle 1.1 : Kalibrationslösungen

- Beschriftet die 15 mL-Plastikgefäße mit 1 bis 9. Gefäße 7, 8 und 9 werden für die unbekanntenen Lösungen benötigt.
Gebt in jedes Gefäß nacheinander in angegebener Reihenfolge folgende Lösungen:
 - 0,5 mL Eichlösung beziehungsweise unbekannte Lösung mittels Mikropipette
 - 5 mL Borsäurelösung ("Boric Acid") mittels Pipette
 - 5 mL Wasser mittels Pipette
 - 1,2 mL Schwefelsäurelösung ("Sulfuric Acid") mittels Mikropipette
 - 0,4 mL Molybdatlösung ("Molybdate") mittels MikropipetteVerschließt jedes Gefäß, und durchmischt die Lösungen gründlich, lasst sie danach 5 Minuten ruhen.
- Gebt danach in jedes Gefäß 0,4 mL Weinsäurelösung ("Tartaric Acid") mittels Mikropipette. Verschließt jedes Gefäß, und durchmischt die Lösungen gründlich, lasst sie danach 5 Minuten ruhen.

- g. Gebt danach in jedes Gefäß 0,4 mL Ascorbinsäurelösung (“Ascorbic Acid”) mittels Mikropipette. Verschließt jedes Gefäß, und durchmischt die Lösungen gründlich, lasst sie danach 5 Minuten ruhen.

Aufgabe 1.2: Erstellen der Kalibrationskurve (17 Punkte)

Beschriftet die Plastikküvetten mit 1 bis 9. Beschriftet nicht den lichtdurchlässigen Teil der Küvette, sondern nur den matten Teil!

Überführt Die Lösungen 1 bis 9 in die Plastikküvetten (nutzt dabei mindestens $\frac{3}{4}$ der maximalen Füllmenge der Küvetten).

- h. Überprüft die Funktion des Photometers (die Konfiguration des Gerätes wird im Vorfeld von einem Laborassistenten durchgeführt).
- i. Positioniert Küvette 1 im Strahlengang des Photometers, so dass die transparente Seite zu sehen ist und der Lichtstrahl ungehindert durch die Lösung gelangen kann.
- j. Drückt die “Zero”(Null-)taste; der Gerätebildschirm zeigt 0.000 an.
- k. Stellt nacheinander die anderen Küvetten in das Photometer und führt durch Druck auf die “Result”-Taste die Absorptionsmessungen durch notiert die Werte. ☞
Antwortbogen
- l. Tragt auf Millimeterpapier die ermittelten Absorptionswerte für die einzelnen Kalibrierlösungen gegen die Konzentration auf.
- m. Berechnet den Anstieg und die Geradengleichung der ermittelten Kalibrierkurve ☞
Antwortbogen
- n. Ermittelt die Konzentrationen der drei unbekanntes Lösungen sowohl graphisch als auch rechnerisch ☞ Antwortbogen

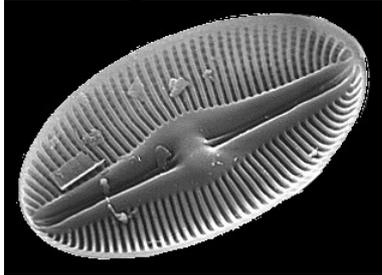
Nach Beendigung des Experiments gebt den Inhalt der Plastikgefäße und die zur Reinigung der Küvetten benötigte Spülflüssigkeit in den dafür vorgesehenen Abfallbehälter.

Aufgabe 1.3: Fehlerbetrachtung (5 Punkte)

☞ Antwortbogen

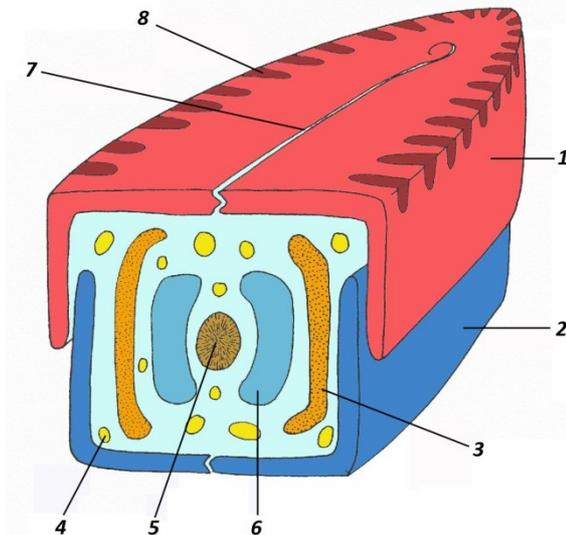
Aufgabe 2: Diatomeen – Leben in einer Kieselsäurebox

Hintergrundinformation über Kieselalgen

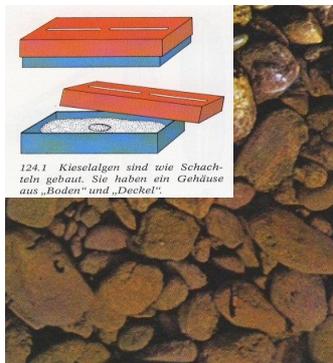


Kieselalgen (**Diatomeen**) sind mikroskopisch kleine einzellige photosynthetisch aktive **Algen**, die man im Süßwasser, Meereswasser sowie in terrestrischer Umgebung findet. Kieselalgen sind oft in den braunen glitschigen Schichten an im Fluss untergetauchten Steinen enthalten. Diese Organismen bilden eine harte poröse Zellwand aus, die man als **Frustel** bezeichnet.

Diese schachtelförmige Struktur besteht chemisch fast vollständig aus amorpher Kieselsäure und verschiedenen organischen Verbindungen. Diatomeen sind zur intrazellulären Synthese dieser biogenen Kieselsäurezellwand bei niedrigen Temperaturen fähig, wobei sie die im sie umgebenden Wasser gelöste Kieselsäuremonomere ($\text{Si}(\text{OH})_4$) polymerisieren.



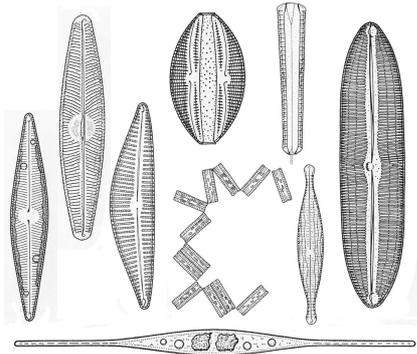
Die Frustel besteht normalerweise aus zwei sich überlappenden Hälften (Schalen, Valven genannt), die wie Deckel und Boden einer Schachtel ineinanderverschließen. Diese Schalen besitzen viele Poren und Spalten, die den Materialaustausch mit der Umgebung ermöglichen.



Diatomeen leben nicht nur im Süßwasser sondern auch im Meer. Sie sind die häufigste Form des **Phytoplanktons** und tragen zu bis zu 45% der gesamten ozeanischen Primärproduktion bei. Allein im Ozean sind die Diatomeen für die Bindung von etwa 25% des Kohlenstoffdioxids (CO_2) verantwortlich und stellen daher eine große Menge an Sauerstoff für die menschliche Atmung zur Verfügung. Wenn Diatomeen sterben, bleiben die Frusteln mit den Schalen übrig und bilden die Kieselalgenerde, auch bekannt als **Diatomit** oder **Kieselgur** – ein weiches silikatisches

Sedimentgestein, das aus fossilen Diatomeenfrusteln gebildet wurde. Man kann es leicht in ein feines Pulver mit einer sehr hohen Porosität und Absorptionsfähigkeit zerkrümeln. Fossile Funde legen eine Entstehungszeit während oder vor der Jura-Periode (vor 200 Millionen Jahren) nahe.

Die Bestimmung von Diatomeengesellschaften ist ein beliebtes Werkzeug zur Beobachtung von früheren und gegenwärtigen Umweltbedingungen und wird häufig als Bioindikator in Studien zur Wasserqualität verwendet.



Aufgabenbeschreibung

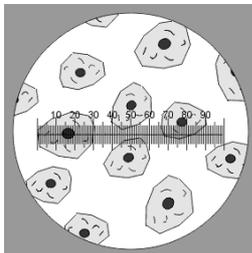
In der Natur kann man die Tausenden von Kieselalgenarten durch ihre sehr unterschiedliche Architektur der Kieselsäureschalen unterscheiden. Die meisten Kieselalgen sind Einzeller, obwohl einige als Kolonien leben können.

Aufgabe 2.1 Identifizierung von Diatomeenarten (4 P)

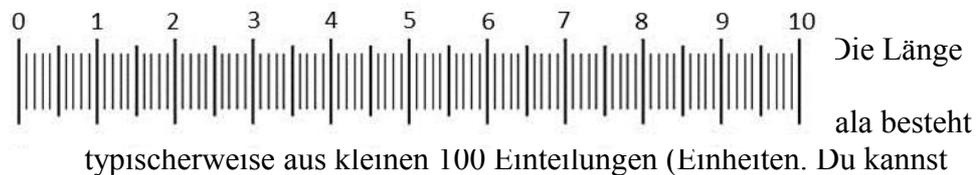
Jedes Team erhält zwei Objektträger mit Diatomeenfrusteln aus zweibourger Flüssen, *Syre* und *Gander*. Die Präparate wurden so für euch vorbereitet, dass ihr auf den zwei Objektträgern nur die Schalen (Frusteln) der Diatomeen seht. Zur Identifizierung der Diatomeen wirst du am Mikroskop das 1000x vergrößernde Objektiv benötigen. Beginne deine Beobachtung mit der 10x und dann 40x Linse. Für die abschließende 1000fache Vergrößerung musst du die Ölimmersionstechnik anwenden. Dazu musst du einen Tropfen des Immersionsöls zwischen Probe und Objektivlinse geben.

Joker: Wenn du dich mit der Ölimmersionstechnik nicht auskennst, kannst du den Laborassistenten um Hilfe (den Joker) bitten. Dies wird dich aber 3 Punkte kosten! Da es hunderte von verschiedenen Kieselalgenarten in Luxemburg gibt, wurde ein vereinfachter Bestimmungsschlüssel mit Fotos für die EUSO-Teilnehmer erstellt (siehe Anhang). Zur Unterscheidung der Arten kannst du folgende Kriterien heranziehen:

- **Dimension der Frusteln** (Länge/Breite)
- **Anwesenheit von Raphen** (Schalendurchbrüchen, siehe Abb. 2.1)



- Unterschiede in der **Oberflächenstruktur der Schalen** (inclusive Anwesenheiten von Striae-Strukturen, deren Muster und Dichte).



das Okularmikrometer drehen, um es an die Orientierung der Diatomeenschalen anzupassen.

Mit Hilfe eines Okularmikrometers wurde die Größe der Einheiten des Objektmikrometers für die verschiedenen Objektivvergrößerungen bestimmt (siehe Liste am Arbeitsplatz). Um die genaue Dimension in der Messung zu ermitteln, wird die Anzahl der gezählten Einheiten mit dem angegebenen Faktor multipliziert (siehe Anhang 2).

Identifiziere die folgenden vier Arten auf den Objektträgern mit Hilfe des Fotografie-Bestimmungsschlüssels und miß dann jeweils die Länge von mindestens 5 Individuen. Prüfe dazu beide Objektträger. (☞ siehe Antwortbogen).

Navicula cryptotenella (NCTE*)
Amphora pediculus (APED)
Mayamaea permitis (MPMI)
Nitzschia dissipata (NDIS)

(*) Code des Speziesnamens

Aufgabe 2.2 Bestimmung der Wasserqualität zweier Flüsse in Luxemburg (24 P)

Kieselalgen (Diatomeen) reagieren sehr empfindlich auf Umwelteinflüsse und können deswegen als Indikatoren für Gewässerverschmutzung genutzt werden. Das Gewässerbett eines Flusses wird untersucht, indem man die Diatomeen von Steinen im Wasser abbürstet. Von der Diatomeen-Artenliste (Tabelle 1) aus kann ein Gewässerindikator-Index berechnet werden.

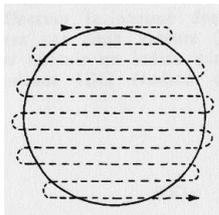
Der in ganz Europa genutzte Gewässerindikator-Index ist der Spezifische Verschmutzungssensitivitätsindex (*Specific Polluosensitivity Index, IPS*). Dieser Index basiert auf der Empfindlichkeit der verschiedenen Diatomeen-Arten gegenüber der Eutrophierung und organischen Verschmutzung des Gewässers sowie auf der Einbeziehung aller an der Untersuchungsstelle gefundener Diatomeen-Arten.

Zur Berechnung des IPS betrachten wir

- den **ökologischen Toleranzbereich** = **ecological tolerance range (V)** (Bewertung mit 1 bis 3, mit 3 für Arten mit geringem Toleranzbereich),
- die **Empfindlichkeit für Umweltverschmutzung** = **sensitivity to pollution (S)** jeder Diatomeenart (Bewertung mit 1 bis 5, mit 5 für Arten mit der höchsten Empfindlichkeit) und
- die **Häufigkeit** = **abundance (A)**, also die Anzahl an Zellschalen von jeder in der Probe vorhandene Art (siehe Tabelle 1 am Ende dieses Aufgabenteils).

Die Häufigkeit wird ermittelt, indem die verschiedenen vorhandenen Arten in jeder Probe gezählt werden. Der ökologische Toleranzbereich sowie die Empfindlichkeit auf Umweltverschmutzung sind für alle Arten in Tabelle 1 angegeben.

Wissenschaftler vom Forschungsinstitut *Centre de Recherche Publique – Gabriel Lippmann* in Luxemburg haben Gewässerproben von zwei Flüssen genommen. Es liegt nun an Euch, unter dem Mikroskop zu untersuchen, wie viele verschiedene Diatomeenarten vorhanden sind.



Zuerst sollt ihr die verschiedenen vorhandenen Arten mit der Vergrößerung 1000x (Ölimmersion) bestimmen. Anschließend sollt ihr die Anzahl der verschiedenen Zellschalen (Frusteln) von jeder Diatomeen-Art bestimmen (Häufigkeit A) und im Antwortbogen eintragen.

Um Doppelzählungen zu vermeiden, wählt einen interessanten Ausschnitt eurer Probe und geht bei der Zählung entsprechend der Zeichnung links systematisch vor! Es wird empfohlen, hierbei mit den kleinen Arten zu beginnen! Um einen statistisch relevanten IPS-Indexwert zu erhalten, sollten mindestens 200 Individuen von jeder Gewässer-Probe berücksichtigt werden!

Mit diesen Daten kann nun der IPS-Index berechnet und auf einer Skala von 1-5 unter Verwendung der folgenden Formel berechnet werden:

Der **IPS-Index** (von 5) wird nun umgerechnet, um einen **End-IPS Wert** (von 20) zu erhalten, welcher auf einer Skala zwischen 1 (schlechte ökologische Qualität) bis zu 20 (hohe ökologische Qualität) liegt. Dieser End-ISP Wert ist einfach über folgende Formel zu berechnen:

Ihr könnt nun den Grad der biologischen Wasserqualität der beiden untersuchten Gewässer (Flüsse Syre und Gander) bestimmen, indem ihre folgende Toleranztabelle benutzt: ☞ siehe Antwortbogen.

IPS	$17 \leq \text{IPS} < 20$	$13 \leq \text{IPS} < 17$	$9 \leq \text{IPS} < 13$	$5 \leq \text{IPS} < 9$	$1 \leq \text{IPS} < 5$
Biologische Qualitätsklassen	A = sehr gut	B = gut	C = passabel	D = schlecht	E = sehr schlecht

Frage 2A: Diatomeen & Technology (1 P)

Alfred Bernhard Nobel (1833-1896) war ein berühmter schwedischer Chemiker, Ingenieur und Erfinder. Er verwendete sein Vermögen, um posthum den berühmten Nobelpreis ins Leben zu rufen. Er benutzte Kieselgur (fossilisierte Diatomeenreste), ein silikathaltiges Sedimentgestein für seine berühmteste Erfindung. Welche der folgenden Entdeckungen machte ihn berühmt und reich? ☞ siehe Antwortbogen.

Tabelle 1: Referenztabelle für die Empfindlichkeit gegenüber Umweltverschmutzung = sensitivity to pollution (S) sowie für den ökologischen Toleranzbereich = ecological tolerance range (V) der Diatomeen-Arten (siehe Bestimmungsschlüssel)

Diatomeenart	Code	S	V
<i>Achnantheidium saprophilum</i>	ADSA	3	1
<i>Amphora pediculus</i>	APED	4	1
<i>Caloneis lancettula</i>	CLCT	5	1
<i>Diatoma moniliformis</i>	DMON	4	2
<i>Diatoma vulgare</i>	DVUL	4	1
<i>Eolimna minima</i>	EOMI	2.2	1
<i>Eolimna subminuscula</i>	ESBM	2	1
<i>Gomphonema olivaceum</i>	GOLI	4.6	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	GPAR	2	1
<i>Mayamaea permitis</i>	MPMI	2.3	1
<i>Navicula cryptotenella</i>	NCTE	4	1
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	3.4	1
<i>Navicula lanceolata</i>	NLAN	3.8	1
<i>Navicula tripunctata</i>	NTPT	4.4	2
<i>Nitzschia dissipata</i>	NDIS	4	3
<i>Nitzschia sociabilis</i>	NSOC	3	3
<i>Nitzschia soratensis</i>	NSTS	1	3
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	RABB	4	1
<i>Ulnaria ulna</i>	UULN	3	1
Species not illustrated in the key	ZZZZ	0	0

Aufgabe 3: SiO₂ in Solarzellen

Hintergrundinformationen zu Solarzellen



Die z.B. auf Hausdächern montierten **Solarmodule** bestehen aus einzelnen Solarzellen (s. Abb. 3.1). Diese haben eine metallisch-blaue Farbe und typischerweise eine Fläche von etwa 100 cm². Die dünnen silbrigen Linien auf der Oberfläche einer Zelle stellen das **Kontaktgitter** dar (s. Abb. 3.2). Die Oberfläche ist mit einer

Antireflexionsbeschichtung

versehen. Eine Glasschicht dient schließlich dem Schutz der Zellen vor den Elementen. **Solarzellen konvertieren einfallende Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie.**

Eine Solarzelle besteht aus zwei unterschiedlich dotierten Silizium-Halbleiterschichten. Bei der Dotierung werden kleine Mengen charakteristischer Fremdatome als Verunreinigung in das Silizium (Si) eingebracht. In der Abbildung 3.3 auf der folgenden Seite ist die obere Schicht n-dotiert, während die untere Schicht p-dotiert ist.

Bei einem **n-dotierten Halbleiter** besitzt jedes der Fremdatome ein Elektron mehr, als es zum Einbau in das Si-Kristallgitter benötigen würde. Diese Überschusselektronen verhalten sich wie die freien Elektronen in Metallen und können zu einem elektrischen Stromfluss beitragen. Wenn die Fremdatome diese Elektronen abgeben, verbleiben positiv geladenen Ionen.

Bei einem **p-dotierten Halbleiter** besitzt jedes der Fremdatome ein Elektron weniger, als es zum Einbau in das Si-Kristallgitter benötigen würde. Das durch das fehlende Elektron entstehende „Loch“ kann durch ein Elektron eines benachbarten Si-Atoms gefüllt werden, so dass dann dieses ein Elektron zu wenig besitzt, usw.. Dadurch können sich auch diese „Löcher“ frei bewegen und verhalten sich wie positive bewegliche Ladungen. Ähnlich wie die freien Elektronen im n-dotierten Halbleiter können auch diese zu einem elektrischen Stromfluss beitragen. Durch das Aufnehmen von Elektronen werden die Fremdatome zu negativ geladenen Ionen.

Wenn eine n-dotierte Schicht mit einer p-dotierten in Kontakt kommt, kombinieren an diesem **n-p-Übergang** Elektronen aus der n-dotierten Schicht mit den Löchern aus der p-dotierten Schicht. Dadurch entsteht eine **Verarmungszone**, auch **Sperrschicht** genannt, in der es keine freien Ladungsträger gibt. In dieser Sperrschicht stellt sich durch die Fremdatome eine charakteristische Ladungsverteilung ein, wie in Abb. 3.3. dargestellt. Diese Ladungsverteilung führt zu einer Spannung (Potentialdifferenz) über der Sperrschicht.

Wie in Abbildung 3.3 dargestellt, wird die obere (die n-dotierte) Schicht der Solarzelle im Betrieb mit Licht bestrahlt. Diese Schicht ist sehr dünn (0,5 bis 1,0 µm), so dass so viel Licht wie möglich zur Sperrschicht gelangt. Die untere (die p-dotierte) Schicht besitzt in der Regel eine Dicke zwischen 300 µm und 500 µm.

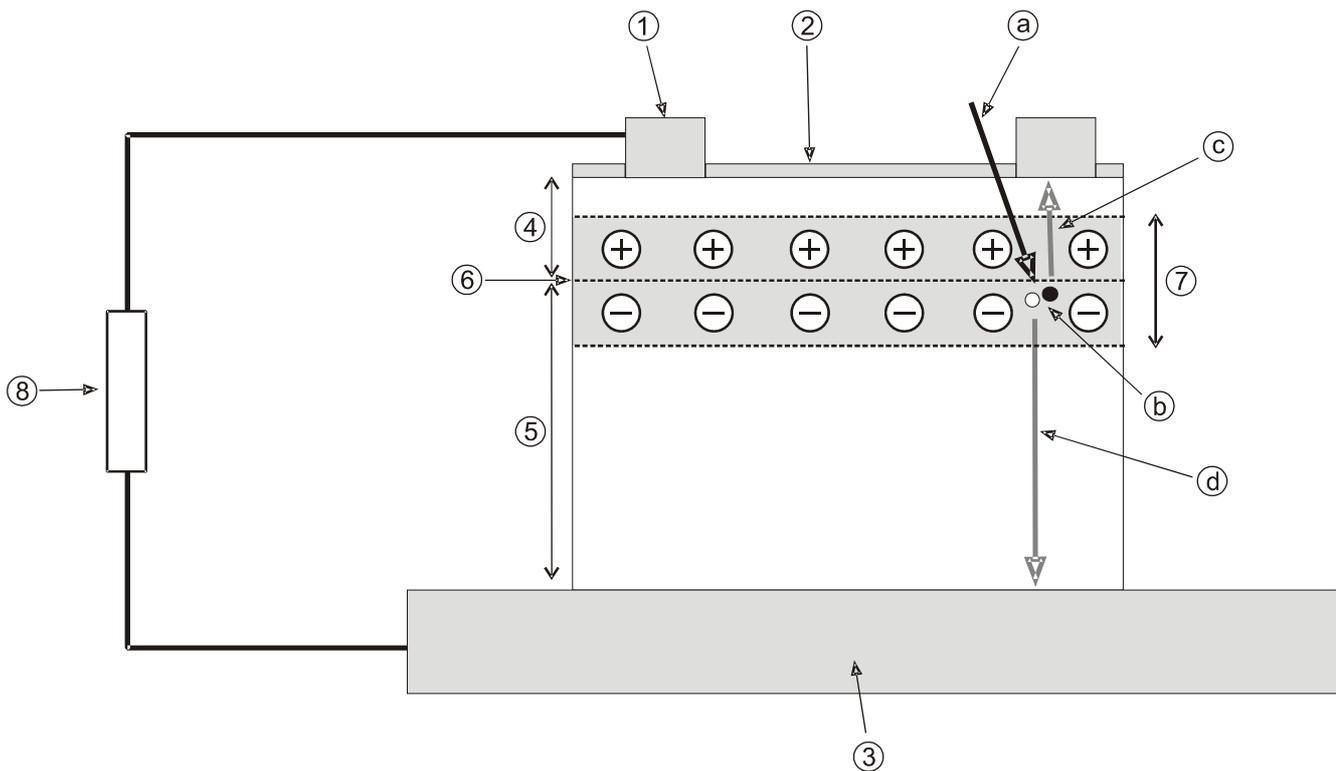


Abbildung 3.3: Aufbau der Solarzelle: (1) Kontaktgitter, (2) Antireflexionsbeschichtung, (3) Kontaktschicht, (4) n-dotierter Halbleiter,

(5) p-dotierter Halbleiter, (6) n-p-Übergang, (7) Sperrschicht, (8) externer Lastwiderstand;

Funktionsweise der Solarzelle: (a) einfallendes Photon, (b) Photoneninduzierte Erzeugung eines Elektronen-Loch-Paares,

(c) Bewegungsrichtung des Elektrons, (d) Bewegungsrichtung des Loches.

Auf die Solarzelle einfallendes Licht (= Photonenstrom) tritt durch die sehr dünne n-dotierte Schicht hindurch und wird in der Sperrschicht absorbiert. Die Energie **eines einzelnen Photons** kann zur Erzeugung **eines Elektronen-Loch-Paares** genutzt werden und heizt darüber hinaus die Solarzelle auf. Dieser Prozess findet mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit statt, die durch die **Quantenausbeute** beschrieben wird. In einem Solarzellenmaterial mit einer hohen Quantenausbeute kann ein großer Teil der einfallenden Photonen zur Erzeugung von Elektronen-Loch-Paaren verwendet werden. Die Spannung über der Sperrschicht treibt die Elektronen zur oberen Schicht, wo sie an dem Kontaktgitter aufgefangen werden und die Löcher zur unteren Schicht. Wenn ein Lastwiderstand R , wie in Abbildung 3.3, mit der Zelle verbunden wird, fließt entsprechend Ladung durch den Widerstand zurück zu der unteren Kontaktschicht, wo sie mit dem Loch rekombiniert. Es fließt also ein elektrischer Strom.

Frage 3A

Der **Wirkungsgrad** η eines **Solarmoduls** ist definiert als (Formel 1)
Betrachte ein Solarmodul, das von einer großen Menge N an Photonen pro Sekunde bestrahlt wird, die jeweils genug Energie tragen, um eine Elektron-Loch-Paar zu erzeugen. Welcher der folgenden Faktoren wird zu einer Reduzierung des Wirkungsgrades dieses Solarmoduls führen?

- Eine Reduzierung von N
- Eine Vergrößerung der Fläche des Kontaktgitters
- Die Reflektion eines Teils des einfallenden Lichtes
- Die Wahl eines Zellenmaterials mit einer geringeren Quantenausbeute
- Eine Erhöhung der Photonenenergie (nimmt dazu eine gleichbleibende Quantenausbeute an)
- Eine stärkere Verschmutzung der Glasschicht
- Eine dickere n-dotierte Halbleiterschicht
- Eine dickere p-dotierte Halbleiterschicht
- Die Verwendung eines Lastwiderstandes mit sehr hohem Widerstandswert
- Die Verwendung eines Lastwiderstandes mit sehr niedrigem Widerstandswert

☞ Gebt Eure Antworten auf dem Antwortbogen an.

Beschreibung der Aufgaben

Eure weiteren Aufgaben sind die Folgenden:

- Messt die Leerlaufspannung (**open circuit voltage**) U_{oc} über der beleuchteten Solarzelle und den durch die Zelle fließenden Kurzschlussstrom (**short circuit current**) I_{sc} ,
- untersucht die Strom-Spannungs sowie die Leistungs-Spannungs-Charakteristik der Zelle,
- untersucht Reihen- und Parallelschaltungen von zwei Solarzellen und
- gibt schließlich eine Empfehlung dafür ab, wie ein Solarmodul mit gegebener Leerlaufspannung und Leistung aus einzelnen Zellen aufgebaut werden sollte.

Geräte und Material

- Lichtquelle (Halogenlampe 120W/230V)
- 2 Solarzellen
- 2 Multimeter
- Holzblock
- Potentiometerbox (Widerstandskaskade) mit einer Reihenschaltung von drei Potentiometern (100 Ω , 10 Ω und 5 Ω); Der Widerstand der Box kann so zwischen 0 und 115 Ω variiert werden.
- 7 Kabel
- Gliedermaßstab
- 2 Blatt Millimeterpapier

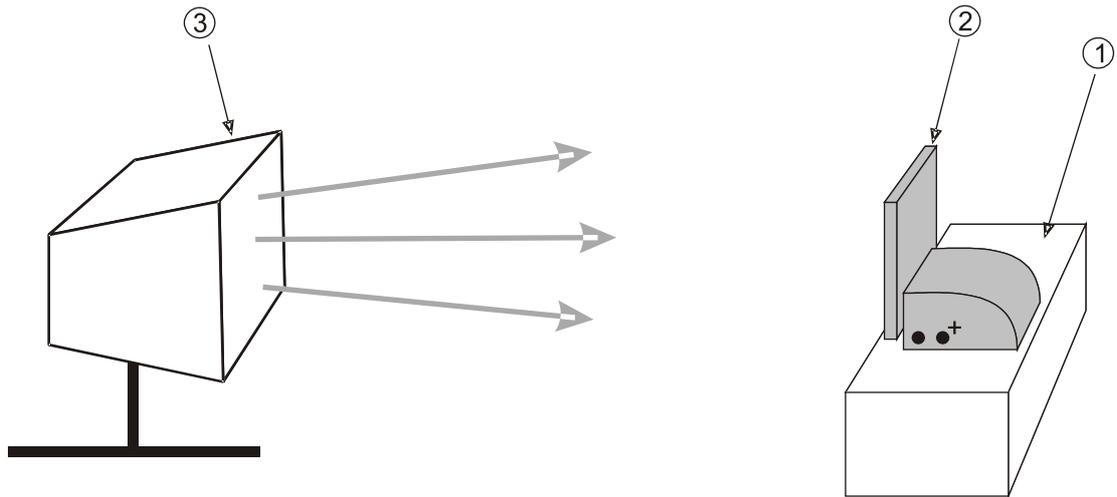
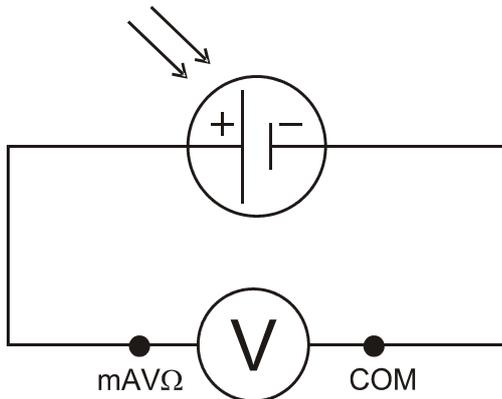


Abbildung 3.4: Aufbau des Experimentes: (1) Holzblock, (2) Solarzelle, (3) Lampe.

Baut das Experiment wie in Abb. 3.4 gezeigt auf. Der Abstand zwischen der Lampe und der Solarzelle sollte in Aufgabe 3.1 sowie 3.2 etwa 35 cm und in Aufgabe 3.3 etwa 50 cm betragen. Die Zelle sollte so gut wie möglich ausgeleuchtet sein.

Achtung! Das Gehäuse der Lampe wird sehr heiß.

Aufgabe 3.1: Leerlaufspannung U_{oc} und Kurzschlussstromstärke I_{sc} .

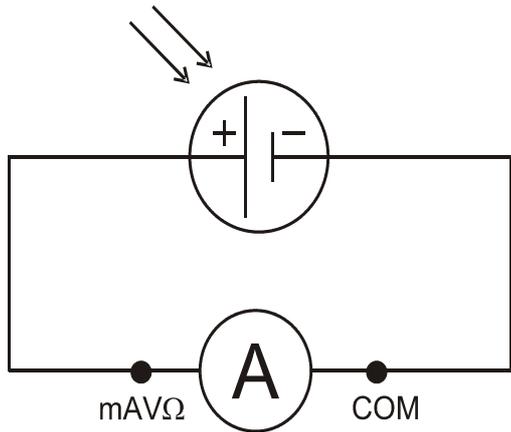


Der Abstand zwischen der Lampe und der

Solarzelle sollte in etwa 35 cm betragen.

Verbindet zur Messung der Leerlaufspannung über der beleuchteten Solarzelle ein Multimeter wie in Abb. 3.5 gezeigt.

- Tragt zunächst die Nummer der Lichtquelle und der Solarzelle (auf der Rückseite zu finden) in dem Antwortbogen ein.
- Stellt das Multimeter auf den 2 V Bereich (V=).
- Schaltet die Lampe ein und messt U_{oc} .
- Tragt den Wert in dem Antwortbogen ein.

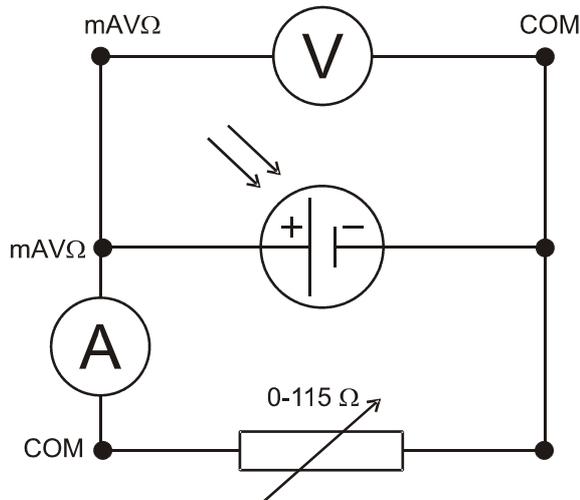


- Lasst die Lichtquelle eingeschaltet.

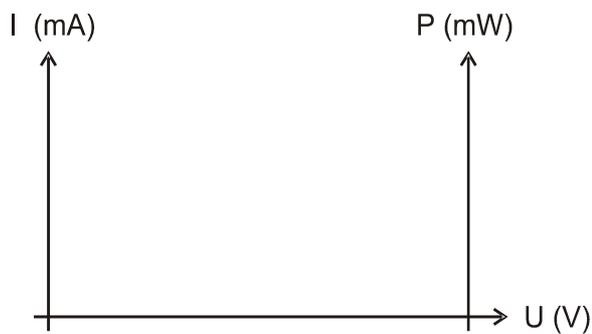
Um die Kurzschlussstromstärke der beleuchteten Solarzelle zu messen, verbindet ein Multimeter wie in der Abb. 3.6 gezeigt. (Tatsächlich liegt hier kein perfekter Kurzschluss vor, da das Amperemeter einen kleinen Innenwiderstand besitzt.)

- Stellt das Multimeter auf den 200 mA Bereich (A=).
- Messt I_{sc} .
- Tragt den Wert in dem Antwortbogen ein.

Aufgabe 3.2: Strom-Spannung- und Leistung-Spannung-Charakteristik



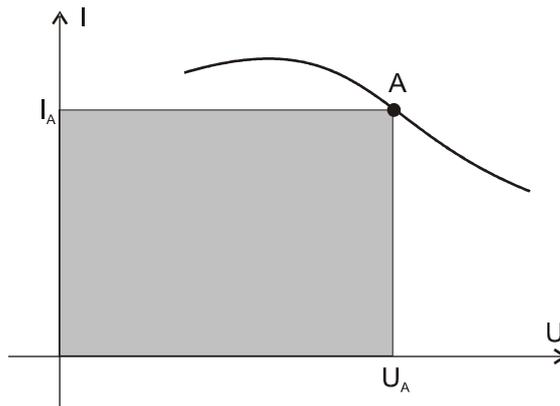
- Belasst die Solarzelle an ihrem Platz (etwa 35 cm vor der Lampe) und baut die in Abb. 3.7 gezeigte Schaltung auf. Benutzt die Potentiometerbox als Lastwiderstand.
- Variiert den Lastwiderstand, um die durch die Solarzelle fließenden Strom zu variieren. **Dreht** die Drehknöpfe der Potentiometer **langsam**.
- Misst die Stromstärke I und die Spannung U über der Zelle für verschiedene Werte des Lastwiderstandes.
- Tragt die Werte für I und U in die Tabelle auf dem Antwortbogen ein.
- Erstellt einen Graphen für die Stromstärke als Funktion der Spannung, wie in Abb. 3.8 gezeigt.



- Berechnet die elektrische Leistung $P = U \cdot I$ und tragt diese Werte ebenfalls in der Tabelle auf dem Antwortbogen ein.
- Tragt die Leistung P als Funktion der Spannung U ebenfalls in das Diagramm (vgl. Abb. 3.8) ein.

Wenn die Solarzelle bei einer Spannung U_A mit einer Stromstärke I_A arbeitet, wird der entsprechende Punkt A in dem I - U -Graphen Arbeitspunkt genannt (vgl. Abb. 3.9).

Das durch die Werte von U_A und I_A definierte Rechteck wird **Leistungsrechteck**



genannt.

Die Fläche $U_A \cdot I_A$ des Leistungsrechtecks entspricht der durch die Solarzelle an dem Arbeitspunkt A zur Verfügung gestellten Leistung.

Eine Solarzelle sollte idealerweise an dem **Punkt der höchsten Leistung**, der die Koordinaten (U_m, I_m) in dem I - U -Graphen besitzt, betrieben werden.

Bestimmt den Punkt der höchsten Leistung in Eurem Graphen und zeichnet das entsprechende Leistungsrechteck ein.

Tragt die Werte für U_m , I_m und P_m in dem Antwortbogen ein.

Frage 3B

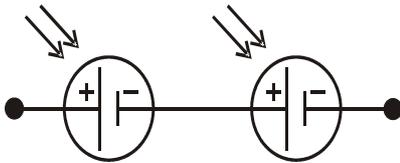
Die Effizienz Eurer Solarzelle (vgl. Formel 1) beträgt an dem Punkt der höchsten Leistung etwa 8%. Wie groß ist damit die pro Fläche auf die Solarzelle einfallende Strahlungsleistung in Eurem Experiment?

☞ Gebt Eure Antwort auf dem Antwortbogen an.

Aufgabe 3.3: Zusammenschaltung von Solarzellen

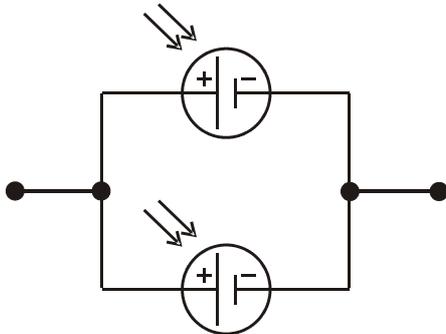
In einem realen Solarmodul, sind mehrere Solarzellen in Reihe und parallel geschaltet. Ihr sollt mit Hilfe der Schaltung in Abb. 3.7 nun untersuchen, wie sich eine einzelne Zelle und eine Kombination zweier Zellen verhalten.

Reihenschaltung (vgl. Abb. 3.10)



- Stellt die beiden Solarzellen in einem Abstand von etwa **50 cm** vor der Lampe auf. Achtet darauf, dass sie möglichst gut ausgeleuchtet werden.
- Messt die Spannung über jeder der einzelnen Zellen für dieselbe Stromstärke von 40 mA.
- Verbindet die beiden Zellen in Reihe und misst die Spannung über der Schaltung bei der gleichen Stromstärke von 40 mA.
- Tragt die Nummern der Solarzellen und Eure Werte in die Tabelle auf dem Antwortbogen ein.

Parallelschaltung (vgl. Abb. 3.11)



- Belasst Eure Solarzellen in einem Abstand von etwa **50 cm** vor der Lampe.
- Messt für jede der Zellen die durch diese fließende Stromstärke bei einer Ausgangsspannung von 0,40.
- Verbindet die beiden Zellen in einer Parallelschaltung und misst die durch diese Schaltung fließende Stromstärke bei einer Ausgangsspannung von 0,40.
- Tragt die Nummern der Solarzellen und Eure Werte in die Tabelle auf dem Antwortbogen ein.

Frage 3C

Betrachtet eine Solarzelle, deren Punkt maximaler Leistung bei $U_m = 0,4 \text{ V}$ und $I_m = 0,125 \text{ A}$ liegt. Ihr sollt aus eine Anzahl dieser Zellen ein Solarmodul

zusammenstellen, das am Punkt maximaler Leistung eine elektrische Leistung von 15 W bei einer Spannung von 12 V liefert.

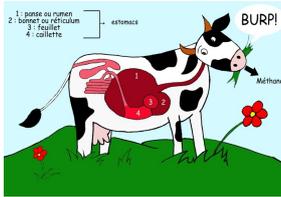
Um dies zu erreichen, müssen Reihen- und Parallelschaltungen der Zellen kombiniert werden.

- Wie viele Zellen müssen dazu in Reihe geschaltet werden?
- Wie viele dieser Reihenschaltungen müssen dazu in Serie geschaltet werden?

☞ Gebt Eure Ergebnisse auf dem Antwortbogen an.

Aufgabe 2

Biomethanogenese – Biogas aus organischem Abfall

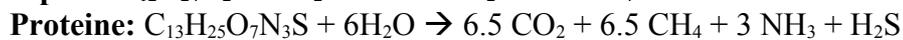
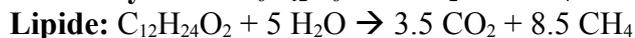


Biomethanogenese (Biomethanation) oder die Produktion von Biogas, geschieht auf natürliche Weise während Fermentationsprozessen in Sümpfen, Flüssen, auf dem Grund von Gewässern, aber auch während der Verdauung im Magen von Wiederkäuern wie Schaaften, Kühen und Ziegen. Diese Tiere tragen damit auch zur

natürlichen Emmission von Methan (CH_4), dem gleichen Gas, das wir in im fossilen Erdgas finden, bei. Die Zellulose aus Gras, Heu und Getreide wird im Kammermagen der Wiederkäuer durch Mikroorganismen gespalten um Energie zu gewinnen. Während dieses Verdauungsprozesses wird Methan produziert und anschließend von den Wiederkäuern rausgerülpst (die typischen 50 kg Gras aufgenommen pro Kuh und Tag setzen dadurch 350 L Methan und 1500 L CO_2 pro Kuh und Tag frei). Allerdings ist Methan auch ein starkes Treibhausgas, das etwa 20 mal mehr Wärme in unserer Atmosphäre hält, als dasselbe Volumen an Kohlenstoffdioxid. Dabei werden etwa 20% der globalen Methanproduktion von Farmtieren verursacht.

Biomethanogenese (anaerobe Verdauung) ist in biologischer Prozess, der organische Materie in Methan (CH_4 , nahezu unlöslich in Wasser), Kohlenstoffdioxid (CO_2 , gut löslich in Wasser, wobei ein schwache Säure gebildet wird), Schwefelwasserstoff (H_2S , teilweise löslich in Wasser und ebenfalls sauer) und Ammoniak (NH_3 , sehr gut löslich in Wasser und schwach alkalisch) umwandelt. Es wird in Abwesenheit von Sauerstoff durch eine komplexe Mischung verschiedener Mikroorganismen durchgeführt.

Die folgende Gleichungen (Buswell & Müller, 1952 ; Boyle 1976) fassen den Prozess zusammen:



Das komplexe und unlösliche **organische Material** wird in lösliche Komponenten hydrolysiert, die dann für den Fermentationsprozess zur Verfügung stehen. Deren Produkte sind hauptsächlich flüchtige Fettsäuren (volatile fatty acids – **VFA**, wie Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, etc.), **Wasserstoff** und CO_2 . Eine andere Gruppe von Mikroorganismen setzt große VFAs in **Acetat** um. Abschließend setzen methanogene Mikroorganismen Acetat, CO_2 und H_2 in **Methan (CH₄)** um.



Biogas auf der Farm: eine alternative Energieproduktion

Die Menschheit hat sich die Biogasproduktion zu Nutze gemacht, indem sie große anaerobe Gär tanks von einigen tausend Kubikmetern Kapazität gebaut hat und das darin produzierte Biogas in Reservoiren sammelt um es anschließend zur Produktion von Wärme und Strom einzusetzen. In den letzte

Jahren wurde das Biogas zunehmend auch zu Biomethan aufgereinigt und anschließend in das Erdgasnetz eingespeist.

In der Tat stehen bereits große Mengen an organischem Material von Bauernhöfen (tierische Exkremate wie Gülle, Pflanzenabfälle oder Energiepflanzen) oder Supermärkten und Haushalten (Essensreste und Gartenabfälle) für die Verwertung in Biogas-Fermentern zur Verfügung

In Luxemburg sind 30 Biogasanlagen mit einer Gesamtkapazität von 34 Millionen Kubikmetern Biogas pro Jahr in Betrieb. Etwa 23 Millionen Kubikmeter des Biogases werden in KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) verfeuert und etwa 11 Millionen Kubikmeter werden zu Biomethan aufgereinigt ($V_{Methan} = 6,6$ Millionen m^3) und in das Erdgasnetz eingespeist.

Das nicht-fermentierte Anteil, der Gährrest, ist ein ausgezeichneter organischer Dünger für die Landwirtschaft. Er enthält die meisten der grundlegenden Nährstoffe, die eine Pflanze zum Wachsen benötigt (N, P, K, Ca, Mg, usw.). Etwa eine Tonne Erdöläquivalent (ton oil equivalent (toe)) oder 1000 m^3 Erdgas wird benötigt für die chemische Synthese von einer Tonne bioverfügbarem Stickstoff. Damit trägt die Biomethanogenese auch zum Einsparen fossiler Ressourcen bei, indem bioverfügbarer Stickstoff aus organischem Abfall zurück gewonnen wird.

Erneuerbare Energie für Alfred Bioman

Herr Alfred Bioman kennt die Vorzüge der Erneuerbaren Energien schon seit vielen Jahren. Als Landwirt dachte er, er könnte einen Beitrag zum Umweltschutz und einer nachhaltigeren Energieversorgung leisten. Ihm wurde zudem gesagt, dass die Regierung Luxemburgs die Produktion von „green energy“ durch Privatpersonen unterstützt. Herr Biomanns Bauernhof hat etwa 100 Milchkühe und produziert außerdem eine große Menge Getreibe.

Vor vier Jahren entschied er sich dann eine Biogasanlage neben seinem Bauernhof zu bauen. Diese Anlage produziert Biogas, das aufgereinigt wird und als Biomethan direkt in das Erdgasnetz eingespeist wird. Herr Bioman ist sehr zufrieden mit der Energieproduktion seiner Anlage. Weniger zufrieden ist er hingegen mit dem Energiebilanz seines Außenpools. Dieser verbraucht nämlich Energie, um das Wasser zu erhitzen. Nun würde Herr Borman diese Energie gerne durch die Verwendung von Solarenergie bereitstellen und denkt deshalb über die Installation von Solarkollektoren (Solarthermie) auf dem Dach seines Hauses nach.



In dem folgenden Test werden die Teams der 11. EUSO 2013, also auch ihr, verschiedene Probleme im Zusammenhang mit der Biogasanlage von Alfred Bioman und der Funktion seiner Solarkollektoren lösen oder es zumindest versuchen.

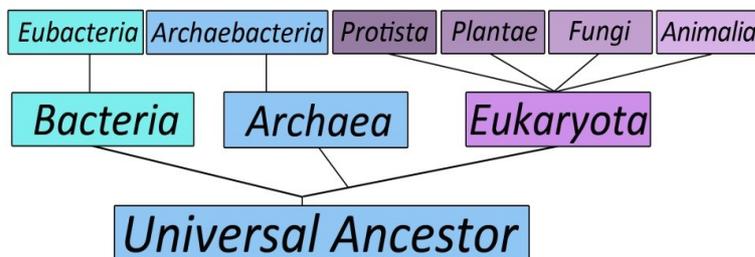
- **Aufgabe 1: Mikrobiologie der Biogasproduktion**
- **Aufgabe 2: Identifikation von zwei Gasen des Biogasgemisches**
- **Aufgabe 3: Überwachung des Prozesses zur Biogasproduktion**
- **Aufgabe 4: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität der Wärmeträgerflüssigkeit in einem Solarkollektor**
- **Aufgabe 5: Allgemeine Fragen über die Biomethanogenese**

Aufgabe 1: Mikrobiologie der Biogasproduktion

Alfred Biomann möchte herausfinden, welcher Organismus für die Methanproduktion in seiner Biogasanlage verantwortlich ist. Hierzu untersucht Ihr die Probe unter dem Mikroskop bei 1.000x Vergrößerung. Eure Aufgabe besteht darin, eine Probe des Gärslammes zu nehmen, ein mikroskopisches Präparat hiervon anzufertigen und die beteiligten Mikroorganismen zu identifizieren.

Hintergrundinformationen

Verschiedene Mikroben sind im Fermentierungsprozess beteiligt. Gewöhnlich spielen hierbei Bier- und Weinhefen (Fungi) eine wichtige Rolle. Die Entdeckung vor 30 Jahren von Mikroorganismen welche in Extremsituationen leben (hohe Temperatur, hoher Salzgehalt, Druck usw. ...) war sehr wichtig z.B. für die Entwicklung neuer Techniken in der Biologie (Bsp. PCR ...) Diese Urbakterien (Archaeobacteria) genannten Organismen unterscheiden sich wesentlich von den bis dahin bekannten Bakterien (Bacteria) und sind nahe verwandt mit den Eukaryonten (Eukaryota).



Die aktuell gültige Einteilung der Lebewesen von Woese et al. (1990) nimmt an, dass ein gemeinsamer universale Vorfahre (*Universal Ancestor*) am Ursprung der Entwicklung

verschiedener Zelltypen steht. Jeder entwickelte Zelltyp steht für eines der sechs Reiche der Lebewesen, wie in dem phylogenetischen Stammbaum links ersichtlich.

Material zur Lösung der Aufgabe

Auf dem Haupttisch des Labors: Biogas-Schlammprobe aus einer Biogasanlage (Probe/Sample A), eine Mikrobekultur (Probe/Sample B), Zentrifuge.

Pro Team: Mikroskop und Immersionsöl; Heizplatte; Stoppuhr; Pasteurpipetten, Eppendorfröhrchen, Teströhrchen, Pinzette, Objektträger, Handschuhe; Gram-Färbungsset (R1, R2, R3, R4); Zugang zu Wasserhahn; Markierstift, Bleistift, Radiergummi und Papiertücher.

Versuchsvorgang



Schritt 1: Probe nehmen

Probe (A): Nimm 1 mL der **Schlammprobe (Probe/Sample A)** vom Haupttisch des Labors und verdünne sie 10 mal mit Leitungswasser. Fülle 1,5 mL der verdünnten Schlammprobe in ein Eppendorfröhrchen und zentrifugiere die Probe für eine Minute (Zentrifuge auf Hauptlabortisch). Nutze den Überstand (*supernatant*) für die weiteren Experimente .

Probe (B): Nimm 1 mL der **Mikrobekultur der Probe (B)** von dem Fläschen vom Haupttisch des Labors und fülle dies in ein Eppendorfröhrchen.

Schritt 2: Hitzefixierung

Schalte die Heizplatte ein und reguliere die Temperatur auf 100-120°C. Ihr sollt zwei Objektträger herstellen, eines von der Schlammprobe (Probe A), und eines von der Mikrobekultur (Probe B). Beschriftet die Objektträger der beiden Proben A und B. Legt nun die Objektträger auf die Heizplatte. Nehmt ca. 0,5 mL des Überstandes (Probe A) sowie ca. 0,5 mL der Probe B und verteilt sie gleichmäßig auf der Oberfläche der jeweiligen Objektträger. Belastet die Objektträger auf der

Heizplatte, bis dass das Wasser verdunstet ist. Nimm mit Hilfe der Pinzette die Objektträger von der Heizplatte und lege sie zum Abkühlen auf den Labortisch.

Schritt 3: Einfärbung

Um die fixierten Mikroorganismen nun unter dem Mikroskop beobachten zu können, müssen die Proben eingefärbt werden. Eine in der Mikrobiologie häufig angewandte Technik ist hierbei die Gram-Färbung. Benutze bei der Handhabung der Proben Handschuhe und Pinzette. Zur Einfärbung benutzen wir die Immersionstechnik in speziellen Färbe-Röhrchen mittels drei verschiedenen Färbungsmitteln. Beachte und folge genau der unten angegebenen Anleitung.

Gram – Färbung

(allgemeine Informationen zur Gram-Färbung können im Anhang (Anhang 2) am Ende des Aufgabenbogens nachgelesen werden!)

Schritt 4: Mikroskopie



Ihr könnt die Proben nun unter dem Mikroskop beobachten. Die Objektträger brauchen nicht mit einem Deckgläschen abgedeckt zu werden. Beginne die Beobachtung mit den 100x und 40x Objektive. Zur Bestimmung benötigt Ihr die Endvergrößerung von 1.000x mit der Ölimmersionstechnik. Hierzu müsst Ihr einen Tropfen Immersionsöl zwischen 100x-Objektiv und Objektträger bringen.

Joker: Wenn Ihr nicht wisst wie die Ölimmersionstechnik funktioniert, könnt Ihr einen Laborassistenten um Hilfe fragen. Dies wird Euch allerdings 3 Punkte kosten!

Wenn Ihr mit Eurem Präparat nicht zufrieden seid, könnt Ihr ein neues anfertigen.

Bewertung der Beobachtungen

1. Am Anfang sollt Ihr eine Bewertung Eurer Gram-Färbung abgeben, indem Ihr dies mit einem (X) im Antwortbogen angebt (Antwort 1.1).
2. Beobachtet nun den Objektträger der Probe A unter dem Mikroskop bei 1.000x Vergrößerung und wählt den besten Ausschnitt unter dem Mikroskop aus. Ruft ein Jurymitglied um sich das mikroskopische Präparat anzuschauen und zu bewerten (Antwort 1.2.).
3. Analysiert nun mittels Mikroskopie die Schlammprobe (A) mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels (siehe Anhang 1 am Ende des Aufgabenbogens) und gebt an,

welche Organismen der sechs Reiche **NICHT** bei der Biogasproduktion der Biogasanlage von Alfred Biomann beteiligt sind (Antwort 1.3.).

4. Analysiert nun mittels Mikroskopie die Kulturprobe (B) mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels (siehe Anhang 1 am Ende des Aufgabenbogens) und bestimmt die Mikroorganismen welche in der Probe vorhanden sind (Antwort 1.4).
5. Fertigt eine wissenschaftliche Zeichnung der Mikroorganismen an, welche in der Schlammprobe (A) vorhanden sind und bestimmt die Arten indem Ihr die dazu bezüglichen Nummern des Bestimmungsschlüssel in den Antwortbogen eintragt (Antwort 1.5.).
6. Allgemeine Fragen zu Mikroorganismen und der Biogasproduktion sind zu beantworten. Markiere mit (X) ob die Aussagen im Antwortbogen richtig oder falsch sind.

Aufgabe 2: Identifizierung zweier Gase in einer Biogasmischung

Alfred Bioman möchte wissen, welche Gase in seiner Biogasanlage produziert werden. Es ist eure Aufgabe herauszufinden, welche Gase dies sind.

Allgemeine Bemerkungen

- Benutzt puderfreie Handschuhe
- Spült das Luftsystm bevor ihr die Spritze füllt.
- Seid bei der Benutzung der NaOH-Lösung vorsichtig.

Benötigte Materialien in dieser Aufgabe

- Präzisionswaage, Manometer, Thermometer (jeweils eins pro Raum)
- Beutel mit der Biogasmischung
- 50 mL Spritze mit 3-Wege-Ventil
- 50 mL Spritze mit 10 mL 1M NaOH-Lösung
- flexibler Schlauch
- Schlauchverbinder
- Waschflasche mit 1M NaOH-Lösung befestigt auf einem Flaschenständer

Durchführung

- **Bestimmung der Masse der leeren Spritze**

Befüllt die Spritze mit dem 3-Wege-Ventil mit 50 mL Luft. Wiegt die Spritze und schreibt die Masse m_1 auf die Tafel neben der Waage und in euren Antwortbogen.

- **Bestimmung der Masse von 50 mL Biogasmischung**

Verbindet die Spritze mit dem Beutel, der die Biogasmischung enthält. Befüllt die Spritze mit 50 mL der Biogasmischung (drückt leicht auf den Beutel und zieht vorsichtig am Spritzenkolben).

Wiegt die Spritze und schreibt die Masse m_2 auf die Tafel neben der Waage und in euren Antwortbogen.

- **Bestimmung der Masse von 50 mL Biogas nach der Reaktion mit NaOH**

Verbindet die Waschflasche, die 1M NaOH-Lösung enthält mit dem Beutel, welcher das Biogas enthält. Übt leichten Druck auf den Beutel aus, um das Biogas durch die Waschflasche mit dem NaOH blubbern zu lassen. Verbindet jetzt die Spritze mit der Waschflasche und füllt sie mit 50 mL des Reaktionsgases, in dem ihr vorsichtig am Kolben zieht.

Wiegt die Spritze und schreibt die Masse m_3 auf die Tafel neben der Waage und in euren Antwortbogen.

- **Bestimmung des Volumen-Verhältnisses der beiden Gase in der Biogasmischung**

Verbindet die Spritze mit dem Beutel, der die Biogasmischung enthält. Befüllt die Spritze mit 50 mL der Biogasmischung (drückt leicht auf den Beutel und zieht vorsichtig am Spritzenkolben). Verbindet diese Spritze mit der zweiten Spritze, welche 10 mL einer 1M NaOH-Lösung enthält.

Injiziert in die Spritze, welche 1M NaOH-Lösung enthält, 50 mL der Biogasmischung aus der anderen Spritze. Lasst die Reaktion ablaufen, in dem ihr die Mischung vorsichtig schüttelt und dabei sanften Druck auf den Kolben ausübt. Schreibt das Ergebnis als Verhältnis (n_x/n_y) in den Antwortbogen.

Berechnungen

Schreibt eure Berechnungen inklusive Nebenrechnungen in den Antwortbogen.

- **Berechnung der Masse der leeren Spritze:**

Benutzt den Wert der Masse m_1 und unten stehende Tabelle, um die Masse der leeren Spritze m_A zu berechnen.

Temperatur (°C)	Dichte von Luft (kg · m ⁻³)
30	1,1644
25	1,1839
20	1,2041
15	1,2250
5	1,2690
0	1,2922
-5	1,3163

Tab. 2.1 Tabelle der Dichte von Luft als Funktion der Temperatur (bei $p = 1 \text{ atm}$)

- **Berechnung der Masse von 50 mL Biogasmischung:**

Benutzt den Wert der Masse m_2 , um die Masse von 50 mL Biogasmischung m_B zu berechnen.

- **Berechnung der molaren Massen der beiden Gase:**

2.7.1. Benutzt den Wert der Masse m_3 um die Masse m_x von 50 mL des Gases X zu berechnen.

2.7.2 Berechnet die molare Masse des Gases X (M_x), mit Hilfe des idealen Gasgesetzes und der Stoffmenge n .



JOKER: Wenn ihr das ideale Gasgesetz nicht wisst, könnt ihr es gegen einen Abzug von 3 Punkten beim Assistenten erfragen.

2.7.3. Benutzt das ermittelte Verhältnis n_x/n_y , zur Berechnung der molaren Masse des Gases Y, (M_y).

Schlussfolgerungen

2.8 Gebt die chemischen Formeln für Gas X und Gas Y an. ☞ Antwortbogen

Zusätzliche Fragen (mehr al seine Antwort kann richtig sein)

2A Gebt an ob die folgenden Antworten wahr oder falsch sind ☞ Antwortbogen
Für das ideale Gasgesetz wird vorausgesetzt, dass...

- das Volumen der Moleküle vernachlässigbar ist
- das Gas selbst keinen Druck ausübt
- der Atomradius größer als 10 nm ist
- keine intermolekularen Wechselwirkungen vorliegen

- das Gas nicht in Wasser löslich ist

2B Gebt an, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind ↗ Antwortbogen
Methan...

- bewirkt einen stärkeren Treibhauseffekt, als Kohlenstoffdioxid.
- kann mit Wasser am Boden der Ozeane reagieren.
- ist sehr gut in Wasser löslich.
- bildet eine würfelförmige Molekülstruktur.
- hat den typischen Geruch eines brennbaren Gases.

Aufgabe 3: Beobachtung des Biogasproduktionsprozesses

Hr. Alfred Bioman misst regelmäßig mehrere Parameter, um den Produktionsprozess von Biogas zu kontrollieren. Jedoch fürchtet Hr. Bioman, dass sein Gärtank unter einem Vorgang leidet, der "Azidose" genannt wird. Azidose ist ein der häufigsten Störungen, die man in Biogasanlagen antrifft; sie werden durch falsche Reaktorbeschickung ausgelöst. Er nimmt an, dass der Abfall, den er gestern in seinen Reaktor brachte, sehr fermentierbare Verbindungen enthielt, die eine große Menge an organischen Säuren produzieren und so den pH-Wert der Biogasanlage unter 6.5 fallen könnte. In diesem Fall, so weiß er, werden methanogene Mikroben stark inhibiert und somit auch die Biogasproduktion reduziert. Dieses Substrat kommt aus einer Marmeladenfabrik und beinhaltet natürlich eine große Menge an löslichen Zuckern. Um einen Abfall des pH-Wertes zu vermeiden, wird empfohlen, die **Pufferkapazität des Gärslammes zu messen**. Die Pufferkapazität wird über die Anwesenheit von gelöstem CO_2 erhalten, das zur Bildung von Hydrogencarbonat (HCO_3^-) und Carbonat (CO_3^{2-}) im Gärslamm führt. Eine adäquate Pufferkapazität wird erreicht, wenn **zumindest ein bis drei Volumina CO_2** in einem Volumen Gärslamm gelöst ist.

Mr. Bioman schlägt in der folgenden Aufgabe vor, dass ihr zwei wichtige Parameter (Pufferkapazität und pH-Wert) misst, um die Qualität des Gärslammes zu bestimmen, die wiederum Auskunft über den Funktionsstatus des biologischen Prozesses in der Biogasanlage gibt. Den ersten Parameter (Pufferkapazität) kann man messen, indem man das Gas, das vom Gärslamm entweicht, einem spezifischen Reagenz aussetzt und es untersucht. Der pH-Wert kann gemessen werden, indem man handelsübliche Farbstreifen einsetzt.

In Aufgabe 3.1 wird das Volumen des produzierten Gases mit einem einfachen Apparat namens „Eudiometer“ gemessen, der für dieses Experiment etwas modifiziert wurde. Ein Eudiometer ist ein Laborgerät, das eine Volumensveränderung eines Gasgemisches unter Einfluss physikalischer, chemischer oder biochemischer Veränderungen misst. Die einfachste Form eines Eudiometers ist in Abbildung 3.1 gezeigt, der Aufbau, den ihr für euer Experiment verwendet, ist in Abbildung 3.2 gezeigt.

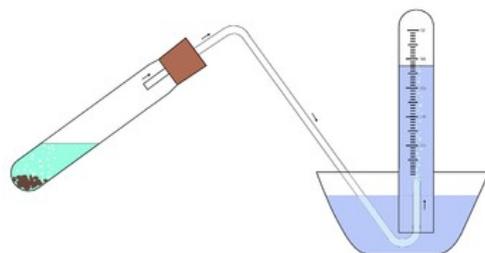


Abbildung 3.1 Die einfachste Form eines Eudiometers. Das durch die Reaktion produzierte Gas fließt in Richtung Wassersäule. Das Wasser wird verdrängt und das Gasvolumen kann exakt bestimmt werden.

Hr. Alfred Bioman möchte natürlich nicht seine große Einnahmequelle der Biogas- und Elektrizitätsanlage verlieren; deshalb möchte er den Status seines Gärtanks genau wissen bittet euch um folgendes:

Aufgabe 3.1: Pufferkapazität des Gärschlammes

Achtung

- Arbeitet immer mit Handschuhen und Laborbrillen!
- Entsorgt die Reste in den Abfallcontainer (WASTE CONTAINER), nur dann können die Glasgeräte mit Wasser im Waschbecken ausgewaschen werden.
- Das Reagenz ist eine 5% Salzsäurelösung; vermeidet jeglichen Kontakt mit Haut, Augen und Mund.
- Der Gärschlamm enthält tierische Sekrete; vermeidet jeglichen Kontakt mit Haut, Augen und Mund.

Material und Methoden

Um Aufgabe 3.1 zu bearbeiten, braucht ihr folgendes:

- Ein modifizierter Eudiometer, bestehend aus einem 500ml Gefäß ausgestattet mit 2 Zugängen und einem Glashals am Boden, eine Glassäule mit Wasser und ein Gefäß, das als Wasserreservoir dient, das für das Einstellen des Wasserspiegels in der Messsäule benötigt wird. Die Reaktionsflasche besteht aus strapazierfähigem Polycarbonat und ist mit Schlauchanschlüssen ausgestattet. Das Gefäß mit dem Reagenz ist mit dem Reaktionsgefäß über zwei Schlauchsysteme verbunden. Über den einen Schlauch wird das flüssige Reagenz in das Reaktionsgefäß eingebracht, der zweite Schlauch ermöglicht den Flüssigkeitsaustausch durch die Luftverdrängung; so bleibt das gesamte System gasdicht.
- Zwei 250 mL Messbecher
- Salzsäure (HCl, 5%) rot eingefärbt
- Eine Probe Biogas-Gärschlamm (wird am Haupttisch vom Reservoir entnommen)

Baut das System mit den Schläuchen wie in Abbildung 3.2 zusammen.

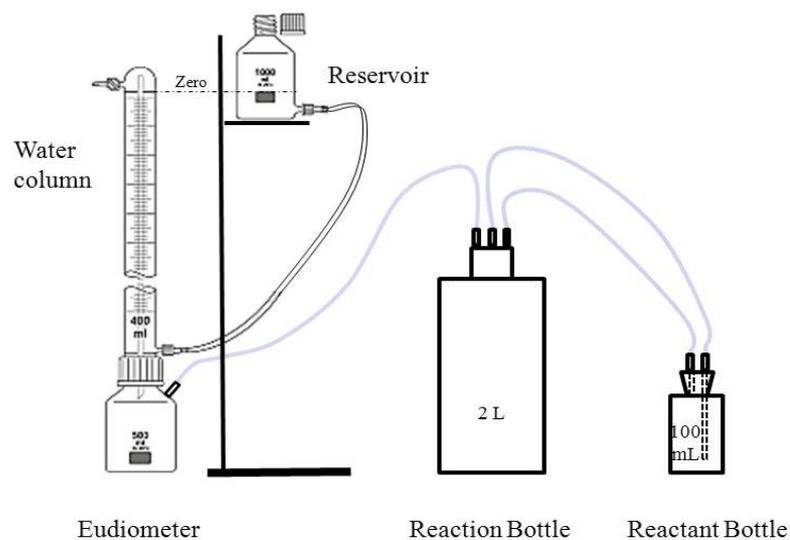


Abbildung 3.2: Eudiometer, wie es für das EUSO Experiment verwendet wird.

- Wassermenge im Eudiometer einstellen: Die Wassersäule und die Höhe des Reservoirs müssen so angepasst werden, dass der Meniskus des Wassers mit der Nullmarkierung übereinstimmt. Während dieser Einstellung muss der Hahn oben an der Wassersäule offen sein! **Vergesst nicht, diesen Hahn zu schließen** nachdem diese Einstellung erfolgt ist und bevor Ihr das Reagenz in das Reaktionsgefäß gebt. Passt auch auf, dass Ihr nicht den Plastikverschluss in das Reaktionsgefäß drückt, da dies natürlich das korrekte Ablesen beeinträchtigen würde!
- Handschuhe und Sicherheitsbrille anziehen. 100 mL Gärslamm werden in einem 250 mL Becherglas abgemessen. Gebt diese 100 mL Gärslamm in das Reaktionsgefäß, spült das Becherglas zweimal mit einer kleinen Menge Leitungswasser, das Ihr ebenfalls in das Reaktionsgefäß gebt. Schließt vorsichtig das Reaktionsgefäß.
- Dann könnt Ihr mithilfe des zweiten 250 mL Becherglases 75 mL des Säurereagenz in das Reagenzgefäß geben und dieses vorsichtig schließen. Überprüft noch einmal, dass (1) das Wasserniveau der Säule auf null steht, und (2) der Hahn und alle Öffnungen geschlossen sind und das **gesamte System absolut gasdicht** ist. Dann müsst Ihr das Reagenzgefäß ein gutes Stück über das Reaktionsgefäß anheben; Kippt das Reagenzgefäß so, dass das Reagenz in das Reaktionsgefäß abfließen kann. Ihr werdet sofort oberhalb des Gärslammes eine schnelle Schaumbildung feststellen, sowie eine Verschiebung der Wassersäule. Schüttelt vorsichtig das Reaktionsgefäß zur besseren Vermischung von Gärslamm und Säure, so lange bis die Wassersäule sich stabilisiert hat.
- **Nehmt das Volumen des verdrängten Wassers auf** (siehe Antwortbogen 3.1.1). Zur Steigerung der Genauigkeit, bittet Herr Bioman Euch, das Experiment dreimal durchzuführen und die **durchschnittlich produzierte Gasmenge zu berechnen** (siehe Antwortbogen). Welches Gas entsteht bei diesem Experiment? (siehe Antwortbogen 3.1.2)
 ⇒ Frage 3.1.3 – 3.1.8: siehe Antwortbogen

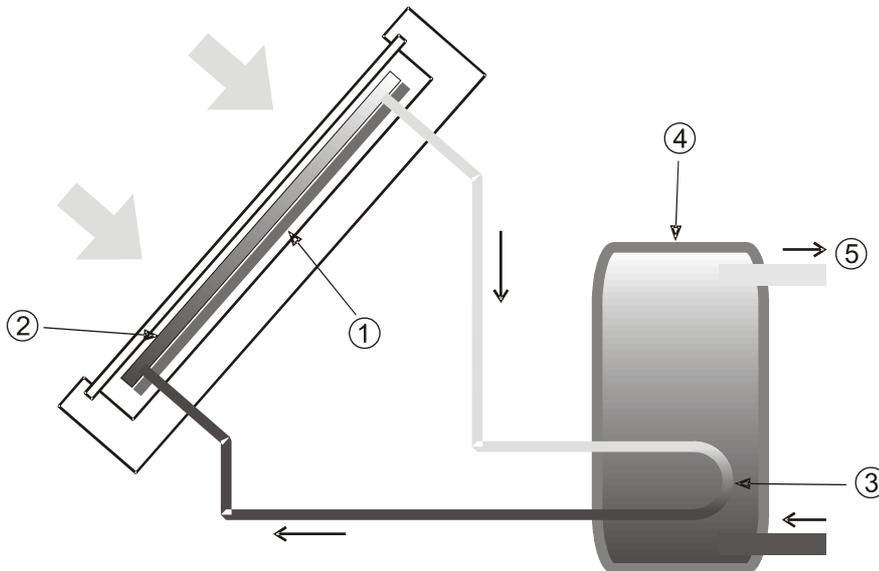
Aufgabe 3.2: pH-Wert des Gärslammes

Um die Reaktion, die bei der Bestimmung der Pufferkapazität im Eudiometer abgelaufen ist, besser verstehen zu können, bittet Herr Alfred Bioman Euch den **pH-Wert** des Originalgärslammes sowie des abreagierten Gärslammes aus dem Eudiometer zu **messen**. Herr Bioman ist weder Chemiker noch Laborant, aber ein Freund hat ihm pH-Messstreifen besorgt. Anhand einer Farbskala kann hiermit der pH-Wert einer Lösung recht genau bestimmt werden.

- Bei dieser Aufgabe sind Handschuhe und Sicherheitsbrille zu tragen.
- In getrennten Bechergläsern werden (1) ungefähr 50 mL des Originalgärslammes mit der gleichen Menge an Leitungswasser verdünnt; und (2) 50 mL des Gärslammes aus der Reaktion im Eudiometer gegeben. (die vorher benutzten Bechergläser müssen gründlich mit Leitungswasser gespült werden).
- Die pH-Messstreifen werden in die beiden Gärslämme getaucht (Original bzw. nach erfolgter Reaktion) und eventuelle Schlammrückstände durch Schütteln entfernt. Die pH-Werte werden mittels mitgelieferter Farbtabelle bestimmt und notiert. (siehe Antwortbogen 3.2.1).

⇒ Frage 3.2.2: siehe Antwortbogen

Aufgabe 4: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität der in einem Solarkollektor als Wärmeträgermedium verwendeten Flüssigkeit



Wenn ein wassergefüllter Schlauch der Sonnenstrahlung ausgesetzt wird, so steigt die Temperatur des Wassers innerhalb kurzer Zeit an. Nach diesem Prinzip arbeitet ein (thermischer) Solarkollektor. Wenn Sonnenlicht (gestreut oder direkt) auf einen flachen Solarkollektor fällt, wird ein Teil der Lichtenergie in einem Absorber in thermische Energie umgewandelt und an ein durch Schläuche in dem Absorber fließendes **Wärmeträgermedium** übertragen. Die Wärmeträgerflüssigkeit gibt die thermische Energie dann in einem Kessel an Verbrauchswasser ab (vgl. Abb. 4.1). **In dieser Aufgabe sollt ihr die spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgermediums bestimmen.**

Definitionen und Theorie

Materialien sind in der Lage, thermische Energie zu speichern. Mit Q wird üblicherweise die zwischen einer Wärmequelle und einer Probe der Masse m ausgetauschte Wärme bezeichnet. Wenn die daraus resultierende Änderung der Temperatur (in $^{\circ}\text{C}$) der Probe angibt, ist deren spezifische Wärmekapazität c definiert als

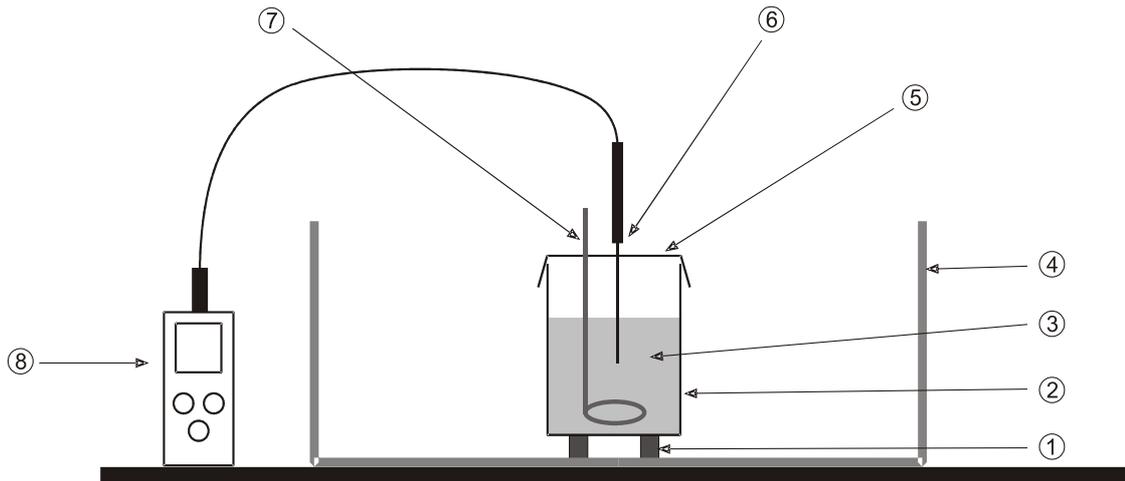
$$(1)$$

c ist eine charakteristische Eigenschaft des Probenmaterials. Die SI-Einheit der spezifischen Wärmekapazität ist $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Da eine Temperaturänderung um genau einer Temperaturdifferenz von 1°C entspricht, kann man auch $\text{J} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ als Einheit für die spezifische Wärmekapazität verwenden. Wasser hat bei 20°C zum Beispiel eine spezifische Wärmekapazität von $4183 \text{ J} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Um 1 kg Wasser um 1°C zu erwärmen, werden also 4183 J Energie benötigt.

Verglichen mit anderen Flüssigkeiten hat Wasser eine sehr hohe spezifische Wärmekapazität und ist daher als Wärmeträgermedium sehr gut geeignet. Zum Schutz vor Korrosion und Frost wird dem Wärmeträgermedium meist kommerziell verfügbarer Frostschutz (in der Regel auf der Basis von Propylenglycol) zugefügt. Dadurch wird der

Gefrierpunkt der Flüssigkeit verringert. Allerdings steigt durch den Zusatz auch die Viskosität, also der Strömungswiderstand, des Mediums – ein großer Nachteil. Um nun eine Aussage über die spezifische Wärmekapazität eines solchen zusammengesetzten Wärmeträgermediums zu bestimmen, sollte zunächst die spezifische Wärmekapazität des Frostschutzes bestimmt werden. Aus der Kenntnis der Zusammensetzung des Mediums kann dann die spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgermediums berechnet werden.

Diese Bestimmung sollt ihr an dem Frostschutz Tyfocor®L oder kurz Tyfo durchführen. Dazu nehmt ihr Abkühlungskurven von Tyfo sowie Wasser (als Referenz) auf und untersucht das Abkühlungsverhalten.



Das Experiment wird mit einem Aufbau wie in Abb. 4.2 dargestellt durchgeführt. Das Kalorimeter besteht aus einem Kupferzylinder, der am unteren Ende verschlossen ist und mit einem Kupferdeckel zugedeckt werden kann. Der Rührstab besteht ebenfalls aus Kupfer. Bezeichne mit m_{cal} die Gesamtmasse des Aufbaus und mit θ_{amb} dessen anfängliche Temperatur (die der Raumtemperatur entspricht). Wie in der Abb. 4.2 gezeigt, steht das Kalorimeter auf Korkstützen innerhalb eines größeren Plastikbehälters. Dadurch werden die Umgebungsbedingungen für das Kalorimeter, zum Beispiel durch das Verhindern von freier Luftströmung, konstant gehalten. Wenn ihr das Kalorimeter mit einer Masse m_{liq} heißer Flüssigkeit füllt, heizt sich das Kalorimeter innerhalb kürzester Zeit auf und die Flüssigkeit ab, da sich eine Gleichgewichtstemperatur zwischen Gefäß und Flüssigkeit einstellt. Diese Gleichgewichtstemperatur sinkt im Verlauf des Experimentes ab.

Für das Abkühlen des Kalorimeters und seines Inhaltes sind verschiedene Wärmetransportmechanismen verantwortlich: (i) Wärmeleitung zwischen dem Kalorimeter und der Luft (ii) Konvektion aufgrund der Dichteunterschiede zwischen heißer und kalter Luft und schließlich (iii) Wärmeabstrahlung (diese kann in diesem Versuch vernachlässigt werden, da die maximalen Temperaturen vergleichsweise klein sind).

Unabhängig davon, wie stark die unterschiedlichen Mechanismen (i), (ii) und (iii) zu dem Wärmetransport beitragen, lässt sich durch die Analyse der Abkühlungskurven ein verlässlicher Wert für die spezifische Wärmekapazität des Frostschutzmittels ermitteln, **wenn die Wasser- und die Frostschutzprobe unter den exakt gleichen Bedingungen abkühlen.**

Wenn Q die insgesamt bei einer Temperaturänderung von dem Kalorimeter und seinem Inhalt abgegebene Wärmemenge bezeichnet, gilt mit Gleichung (1)

$$(2)$$

: Spezifische Wärmekapazität der Flüssigkeit (Wasser oder Tyfo)

: Spezifische Wärmekapazität des Kalorimetermaterials.

Wenn der Wärmeaustausch in einem Zeitraum geschieht, gilt mit Gleichung (2) für die pro Zeit abgegebene Wärmemenge

(3)

Wenn beide Flüssigkeiten unter den exakt gleichen Bedingungen abkühlen, hängt nur von der Temperaturdifferenz zwischen Kalorimeter (sowie seinem Inhalt) und Umgebung (Luft, Plastikbox) ab. Damit ist die Wärmeabgabe pro Zeit bei **einer gegebenen Kalorimetertemperatur** unabhängig von der Art der in dem Kalorimeter enthaltenen Flüssigkeit. Daher lässt sich die unbekannte spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit (Tyfo) bestimmen, wenn eine Flüssigkeit bekannter spezifischer Wärmekapazität (Wasser) als Referenz verwendet wird. Die Abkühlungskurven müssen dabei unter den gleichen Bedingungen aufgenommen werden. Bei einer gegebenen Temperatur θ_{slope} gilt dann:

(4)

bezeichnen die Massen des gleichen Volumens V an Frostschutz bzw. Wasser; geben die spezifischen Wärmekapazitäten der beiden Flüssigkeiten (Tyfo und Wasser) an;

entsprechen den Steigungen der Tangenten der Abkühlungskurven und bei der gleichen Temperatur.

Wie bereits erwähnt, besteht das Wärmetransportmedium in Solarkollektoren in der Regel aus einer Mischung von Wasser mit Tyfo.

Geräte und Material

- 1 Kupferkalorimeter mit Kupferdeckel und -rührstab
- 1 Digitalthermometer
- 1 große Plastikbox
- 3 Korkstützen
- 1 Stoppuhr
- 1 Digitalwaage
- 1 Heizplatte
- 1 Messzylinder befüllt mit 0,5 L Frostschutzmittel (Tyfocor®L)
- 1 leerer Messzylinder zum Befüllen mit Wasser
- 1 Paar Schutzhandschuhe
- 1 Löffel
- 1 Reinigungstuch
- 2 Blatt Millimeterpapier
- Lineal

Beschreibung der Aufgaben

Aufgabe 4.1: Masse des Kalorimeters

Misst die Masse des leeren Kalorimeters zusammen mit dem Deckel und dem Rührstab. Gebt das Ergebnis zusammen mit der Nummer des Kalorimeters (auf der Unterseite des Deckels zu finden) in dem Antwortbogen an.

Aufgabe 4.2: Datentabelle

- Belast das Kalorimeter ohne Deckel auf der Waage und füllt es mit 300 g Wasser (Referenzflüssigkeit). Stellt dann das Kalorimeter (ohne Deckel und Rührstab) auf die Heizplatte. Heitzt das Wasser auf 80 °C auf. **Verwendet dazu die maximale Heizleistung und lasst den Magnetrührer aus.**

Achtung! Das Kalorimeter und sein Inhalt werden sehr heiß! Tragt Schutzhandschuhe

Ihr könnt die Temperatur der Flüssigkeit in dem Kalorimeter mit dem Digitalthermometer überprüfen. Um eine gleichmäßige Temperaturverteilung sicherzustellen, rührt die Flüssigkeit mit dem Thermometer dauernd um.

Achtung! Passt auf, dass das Kabel des Temperaturfühlers nicht an die Heizplatte kommt!

- Wenn die Temperatur der Flüssigkeit etwa 80 °C erreicht hat, schaltet die Heizplatte aus und stellt das Kalorimeter vorsichtig auf die Korkstützen in der Plastikbox. Denkt dabei an die Handschuhe! Steckt den Temperaturfühler in die kleine Öffnung in der Mitte des Deckels und fixiert ihn mit der Mutter. Stellt den Rührstab in die Flüssigkeit und verschließt das Kalorimeter mit dem Deckel
- Messt die Temperatur θ der Flüssigkeit alle 30 Sekunden während des Abkühlens. Rührt dabei ständig vorsichtig um. Beginnt eure Messung bei etwa $\theta = 75$ °C. Tragt eure Messwerte in die Tabelle zu Aufgabe 4.2 auf dem Antwortbogen ein.

t (min)	(°C) Referenzflüssigkeit	(°C) Frostschutzmittel
0		
0.5		
1.0		
1.5		
....		
10.0		

Beendet eure Messungen nach 10 Minuten

- Gießt das Wasser in den Behälter zurück und säubert das Kalorimeter mit dem Tuch.
- Wiederholt das Experiment mit 300 g Frostschutzflüssigkeit (Tyfo) in dem Kalorimeter. Da die Dichte von Wasser **in dem vermessenen Temperaturbereich** in guter Näherung gleich der Dichte der Frostschutzflüssigkeit (Tyfo) ist, nehmen beide Proben etwa das gleiche Volumen im Kalorimeter ein. Dies ist wichtig, da nur so die Versuchsbedingungen gleich sind.

Aufgabe 4.3: Abkühlungskurven

Verwendet die aufgenommenen Daten, um **auf einem Blatt** Millimeterpapier die Abkühlungskurven und zu zeichnen.

Aufgabe 4.4: Steigungen der Abkühlungskurven bei 70 °C

- Bestimmt die Steigungen der Abkühlungskurven bei 70 °C und gebt eure Ergebnisse auf dem Antwortbogen an.

Aufgabe 4.5: Spezifische Wärmekapazität von Tyfo

- Verwendet Gleichung (4), um eine Formel für die spezifische Wärmekapazität von Tyfo aufzustellen. Gebt euer Ergebnis im Antwortbogen an.
- Bestimmt die spezifische Wärmekapazität des Frostschutzmittels. Verwendet dabei die Werte und bei der Temperatur 70 °C. Gebt euer Ergebnis auf dem Antwortbogen an.
- Die spezifische Wärmekapazität von Tyfo nimmt linear mit $5,75 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ pro Temperaturanstieg um 1 °C zu. Bestimmt mit dieser Information die spezifische

Wärmekapazität der Frostschutzflüssigkeit bei +30 °C und bei –20 °C. Gebt eure Ergebnisse auf dem Antwortbogen an.

Aufgabe 4.6: Konzentration des Wärmeträgermediums

Wie bereits erwähnt, besteht das Wärmeträgermedium aus einer Mischung von Wasser und einer Frostschutzflüssigkeit (in diesem Fall Tyfocor®L). Betrachtet einen Sonnenkollektor, der bis zu einer Temperatur von -20 °C arbeiten soll. Um Energie zu sparen, sollte das Wärmeträgermedium eine möglichst geringe Viskosität (und damit einen niedrigen Strömungswiderstand) besitzen. Verwendet den Anhang, um die passende Tyfo-Konzentration für diesen Fall zu ermitteln. Tragt euer Ergebnis in den Antwortbogen ein.

Frage 4A: Spezifische Wärmekapazität einer Mischung

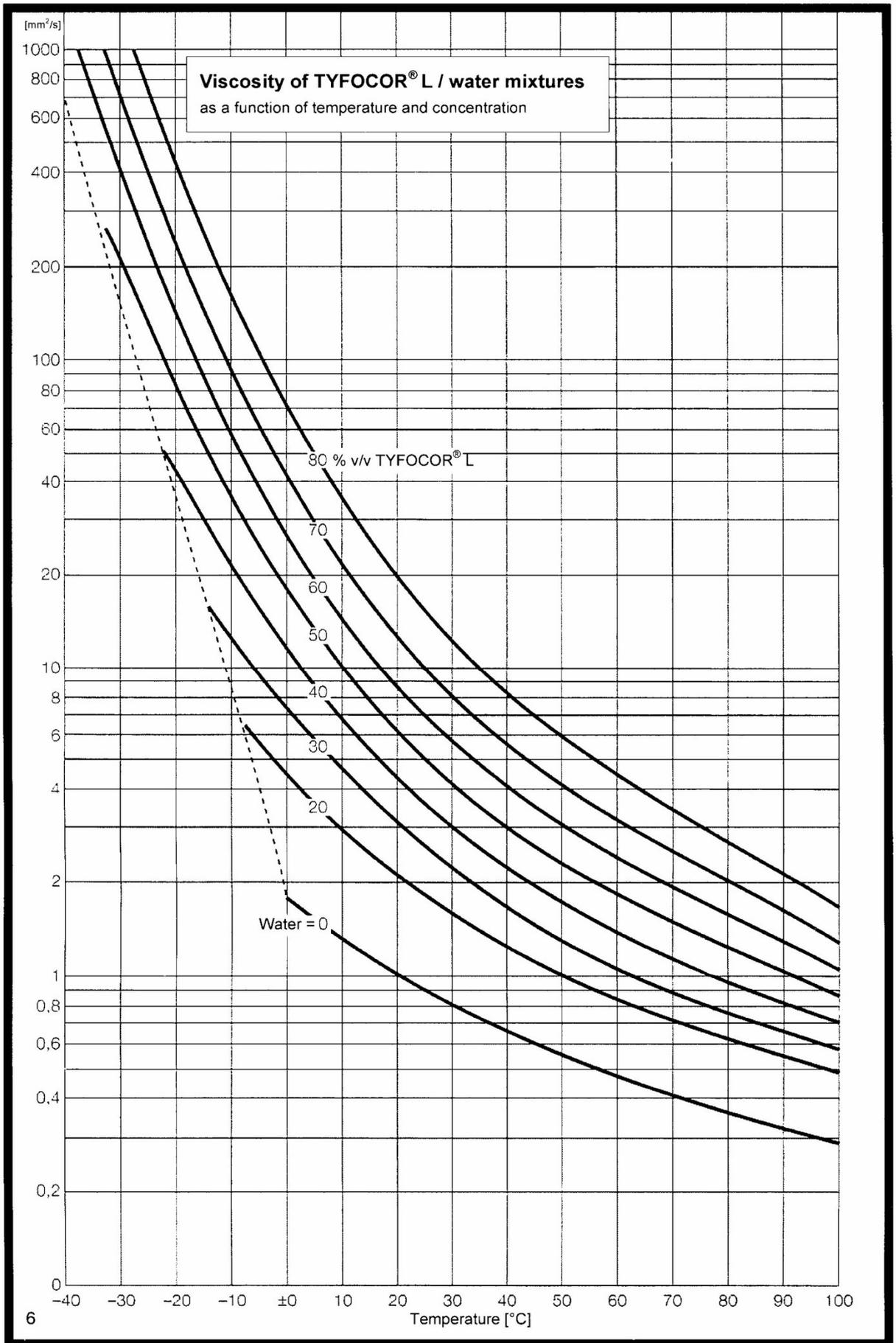
Ein bestimmter Sonnenkollektor arbeitet bei einer Temperatur von 30 °C. Das Wärmeträgermedium besteht zu 40% aus Tyfocor®L. Verwendet den Wert von bei 30 °C und bestimmt die spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgermediums bei dieser Temperatur. Tragt euer Ergebnis in den Antwortbogen ein.

Frage 4B: Thermisches Gleichgewicht für das Kalorimeter

Wenn eine aufgeheizte Flüssigkeit (in diesem Fall Wasser oder Tyfo bei 80 °C) in das ursprünglich auf Raumtemperatur temperierte Kalorimeter gegossen wird.

XYZ

Anhang (Viskosität von Tyfocor®L/Wasser Mischungen über der Temperatur):



Aufgabe 5: Allgemeine Fragen über Biomethanogenese (7 Punkte)

5A Methansynthese

Schreibt die Gleichung für die Bildung von Methan unter Nutzung von Essigsäure (CH_3COOH) durch acetotrophe Methanbilder auf.

Schreibt die Gleichung für die Bildung von Methan unter Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid durch hydrogenotrophe Methanbilder auf.

5B

Berechnet die Gesamtmenge an Kraftstoff (L), der in Luxemburg jährlich durch die Verwendung der Biomethanogenese zur Energieproduktion ersetzt werden könnte.

5C

Die Regierung Luxemburgs könnte im Rahmen ihrer Bemühung zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen und zum Erreichen der Emissionsreduktionsziele des Kyoto Protokolls eine Abgabe von Viehzüchtern für Wiederkäuer erheben, eine sogenannte Flatulenz-Steuer von jährlich 0,01 €/L für CH_4 und 0,005 €/L für CO_2 , da ihr Viehbestand (insgesamt 196470 Kühe insgesamt) den größten Ausstoß an Methan liefert. Welche Summe könnte die Luxemburger Regierung pro Jahr (365 Tage) durch eine solche Steuer einnehmen?

5D

Seitdem Herr Alfred Bioman seine Farm in eine Biogasproduktionsanlage umgewandelt hat, nutzt er den Gärungsschlamm gewinnbringend als organischen Dünger. Er besitzt eine Anbaufläche von 100 ha und er verwendet jährlich ein Äquivalent von 170 kg Stickstoff/ha – der Gärungsschlamm seiner Farm enthält im Mittel 4 kg Stickstoff/ m^3 . Berechne die Menge an natürlichem Gas (in m^3), die durch Herrn Biomans Tätigkeit jährlich gespart wird.

Wettbewerbsergebnisse



Die Österreichischen Teams konnte sich wieder ausgezeichnet präsentieren; mehr noch, man konnte eine klare Weiterentwicklung Österreichs beobachten, denn das A-Team errang eine überragende Silbermedaille - nur 3 Plätze von der ersten Goldmedaille entfernt. Somit stand Team A auf Platz 8 von 44 im europäischen Raum. Das jüngere B-Team war ebenso sehr erfolgreich und erreichte eine Bronzemedaille mit hoher Punktezahl.



Team A



Team B

Medaillenspiegel **GOLD** – SILBER – BRONZE

Geordnet nach Punkten:

11	Germany	169,4	Gold Medal
2	Germany	169	Gold Medal
3	Romania	161,5	Gold Medal
4	Hungary	155	Gold Medal
5	Estonia	152	Gold Medal
6	Estonia	147,1	Silver Medal
7	Lithuania	146,9	Silver Medal
8	Austria	146,5	Silver Medal
9	Slovakia	144,9	Silver Medal
10	Luxembourg	141,9	Silver Medal
11	Netherlands	140,4	Silver Medal
12	Portugal	139,9	Silver Medal
13	Hungary	138,5	Silver Medal
14	Lithuania	137	Silver Medal
15	Ireland	134,4	Silver Medal
16	Czech Republic	133,6	Silver Medal
17	Romania	133,1	Silver Medal
18	Belgium	131,7	Silver Medal
19	Slovenia	129,5	Silver Medal
20	Netherlands	127,3	Silver Medal
21	Slovakia	122,5	Silver Medal
21	Slovenia	122,5	Silver Medal
	Austria		Bronze Medal
	Belgium		Bronze Medal
	Bulgaria		Bronze Medal
	Bulgaria		Bronze Medal
	Cyprus		Bronze Medal
	Cyprus		Bronze Medal
	Czech Republic		Bronze Medal
	Denmark		Bronze Medal
	Denmark		Bronze Medal
	France		Bronze Medal
	France		Bronze Medal
	Greece		Bronze Medal
	Greece		Bronze Medal
	Ireland		Bronze Medal
	Italy		Bronze Medal
	Italy		Bronze Medal
	Latvia		Bronze Medal
	Latvia		Bronze Medal
	Luxembourg		Bronze Medal
	Portugal		Bronze Medal
	Sweden		Bronze Medal
	Sweden		Bronze Medal



Resümee

Klagenfurt 2015

Das BMUKK hat die Zusage zur Durchführung der EUSO 2015 in Österreich ausgesprochen.

Nach der Integration des Vorhabens in den Ziel- und Leistungsplan der Pädagogischen Hochschule Kärnten Viktor Frankl Hochschule laufen die Vorbereitungsarbeiten für die Durchführung der EUSO 2015 in Klagenfurt – gemeinsam mit den Fachdidaktikzentren für Naturwissenschaften der Karl Franzens Universität Graz – auf Hochtouren, auch die Aufgabenstellungen sind bereits in universitärer Arbeit.

Die daran beteiligten MitarbeiterInnen freuen sich trotz des intensiven Arbeitsaufwands schon jetzt sehr auf das große Ereignis im Jahr 2015.

Sabine Seidl



EUSO Luxemburg 2013
Alle beteiligten Europäischen Delegationen

Sponsoren

Infineon



Never stop thinking

Regionales Netzwerk für Naturwissenschaften
und Mathematik Kärnten



Regionales Netzwerk für Naturwissenschaften
und Mathematik Steiermark



IMST- Innovationen machen Schulen Top

